

Федеральное агентство связи
*Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования*
*Сибирский государственный университет
телекоммуникаций и информатики*

**Л.В. Гребцова, И.Н. Запасный,
В.Б. Папэ, В.И. Сметанин**

Кафедра ПДСиМ

ПОВЕРКА АНАЛОГОВОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА

методические указания к лабораторной работе № 2.2

по курсам

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

**МЕТРОЛОГИЯ И ЭЛЕКТРОРАДИОИЗМЕРЕНИЯ В
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ**

МЕТРОЛОГИЯ И РАДИОИЗМЕРЕНИЯ

**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ
И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ**

Новосибирск
2009 г.

Гребцова Л.В., Запасный И.Н., Папэ В.Б., Сметанин В.И. Поверка аналогового измерительного прибора: Методические указания к лабораторной работе по курсам «Метрология, стандартизация и сертификация», «Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах», «Метрология и радиоизмерения», «Метрология, стандартизация и технические измерения»// СибГУТИ. – Новосибирск. 2009 г. – 20 с.

В методических указаниях приведены задания на выполнение лабораторной работы по разделам «Погрешности и математическая обработка результатов измерений», «Измерение параметров электрических сигналов» и «Поверка средств измерений» курсов «Метрология, стандартизация и сертификация», «Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах», «Метрология и радиоизмерения», «Метрология, стандартизация и технические измерения». Лабораторная работа поставлена с использованием компьютерных моделей лабораторного стенда и измерительных приборов, сформированных в среде LabVIEW. Это позволяет обучающимся выполнять лабораторные работы везде, где есть персональный компьютер, в том числе и дома, следовательно, лабораторная работа может быть применена при дистанционном обучении. Предложены экспериментальные задачи для решения в лаборатории и индивидуальные тестовые домашние задания для контроля теоретической подготовки студента к выполнению лабораторной работы. Приведены подробные методические рекомендации по проведению экспериментов и обработке их результатов. Предложены вопросы для самоконтроля самостоятельной работы и рекомендации по оформлению отчета. Выполнение работы способствует закреплению теоретических знаний, развитию навыков работы со средствами измерений, приобретению умений по обработке и оформлению результатов экспериментальных исследований.

Каф. ПДС и М

Ил.5, табл.11

Рецензент: Н.И. Горлов

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Цель работы	4
2. Программа лабораторной работы	4
3. Состав лабораторной установки	4
4. Подготовка к выполнению лабораторной работы	4
4.1. <i>Изучение теории</i>	4
4.2. <i>Требования к заготовке отчета</i>	5
4.3. <i>Контрольные вопросы</i>	6
4.4. <i>Задачи для контроля самостоятельной работы</i>	6
5. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы	8
5.1. <i>Описание лабораторного стенда</i>	8
5.2. <i>Подготовка стенда к работе</i>	9
5.3. <i>Проведение многократных наблюдений аналоговым вольт-</i> <i>метром для определения зависимости погрешности (неопределенно-</i> <i>сти) вольтметра от его показаний</i>	10
5.4. <i>Оценка случайной и систематической составляющих погреш-</i> <i>ности единичных измерений (результатов наблюдений) аналоговым</i> <i>вольтметром</i>	11
5.5. <i>Определение границ суммарной погрешности единичных изме-</i> <i>рений аналоговым вольтметром</i>	13
5.6. <i>Определение пределов допускаемых погрешностей аналогового</i> <i>вольтметра</i>	14
5.7. <i>Сравнение результатов экспериментальных исследований по-</i> <i>грешности аналогового вольтметра с метрологическими характери-</i> <i>стиками прибора</i>	14
6. Требования к отчету	14
7. Приложения	15
7.1. <i>Условные обозначения</i>	15
7.2. <i>Оформление результатов измерения</i>	16
7.3. <i>Правила выполнения лабораторной работы</i>	17
7.4. <i>Описание измерительных приборов</i>	18
8. Литература	20

1. Цель работы.

- 1.1. Изучить методы поддержания единства измерений.
- 1.2. Изучить способы нормирования погрешностей средств измерений.
- 1.3. Изучить методику обработки результатов измерений с многократными наблюдениями.
- 1.4. Приобрести практические навыки измерения напряжения аналоговыми вольтметрами.
- 1.5. Освоить методику оценки случайной составляющей погрешности (неопределенности) средств измерений.
- 1.6. Приобрести навыки оценки погрешности средств измерений по метрологическим характеристикам.

2. Программа лабораторной работы

- 2.1. Провести многократные наблюдения напряжения аналоговыми вольтметрами для определения зависимости погрешности (неопределенности) вольтметра от его показаний.
- 2.2. Оценить случайную и систематическую составляющие погрешности единичных измерений аналоговым вольтметром путем обработки полученных результатов наблюдений.
- 2.3. Найти границы суммарной погрешности единичных измерений аналоговым вольтметром и отобразить их графически в зависимости от показания вольтметра.
- 2.4. Вычислить пределы основных допускаемых абсолютных погрешностей вольтметра, отобразить их на графике фактических границ суммарной погрешности аналогового вольтметра.
- 2.5. Произвести сравнение результатов экспериментальных исследований погрешности аналогового вольтметра с метрологическими характеристиками прибора. Сделать вывод о пригодности вольтметра к применению.

3. Состав лабораторной установки

При выполнении лабораторной работы используется компьютерная модель лабораторного стенда, которая включает в себя:

- 3.1. Аналоговый вольтметр.
- 3.2. Образцовый вольтметр.
- 3.3. Регулируемый источник напряжения.

4. Подготовка к выполнению лабораторной работы

4.1. *Изучение теории* .

4.1.1. Ознакомиться с теоретическим материалом, относящимся к данной работе, по литературе [1] (стр. 27 – 43, 60 – 80, 82 – 84), [2] (стр.35 – 53, 62 – 66, 112) [5] (стр. 74 – 79, 84 – 88) и конспекту лекций.

4.1.2. Изучить описание данной работы и заготовить в бланке отчета таблицы, оформленные в соответствии с указаниями к содержанию отчета.

4.2. *Требования к заготовке отчета.*

Перед выполнением работы рекомендуем оформить заготовку отчета, которая должна содержать:

- титульный лист;
- номер и наименование лабораторной работы;
- формулировку цели работы;
- программу работы;
- решение задач (п.4.4);
- перечень применяемых приборов по форме табл. 4.1, 4.2;
- схему измерений, выполненную в соответствии с требованиями стандартов;
- таблицы для записи результатов наблюдений и измерений;
- расчетные формулы и формулы для оценки погрешностей.

Таблица 4.1

Основные метрологические характеристики аналогового вольтметра.

Тип вольтметра	
Тип преобразователя	
Вид градуировки	
Нормальные условия эксплуатации	
Диапазон частот	
Пределы измерения напряжения, В	
Входное сопротивление, Ом	
Входная емкость, пФ	
Пределы допускаемой основной погрешности измерения либо класс точности	
Пределы допускаемых дополнительных погрешностей	

Таблица 4.2

Основные метрологические характеристики образцового вольтметра.

Тип вольтметра	
Тип преобразователя	
Вид градуировки	
Нормальные условия эксплуатации	
Диапазон частот	
Пределы измерения напряжения, В	
Входное сопротивление, Ом	
Входная емкость, пФ	
Пределы допускаемой основной погрешности измерения либо класс точности	
Пределы допускаемых дополнительных погрешностей	

4.3. Контрольные вопросы.

4.3.1. Основные метрологические характеристики вольтметров переменного тока.

4.3.2. Основная и дополнительная погрешности средств измерений.

4.3.3. Абсолютная, относительная и приведенная погрешности.

4.3.4. Систематическая и случайная составляющие погрешности измерения: причины возникновения, формы проявления, законы распределения случайных погрешностей.

4.3.5. Методики оценки систематической составляющей погрешности прибора.

4.3.6. Определение доверительного интервала случайной составляющей погрешности при заданной доверительной вероятности для результата наблюдения и результата измерения.

4.3.7. Вариация показаний прибора.

4.3.8. Способы нормирования погрешностей измерительных приборов: классы точности приборов, использующих для отображения измерительной информации шкальные измерительные механизмы.

4.3.9. Определение пределов допускаемых основных абсолютной и относительной погрешностей прибора по его классу точности.

4.3.10. Правила суммирования погрешностей.

4.3.11. Формы представления результата измерения.

4.4. Задачи для контроля самостоятельной работы.

Задача № 1. Определить пределы допускаемых абсолютной и относительной погрешностей прибора класса точности γ , если показание прибора U_n , конечное значение шкалы U_k , а измерения выполнены в нормальных условиях. Запишите результат измерения в соответствии с нормативными документами в двух формах: с указанием абсолютной и относительной погрешностей. Значения γ , U_n , U_k приведены в таблицах 4.3 и 4.4.

Таблица 4.3.

Исходные данные к задаче 1.

Класс точности	последняя цифра номера зачетной книжки (пароля)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Условное обозначение класса точности γ (%)	0.4	2.5	1.5	1.0	0.5	0.15	2	1.0	0.5	1.5

Таблица 4.4.

Исходные данные к задаче 1.

параметр	<i>предпоследняя цифра номера зачетной книжки (пароля)</i>									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U_n, В$	0.25	0.4	0.16	21	5.2	95	170	1.6	1.8	4.6
$U_k, В$	0.3	1	3	30	10	100	300	2	3	10

Задача № 2. Определить пределы допускаемых абсолютной и относительной погрешностей прибора, обозначение класса точности которого приведено в таблице 4.5, а показание прибора R_n и конечное значение его диапазона измерений R_k приведены в таблице 4.6. Запишите результат измерения сопротивления в двух формах: с указанием абсолютной и относительной погрешностей.

Таблица 4.5.

Исходные данные к задаче 2.

параметр	<i>последняя цифра номера зачетной книжки (пароля)</i>				
	0	1	2	3	4
<i>условное обозначение класса точности (%)</i>	1.0/0.5	0.2	2.0/1.0	0.4	1.5/0.2
параметр	<i>последняя цифра номера зачетной книжки (пароля)</i>				
	5	6	7	8	9
<i>условное обозначение класса точности (%)</i>	0.5	0.2/0.05	2.5	0.1/0.04	1.5

Таблица 4.6

Исходные данные к задаче 2.

параметр	<i>предпоследняя цифра номера зачетной книжки (пароля)</i>									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$R_n, кОм$	0,4358	3,1275	47,625	24,724	36,148	12,131	22,224	6,2443	4,7862	6,8583
$R_k, кОм$	5	9,9999	200	100	49,999	50	99,999	10	40	19,999

Задача № 3. Определить оценки среднего квадратического отклонения результата измерения и результата наблюдения, если результат измерения представлен выражением:

$$U = 42.86 \text{ В} \pm \delta, \% ; P; N; \text{ при нормальных условиях измерения,}$$

Где N – число наблюдений, P – доверительная вероятность, δ – доверительные границы относительной погрешности.

Значения N , δ , P приведены в таблицах 4.7, 4.8.

Таблица 4.7.

Исходные данные к задаче 3.

параметр	последняя цифра номера зачетной книжки (пароля)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\delta, \%$	0.64	0.56	0.37	1.8	0.52	2.1	1.6	0.48	1.2	0.73

Таблица 4.8.

Исходные данные к задаче 3.

параметр	предпоследняя цифра номера зачетной книжки (пароля)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P	0.9	0.99	0.95	0.98	0.999	0.98	0.9	0.98	0.99	0.95
N	12	17	22	24	28	10	28	7	14	12

5. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы.

5.1. Описание лабораторного стенда



Рис. 5.1. Вид модели лабораторного стенда

1 - электромагнитный вольтметр, 2 - электронный аналоговый вольтметр, 3 - генератор сигналов, 4 - ползунковый переключатель

Лабораторный стенд представляет собой LabVIEW компьютерную модель, располагающуюся на экране персонального компьютера. На стенде находятся модели: электромагнитного вольтметра; электронного аналогового вольтметра; генератора сигналов (рис.5.1).

При выполнении лабораторной работы модели средств измерений и вспомогательных устройств выполняют описанные ниже функции.

Модель электромагнитного вольтметра используется при моделировании процесса прямых измерений среднеквадратического значения напряжения сигнала синусоидальной формы методом непосредственной оценки. При выполнении работы модель электромагнитного вольтметра служит *образцовым* средством измерений, с помощью которого методом сличения определяют (контролируют) погрешность рабочего средства измерений.

Модель электронного аналогового вольтметра используется при моделировании процесса прямых измерений среднеквадратического значения напряжения сигнала синусоидальной формы. При выполнении работы модель выполняет функцию *рабочего (поверяемого)* средства измерений, погрешность которого подлежит определению.

Модель генератора сигналов используется в качестве источника электрического сигнала синусоидальной формы с плавной регулировкой амплитуды и частоты генерируемого сигнала.

Схема соединения приборов при выполнении работы соответствует рисунку 5.2.

5.2. Подготовка стенда к работе.

Установите на компьютере программу *LVRunTimeEng*, при необходимости разархивируйте файл *LR_2_2* и запустите программу стенда лабораторной работы № 2.2 *LR2_2.exe*. На появившемся экране нажмите кнопку «**Выполнить**». На экране компьютера появятся изображение лабораторного стенда с моделями средств измерений и вспомогательных устройств (рис. 5.1)

Ознакомьтесь с расположением моделей отдельных средств измерений на лабораторном стенде.

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

Подготовьте к работе модель электронного аналогового вольтметра:

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

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.

Опробуйте модели средств измерений: 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 в их работоспособности.

5.3. Проведение многократных наблюдений аналоговым вольтметром для определения зависимости погрешности (неопределенности) вольтметра от его показаний

Приготовьте таблицу 5.3 для записи результатов наблюдений. Исследование провести для трех значений напряжения (в трех точках шкалы: U_1 - в начале, U_2 - в середине и U_3 - в конце одного предела измерения) в соответствии с Вашим вариантом задания в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Варианты задания для выполнения лабораторной работы.

точки для исследования	последняя цифра номера зачетной книжки (пароля)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
U_1 , В	1	2	3	2	1	3	2	3	1	4
U_2 , В	3	4	5	5	4	6	6	7	5	6
U_3 , В	7	8	9	7	9	8	9	9	8	8
P , вероятность	0,95	0,98	0,99	0,9	0,95	0,99	0,95	0,98	0,99	0,999

Таблица 5.2

Варианты задания для выполнения лабораторной работы.

параметр поверки	предпоследняя цифра номера зачетной книжки (пароля)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
f , частота Гц	40	60	80	100	200	600	800	1000	400	20
n , число наблюдений	9	8	7	6	5	6	7	8	9	5

5.3.1. Убедитесь, что схема соединения приборов на стенде соответствует схеме измерения рис. 5.2.

Обратите внимание! Предел допускаемой погрешности образцового вольтметра должен быть, по крайней мере, в три раза меньше предела допускаемой погрешности исследуемого вольтметра.

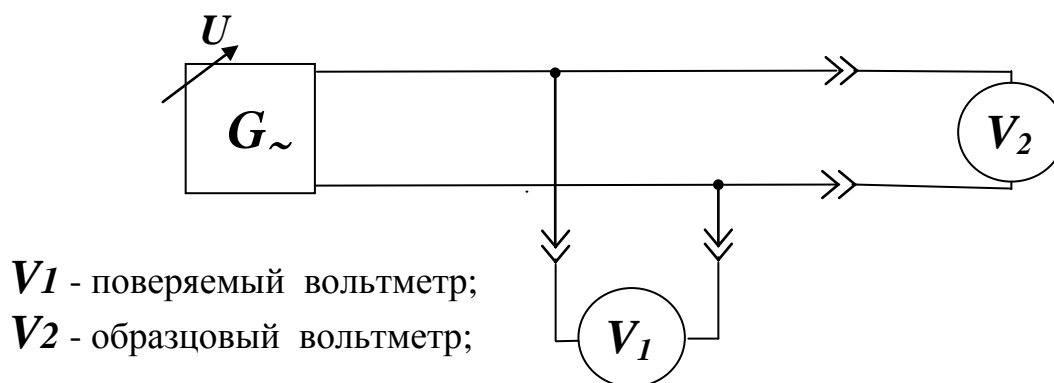


Рис.5.2. Схема для исследования погрешности вольтметра.

5.3.2. Выбрать и установить пределы измерения U_k обоих вольтметров, близкими к наибольшему значению напряжения из трех значений, заданных в таблице 5.1. Установить на источнике заданную частоту сигнала (таблица 5.2).

5.3.3. Регулируя напряжение источника, установить стрелку на отметку (оцифрованную риску) U_1 на шкале исследуемого вольтметра в соответствии с заданием (см.таблицу 5.3). Записать показание U_{o1} образцового вольтметра в таблицу 5.3. (столбец 2). Выполнить n наблюдений, каждый раз расстраивая и устанавливая указатель вольтметра на отметку U_1 шкалы.

5.3.4. Повторить наблюдения по п. 5.3.3 для значений U_2 и U_3 . Показания образцового вольтметра U_{oi} занести в 6-й и 10-й столбцы табл. 5.3 соответственно.

5.4. Оценка случайной и систематической составляющих погрешности единичных измерений (результатов наблюдений) аналоговым вольтметром.

Обработать результаты наблюдений напряжений U_1, U_2, U_3 следующим образом.

5.4.1. Вычислить абсолютную погрешность каждого наблюдения Δ_i , содержащую систематическую и случайную составляющие погрешности измерения

$$\Delta_i = U_j - U_{oi} \quad (5.1.)$$

и записать их значения в 3-й, 7-й и 11-й столбцы; внизу каждого столбца поместить алгебраическую сумму

$$\sum_{i=1}^n \Delta_i$$

где U_j принимает значения U_1, U_2 и U_3 соответственно.

5.4.2. Оценить систематическую составляющую погрешности

$$\Delta_{cj} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta_i, \quad (5.2)$$

которая постоянна для каждого значения напряжения U_1, U_2, U_3 .

У к а з а н и е. Абсолютная погрешность отдельного наблюдения Δ_i является суммой систематической Δ_{cj} и случайной погрешности $\overset{\circ}{\Delta}_i$

$$\Delta_i = \Delta_{cj} + \overset{\circ}{\Delta}_i \quad (5.3.)$$

5.4.3. Вычислить случайные составляющие погрешности каждого наблюдения и записать их значения в 4-й, 8-й, 12-й столбцы.

$$\overset{\circ}{\Delta}_i = \Delta_i - \Delta_{cj}$$

Таблица 5.3. Результаты наблюдений и расчета составляющих основной погрешности исследуемого вольтметра

i	$U_1 =$ B				$U_2 =$ B				$U_3 =$ B			
	$\frac{U_{0i}}{B}$	$\frac{\Delta_i}{B}$	$\frac{\overset{\circ}{\Delta}_i}{B}$	$\frac{\overset{\circ}{\Delta}_i^2}{B^2}$	$\frac{U_{0i}}{B}$	$\frac{\Delta_i}{B}$	$\frac{\overset{\circ}{\Delta}_i}{B}$	$\frac{\overset{\circ}{\Delta}_i^2}{B^2}$	$\frac{U_{0i}}{B}$	$\frac{\Delta_i}{B}$	$\frac{\overset{\circ}{\Delta}_i}{B}$	$\frac{\overset{\circ}{\Delta}_i^2}{B^2}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1												
2												
⋮												
i												
⋮												
n												
$\Sigma =$		$\Sigma =$		$\Sigma =$		$\Sigma =$		$\Sigma =$		$\Sigma =$		
$\Delta_{c1} =$		B		$\Delta_{c2} =$		B		$\Delta_{c3} =$		B		
$S_1 =$		B		$S_2 =$		B		$S_3 =$		B		
$P_{\text{дов}} =$		n=				t=						
$\overset{\circ}{\Delta}_{\text{дов.1}} = \pm$		B		$\overset{\circ}{\Delta}_{\text{дов.2}} = \pm$		B		$\overset{\circ}{\Delta}_{\text{дов.3}} = \pm$		B		

5.4.4. Найти квадраты случайных составляющих $\overset{\circ}{\Delta}_i$ и полученные значения занести в 5-й, 9-й и 13-й столбцы, а внизу каждого из них поместить суммы этих квадратов

$$\sum_{i=1}^n \overset{\circ}{\Delta}_i^2$$

5.4.5. Определить оценку среднего квадратического отклонения случайной составляющей погрешности вольтметра по формуле

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \overset{\circ}{\Delta}_i^2} \quad (5.4.)$$

Найденные значения S_1, S_2, S_3 поместить в табл.5.3

5.4.6. Вычислить доверительный интервал случайной составляющей погрешности вольтметра.

$$\Delta_{\text{дов}j} = S_j \cdot t \quad (5.5)$$

где t – коэффициент, значение которого зависит от заданной доверительной вероятности $P_{\text{дов}}$ и числа наблюдений n .

У к а з а н и е. Предполагая, что закон распределения случайной составляющей погрешности нормальный, коэффициент t , при малом числе наблюдений, определяется распределением Стьюдента. Значение коэффициентов t можно определить по таблицам в учебниках [1] (стр.413) и [2] (стр.418).

П р и м е ч а н и е. Полученные значения составляющих основной погрешности вольтметра являются лишь приближенными оценками. Если необходимо улучшить точность этих оценок, то нужно при низменных условиях измерений увеличить число наблюдений n вплоть до нескольких сотен, сделать заключение о характере закона распределения случайной составляющей погрешности с помощью процедуры проверки согласия опытного и теоретического распределений.

5.5. *Определение границ суммарной погрешности единичных измерений аналоговым вольтметром*

5.5.1.Оценку суммарной основной абсолютной погрешности вольтметра выполняют на основании формулы (5.3) вычисляя как $\Delta(U_j) = \Delta_{cj} \pm \overset{\circ}{\Delta}_{\text{дов}j}$.

5.5.2. Построить график, характеризующий область значений основной погрешности $\Delta(U)$, полученных экспериментально при напряжениях U_1, U_2, U_3 :

$$\Delta_{cj} - \overset{\circ}{\Delta}_{\text{дов}j} \leq \Delta(U) \leq \Delta_{cj} + \overset{\circ}{\Delta}_{\text{дов}j} \quad (5.6)$$

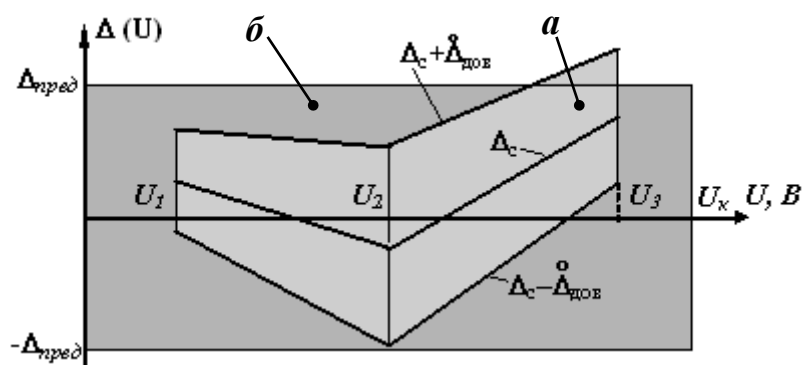


Рис.5.3. Графики областей основной погрешности :

а – область экспериментальных значений; **б** – область нормированных значений погрешности исследуемого прибора, предел допускаемой абсолютной погрешности которого представлен выражением (5.7).

Значения Δ_{cj} и $\Delta_{довj}$ возьмите из табл.5.3. Примерный вид графика приведен на рис.5.3.

5.6. Определение пределов допускаемых погрешностей аналогового вольтметра.

5.6.1. По метрологическим характеристикам исследуемого вольтметра вычислить пределы основной допускаемой абсолютной погрешности. Если класс точности прибора нормирован приведенной погрешностью γ , область допускаемой абсолютной суммарной погрешности определяется с помощью формулы

$$\Delta_{пред} = \pm \gamma \cdot U_k / 100, B \quad (5.7)$$

Если пределы основной допускаемой абсолютной погрешности прибора характеризуется двучленной формулой вида

$$\delta_{пред} = \pm (c + d (|U_k / U_n| - 1)), \% \quad (5.8)$$

то область допускаемой основной абсолютной погрешности вычисляется по формуле

$$\Delta_{пред} = \pm (c / 100) \cdot U_n + (d / 100) \cdot (|U_k| - U_n), B \quad (5.9)$$

В формулах (5.7.), (5.8.) и (5.9.) U_k – конечное значение установленного предела измерения, в формулах (5.8), (5.9) U_n – показание прибора.

5.6.2. Нанести область границ (пределов) допускаемых погрешностей исследуемого вольтметра на рисунок, на котором уже отображен график, характеризующий область значений основной погрешности $\Delta(U)$, полученный экспериментально.

5.7. Сравнение результатов экспериментальных исследований погрешности аналогового вольтметра с метрологическими характеристиками прибора.

Используя построенный график, сравните результаты экспериментальных исследований погрешности аналогового вольтметра с метрологическими характеристиками прибора. Если область экспериментальных значений не выходит за границы допускаемых погрешностей прибора, то он пригоден к измерениям. Сделайте вывод о пригодности вольтметра к применению по результатам Вашего эксперимента.

6. Требования к отчету.

6.1. Отчет по лабораторной работе должен быть оформлен каждым студентом в соответствии со своим вариантом (паролем) задания.

6.2. Удовлетворять всем требованиям к заготовке отчета (см. п. 4.2.) и должен содержать:

- титульный лист;

- номер и наименование работы;
- формулировку цели работы;
- программу работы;
- метрологические характеристики основных измерительных приборов;
- решение задач для контроля самостоятельной работы;
- схему измерений в соответствии с программой лабораторной работы, оформленную в соответствии со стандартами;
- расчетные формулы по обработке результатов наблюдений и измерений, а также формулы для оценки погрешностей по каждому пункту программы лабораторной работы;
- результаты экспериментальных исследований в таблицах;
- результаты обработки экспериментальных данных в форме таблиц, графиков и результатов измерений, оформленных в соответствии с нормативными документами;
- примеры расчетов, выполнявшихся при заполнении таблиц (по схеме: расчетная формула – численная подстановка – результат);
- выводы по каждому пункту программы лабораторной работы и по работе в целом.

6.3. При выполнении численных расчетов надо записать расчетную формулу определяемой величины, сделать соответствующую численную подстановку и произвести вычисления. Промежуточные вычисления нужно выполнять с достаточной точностью (4÷6 значащих цифр), чтобы погрешность вычислений была на порядок меньше погрешности измерений. Окончательные результаты должны быть округлены в соответствии с нормативными документами (МИ1317-2004, ГОСТ 8.401-80 и др.)

6.4. Графики и рисунки выполнять в удобном для обработки масштабе. Поле графиков должно быть не менее **170x120** мм, координатные оси графиков должны быть обозначены, указаны единицы измерения и масштаб.

6.5. Необходимо пользоваться общепринятыми условными обозначениями величин и сокращениями названий.

6.6. Выводы по работе должны отражать результаты изучения теории и анализа полученных экспериментальных данных, давать характеристику исследованным методам и средствам измерения в отношении точности, производительности, сложности, удобства и экономичности измерений, то есть выявлять их достоинства и недостатки. Не следует в выводах перечислять пункты задания и приводить полученные результаты.

6.7. **Не следует включать в отчет** весь текст настоящих методических указаний и теоретический материал из конспекта лекций и учебников.

7. Приложения

7.1. Условные обозначения:

U – напряжение электрического сигнала;

U_n – показание прибора;

U_K – конечное значение шкалы прибора при установленном пределе измерения;

Δ_i – абсолютная погрешность i -го наблюдения;

$\overset{\circ}{\Delta}_i$ – случайная составляющая абсолютной погрешности i -го наблюдения;

$\Delta_{пред}$ – предел (граница) допускаемой абсолютной погрешности средства измерений;

$\delta_{пред}$ – предел (граница) допускаемой относительной погрешности средства измерений;

γ – предел (граница) допускаемой приведенной погрешности средства измерений;

$\overset{\circ}{\Delta}_{дов}$ – доверительный интервал случайной составляющей абсолютной погрешности результата наблюдения (единичного измерения);

S – оценка среднего квадратического отклонения случайной составляющей погрешности результата наблюдения (единичного измерения);

Δ_c – систематическая составляющая абсолютной погрешности;

7.2. Оформление результатов измерения.

7.2.1. Промежуточные вычисления выполняют с использованием такого числа значащих цифр, которое необходимо для обеспечения решения задачи с требуемой точностью. Для выполнения данной лабораторной работы достаточно использовать *шесть* значащих цифр.

7.2.2. Конечные результаты расчетов должны, быть представлены с соблюдением *правил округления* и обязательным указанием *единиц измерения*, вычисленной физической величины.

7.2.3. В тех случаях, когда при расчете оценивают погрешность (неопределенность) результата измерений, он должен быть оформлен в соответствии с нормативным документом – методическими рекомендациями МИ1317-2004. Согласно им *окончательный результат оценки погрешности должен содержать не более двух значащих цифр путем его округления в большую сторону. Погрешность округления* во всех случаях в соответствии с ГОСТ 8.401-80 *не должна превышать 5%*.

Критерием для округления конечного результата расчета измеряемой величины (результата измерения) является *округленное значение абсолютной погрешности (неопределенности): младший разряд числового значения результата измерения должен быть одинаковым с младшим разрядом округленного значения абсолютной погрешности (неопределенности)*. Обратите внимание, что при округлении единицы измерения *результата измерения и погрешности* должны быть одинаковыми.

Если результат измерения содержит интервальные оценки неопределенности, **обязательно указание вероятности**, с которой погрешность находится в этом интервале. Кроме того, результат должен включать в себя **условия проведения измерения** (температура, давление, влажность, число наблюдений, частота, на которой проведены измерения, и т. п.).

Пример. Измеренное значение напряжения U равно $21,71924 В$, оценка границ относительной погрешности этого результата δ_U равна $\pm 0,06156 \%$ с вероятностью $P=0,95$. Измерение проведено в нормальных условиях. Оформить результат измерения в соответствии с нормативными документами. 1) Вычислим оценку границ абсолютной погрешности измерения $\Delta_U = U \cdot \delta / 100 = 21,71924 \cdot 0,06156 / 100 = 0,0133704 В = 13,3704 мВ$. 2) Округлим оценку абсолютной погрешности измерения, содержащую шесть значащих цифр, до двух значащих цифр: $\Delta_{U_{окр}} = 0,014 В = 14 мВ$. 3) Вычислим погрешность округления абсолютной погрешности:

$$\delta_{окр} = \frac{\Delta_{U_{окр}} - \Delta_U}{\Delta_U} 100 [\%] = (14 - 13,3704) \cdot 100 / 13,3704 =$$

$4,70891\%$, следовательно, округление в большую сторону верно, так как погрешность округления не превышает 5% . 4) Округлим измеренное значение напряжения до тысячных долей: $U=21,719 В$, так как младший разряд абсолютной погрешности равен $0,001 В$. 5) Округлим оценку относительной погрешности измерения, содержащую четыре значащих цифры, до двух значащих цифр: $\delta_U=0,062\%$ погрешность округления относительной погрешности не превышает 5% . 6) Округление оценок абсолютной и относительной погрешностей измерения до одной значащей цифры невозможно, так как погрешность округления в этом случае превышает 5% . 7) Запишем результат измерения в соответствии с нормативными документами:

$U=21,719 \pm 0,014 В; P=0,95$; условия измерения нормальные; или

$U=21719 \pm 14 мВ; P=0,95$; условия измерения нормальные; или

$U=21,719 В \pm 0,062\%; P=0,95$; условия измерения нормальные; или

$U=21719 мВ \pm 0,062\%; P=0,95$; условия измерения нормальные.

В случае необходимости выполнения ряда однотипных расчетов приводят **расчет только для одного** значения, результаты промежуточных вычислений и конечные результаты сводят в таблицу.

7.3. Правила выполнения лабораторной работы.

1. Выполнению каждой лабораторной работы предшествует предварительная самостоятельная подготовка студента, которая включает в себя:

- изучение по литературе и другим источникам необходимых разделов курса;
- формулирование ответов на контрольные вопросы;
- решение задач для контроля самостоятельной работы;
- выполнение необходимых предварительных расчетов;

- изучение описания лабораторного макета, задания и порядка выполнения соответствующей лабораторной работы.

Студент должен также отчетливо представлять, что и как он будет делать, и какие результаты ожидаются в каждом из пунктов лабораторной работы (мысленный эксперимент).

2. В процессе выполнения работы результаты эксперимента должны быть аккуратно оформлены в заготовке отчёта в виде таблиц, графиков. Результаты каждого пункта должны иметь соответствующие заголовки и пояснения исходных данных, режимов и условий измерений.

3. По результатам лабораторной работы студент должен оформить отчет (смотрите разделы 4.2 и 6) и, при дистанционном обучении, выслать его на проверку отдельным файлом.

4. При выполнении лабораторных работ необходимо соблюдать правила техники безопасности.

7.4. Описание измерительных приборов

Электромагнитный вольтметр

Модель электромагнитного вольтметра служит для измерения среднеквадратического значения электрического напряжения гармонических сигналов (синусоидальной формы).

Ниже приведены некоторые метрологические характеристики модели:

- электромагнитный измерительный механизм на переменном токе является преобразователем среднеквадратических значений, поэтому показание прибора U_V равно среднеквадратическому значению напряжения сигнала: $U_V = U$.

- шкала отсчетного устройства проградуирована в среднеквадратических значениях, градуировка справедлива для произвольной формы сигнала;

- нормальные условия эксплуатации вольтметра соответствуют нормальным условиям эксплуатации компьютера и обычно равны: температура $+20 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$; атмосферное давление $750 \pm 30 \text{ мм рт. ст.}$, относительная влажность не более 90%;

- входное сопротивление на пределе 15 В более 10 кОм;

- входная емкость менее 100 нФ;

- пределы измерения могут быть выбраны равными 0,3, 1, 3 или 15 В;

- класс точности прибора обозначен 0,5, следовательно, предел до-

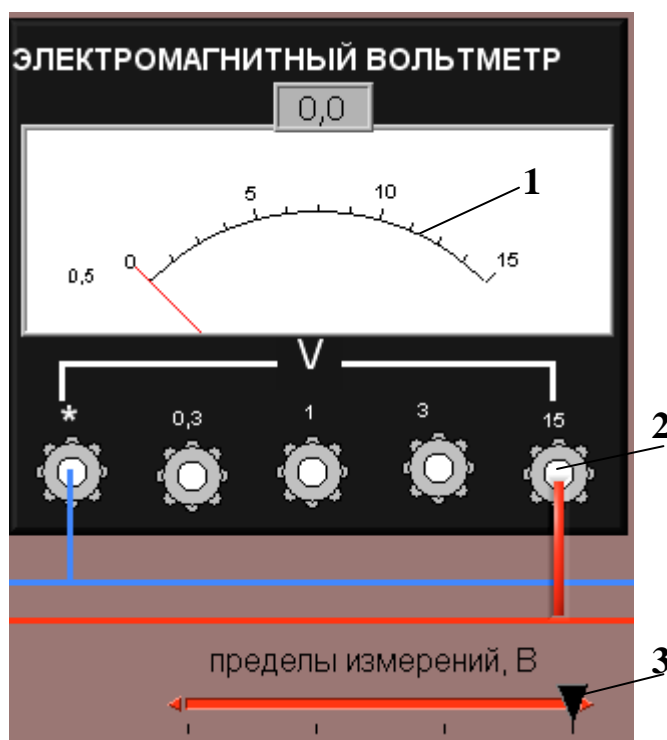


Рис. П.1. Вид модели электромагнитного вольтметра

пускаемой приведенной погрешности равен **0.5%** .

- диапазон рабочих частот от **20 Гц** до **1 кГц**.

На лицевой панели модели расположены (рис. П.1): шкала (1) отсчетного устройства со стрелочным указателем; клеммы (2) для выбора пределов измерения и подключения к электрической цепи (для удобства пользователя в работе 2.2 пределы измерения могут выбираться с помощью ползункового переключателя (3), находящегося под электромагнитным вольтметром).

Аналоговый электронный вольтметр

Модель аналогового электронного вольтметра служит для измерения постоянного напряжения и среднеквадратического значения напряжения гармонических сигналов (синусоидальной формы).

Ниже приведены некоторые метрологические характеристики модели:

- на переменном токе в приборе используется пиковый преобразователь;
- вольтметр проградуирован в среднеквадратических значениях для гармонического сигнала, следовательно, его показания U_V равны: $U_V = 0,707U_m$, где U_m – пиковое значение напряжения сигнала;
- класс точности прибора обозначен **2,5** , следовательно, предел допускаемой приведенной погрешности равен **2.5%** .

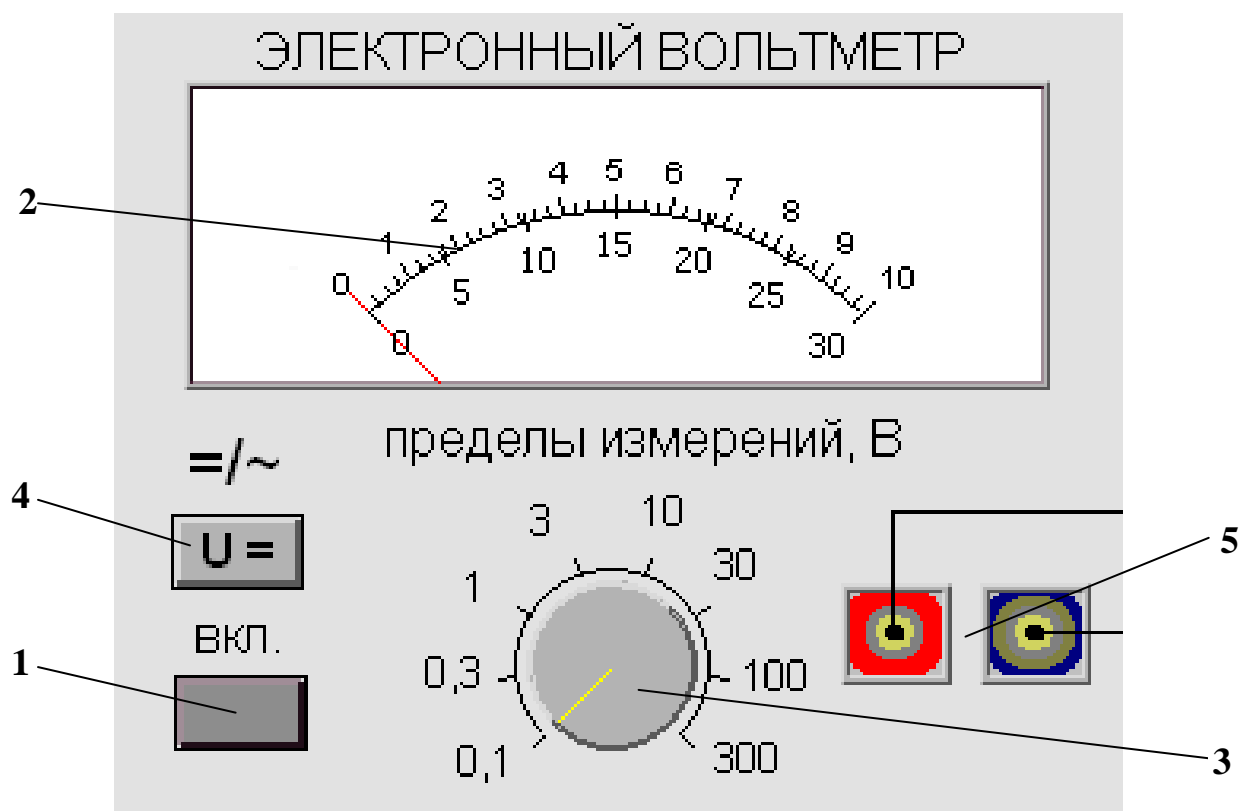


Рис. П.2. Вид модели электронного вольтметра

- нормальные условия эксплуатации соответствуют нормальным условиям эксплуатации компьютера и обычно равны: температура $+20 \pm 5$ °C; атмосферное давление 750 ± 30 мм рт. ст., относительная влажность не более 90%.

- пределы измерения напряжения могут быть выбраны равными: **0,1; 0,3; 1; 3; 10; 30; 100 и 300 В;**
- входное сопротивление более **1 МОм;**
- входная емкость менее **10 пФ;**
- диапазон рабочих частот от **20 Гц** до **100 кГц.**

На рисунке П.2 показана лицевая панель прибора, на которой расположены: кнопка включения питания (1); шкала отсчетного устройства (2); переключатель пределов измерения (3); переключатель вида измеряемого сигнала (4); входные клеммы (5).

8. Литература

1. Метрология, стандартизация и измерения в технике связи: Учеб. пособие для вузов/ Б.П. Хромой, А.В. Кандинов, А.Л. Сенявский и др. ; Под ред. Б.П. Хромого. – Радио и связь, 1986. – 424 с.
2. Кушнир Ф.В. и др. Измерения в технике связи. Изд. 2-е. – М.: связь, 1976. – 432 с.: ил.
3. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах. С.И.Боридько, Н.В.Дементьев, Б.Н.Тихонов, И.А.Ходжаев.-М.: Горячая линия-Телеком,2007.
4. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах. Под ред. В.И.Нефёдова и А.С.Сигова.-М.: Высшая школа, 2005.
5. Кушнир Ф.В. Электроизмерения: Учебное пособие для вузов. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отделение, 1983. – 320 с.
6. Горлов Н.И., Запасный И.Н., Сметанин В.И. Оценка инструментальной погрешностей при экспериментальных исследованиях. Методические указания. – Новосибирск: СибГУТИ, 1995. – 27 с.
7. Конспект лекций по курсу метрология стандартизация и сертификация – Новосибирск: СибГУТИ, 2004. Электронный конспект (для дистанционной формы обучения).

Лариса Васильевна Гребцова
Игорь Николаевич Запасный
Валентина Борисовна Папэ
Владимир Иванович Сметанин

**ПОВЕРКА АНАЛОГОВОГО
ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА**

методические указания к лабораторной работе № 2.2

по курсам

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

**МЕТРОЛОГИЯ И ЭЛЕКТРОРАДИОИЗМЕРЕНИЯ В
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ**

МЕТРОЛОГИЯ И РАДИОИЗМЕРЕНИЯ

**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ
И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ**

Редактор:

Корректор:.....

Подписано в печать

Формат бумаги 62 x 84 /16, , шрифт №10,
Изд. л.,.....,заказ №.....,тираж-.....экз., СибГУТИ.
630102, г. Новосибирск, ул. Кирова, 86.