

Министерство образования и науки Российской Федерации  
**Муромский институт (филиал)**  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(МИ ВлГУ)

Отделение среднего профессионального образования

# **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ЭЛЕКТРОРАДИОИЗМЕРЕНИЯ**

для студентов специальности

11.02.01 Радиоаппаратостроение

Программа подготовки специалистов среднего звена

Составитель  
Жиганова Е.А.

Муром 2018

## Содержание

Лабораторная работа №1. Экспериментальное определение абсолютных и относительных погрешностей электротехнического оборудования	4
Лабораторная работа №2. Проверка градуировки частоты и модулометра звукового генератора стандартных сигналов	9
Лабораторная работа №3. Экспериментальное определение класса точности средств измерений	15
Лабораторная работа №4. Практическое изучение конструкции электромеханических преобразователей	17
Лабораторная работа №5. Измерение тока и напряжения	22
Лабораторная работа №6. Измерение коэффициента нелинейных искажений	26

## Лабораторная работа №1.

### Экспериментальное определение абсолютных и относительных погрешностей электротехнического оборудования

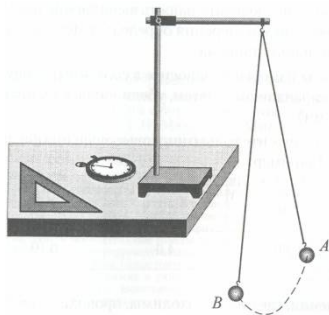
**Цель работы:** обеспечить условия для расширения знаний учащихся о причинах, приводящих к появлению погрешностей; классификации погрешностей; о способах записи приближенных чисел;

способствовать развитию умений планировать и проводить физический эксперимент, обрабатывать результаты, делать выводы;

обеспечить формирование умений определять абсолютную и относительную погрешности прямых измерений и представлять результат измерений в интервальной форме;

воспитывать наблюдательность, внимательность, аккуратность, чувство коллективизма.

**Оборудование:** металлический шарик на нити длиной 1 м, секундомер, штатив с лапкой, треугольник.



#### Ход работы:

**Актуализация опорных знаний** о шкале прибора, цене деления шкалы, точности отсчета, прямых и косвенных измерениях.

Актуализацию опорных знаний можно провести в процессе работы с простейшими измерительными приборами (линейка, мерная лента, секундомер), предложив учащимся ответить на следующие вопросы.

1. Какая цена деления шкалы каждого прибора?
2. Какие физические величины можно непосредственно измерить, т.е. провести непосредственные измерения, данными приборами?
3. Какая точность отсчета при работе с данными приборами?
4. Приведите примеры прямых и косвенных измерений.
5. Какие виды погрешностей вы знаете?

#### Теоретические сведения

**Промахи** - грубые ошибки в значениях измеряемой величины. Промахи, как правило, вызываются невнимательностью. Они могут возникать также вследствие неисправности прибора. От промахов не застрахован никто, однако по мере приобретения экспериментальных навыков вероятность промахов заметно уменьшается.

**Систематические погрешности** - такие погрешности, которые соответствуют отклонению измеряемой величины от ее истинного значения всегда в одну сторону - либо в сторону завышения, либо в сторону занижения. При повторных измерениях в тех же условиях величина погрешности остается неизменной. При закономерных изменениях условий погрешность также меняется закономерно.

Систематические погрешности могут возникать по ряду причин, вот некоторые из них:

несоответствие прибора эталону (например, пластмассовые линейки с течением времени обычно укорачиваются на несколько миллиметров, секундомер может иметь неправильный ход - спешить или отставать на несколько секунд в сутки).

неправильное использование прибора (например, перед взвешиванием не установлено равновесие ненагруженных весов).

пренебрежение поправками, которые нужно ввести в результаты измерения для достижения требуемой точности (например, не учтена зависимость температуры кипения воды от атмосферного давления).

Систематические погрешности, обусловленные некоторыми из этих причин, могут быть сведены к минимуму проверкой приборов, их тщательной установкой, анализом необходимых поправок и т.д.

**Случайные погрешности.** Даже при очень строгом соблюдении одних и тех же условий повторные измерения одной и той же величины, как правило, приводят к значениям, отличающимся друг от друга. Эта разница в значениях может вызываться причинами самой различной природы. Отклонения от истинного значения при этом могут быть как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения, причем величина отклонения также может быть различной.

Случайные погрешности вызываются большим числом неконтролируемых причин, влияющих на процесс измерения. Такие причины могут быть объективными (неровности на поверхности измеряемого предмета; дуновение воздуха, ведущее к изменению температуры; скачкообразное изменение напряжения электрической сети и т. п.) и субъективными (разная сила зажима предмета между ножками штангенциркуля, неодинаковое расположение глаза по отношению к шкале прибора, различное запаздывание при включении секундомера и т.п.). Эти причины могут сочетаться в различных комбинациях, вызывая то увеличение, то уменьшение значения измеряемой величины. Поэтому при измерениях одной и той же величины несколько раз получается, как правило, целый ряд значений этой величины, отличающихся от истинного значения случайным образом).

**Приборные погрешности.** Предполагая, что приборные погрешности, имеющие систематический характер, устранены (весы выставлены по отвесу и уравновешены в отсутствие нагрузки, стрелка отключенного электроизмерительного прибора показывает на нуль, часы выверены по

сигналам точного времени и т. д.), мы все приборные погрешности будем относить к случайным. Такие погрешности могут возникать при изготовлении приборов или при их градуировке. Обычно довольствуются сведениями о допустимых приборных погрешностях, сообщаемых заводами-изготовителями в паспортах, прилагаемых к приборам. Завод ручается, что погрешности отсчета по прибору не выходят за пределы, указываемые в паспорте. При этом остаются неизвестными ни конкретная величина, ни знак погрешности, получающейся в результате отдельного измерения данным прибором. Поэтому такие погрешности следует относить к случайным погрешностям с достаточно большой доверительной вероятностью (порядка 0,95 и выше). Допустимые погрешности обычно включают в себя и те, которые могут возникнуть при приведении приборов в рабочее состояние (установке на нуль и т.п.) при условии выполнения заводской инструкции.

**Абсолютная погрешность** находится как сумма перечисленных погрешностей.

Кроме абсолютной погрешности результат также характеризуется еще и **относительной погрешностью**, т.е. отношением абсолютной погрешности к среднему арифметическому значению измеряемой величины. Относительная погрешность выражается в виде десятичной дроби или в процентах и показывает качество измерения. Если при измерениях получена относительная погрешность более 10%, то говорят, что произведено не измерение, а лишь оценка измеряемой величины. В лабораториях физического практикума относительная погрешность обычно составляет 1-10%. В научных же лабораториях измерения некоторых физических величин, таких, например, как длина световой волны, осуществляется с точностью порядка миллионной доли процента.

#### 6. Как производится запись приближенных чисел?

Ответ. Поскольку значения физических величин, полученные в результате измерений, имеют погрешности, они выражаются не точными, а приближенными числами. **Незначащими** цифрами приближенного числа называются нули, стоящие слева в десятичных дробях до первой отличной от нуля цифры, и нули, поставленные в конце числа, вместо цифр, отброшенных при округлении. Остальные цифры называются **значащими**. Например, в числе 0,0123 значащие цифры 1,2,3; в числе 508000, полученном округлением числа 507893, три нуля – незначащие. В конце числа могут быть и значащие нули. Так, например, во втором числе выражения  $5 \text{ км} = 5000 \text{ м}$  нули не заменяют отброшенные при округлении цифры, а выражают точное соотношение между единицами длины.

Для того, чтобы числа не содержали незначащих нулей, их принято записывать в показательной (экспоненциальной) форме с запятой после первой значащей цифры. В этом случае числа предыдущих примеров имеют

вид:  $0,00123 = 1,23 \cdot 10^{-3}$ ;  $508000 = 5,08 \cdot 10^5$ . Значащие нули при такой записи не отбрасываются:  $5 \text{ км} = 5,000 \cdot 10^3 \text{ м}$ .

В числах, выражающих значения, для которых указана погрешность, последняя цифра (**сомнительная**) стоит в том же разряде, что и первая значащая цифра погрешности. Цифры, находящиеся в следующих разрядах как самого числа, так и его погрешности, должны быть отброшены как **неверные** по правилам округления, причем погрешность округляют всегда в сторону увеличения. Таким образом, сама погрешность содержит только одну значащую цифру. Однако, если первая цифра погрешности единица, то в погрешности оставляют две цифры, а в самом числе сохраняют лишний разряд. Наконец, если данное число не является окончательным результатом, а будет участвовать в каких-либо вычислениях, то в нем, как и в его погрешности сохраняют лишний разряд.

**Запись окончательного результата измерения.** В записи окончательного результата измерения должны содержаться:

название измеряемой величины и ее буквенное обозначение;

наиболее вероятное значение измеряемой величины, т.е. значение, получающееся в результате отсчета по прибору, если измерение проводилось однократно, или среднее арифметическое этих отсчетов, если измерение проводилось несколько раз.

полная абсолютная погрешность измеряемой величины;

единица измерения, в которой выражена измеряемая величина и ее полная абсолютная погрешность;

доверительная вероятность результата;

относительная погрешность, выраженная в виде десятичной дроби или в процентах.

При записи результата измерения следует соблюдать приведенные выше правила записи приближенных чисел.

### Порядок выполнения работы

1. К лапке штатива прикрепите нить с шариком (рисунок). Отведите шарик в сторону (точку А) так, чтобы нить составила с вертикалью угол  $\alpha = 30^\circ$  (определяется треугольником). Отпустите шарик и, одновременно нажав на кнопку секундомера, измерьте минимальный промежуток времени, через который шарик снова окажется в точке А. Полученный результат занесите в таблицу.

2. Повторите опыт не менее пяти раз, записывая результаты измерений в таблицу.

3. Вычислите и занесите в таблицу среднее значение промежутка времени:

$$\langle t \rangle = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}{5}$$

$$\langle t \rangle = \frac{2c + 2c + 2c + 2,2c + 2c}{5} = 2,04 \text{ с}$$

4. Вычислите абсолютную случайную погрешность при каждом измерении и среднее значение  $\langle \Delta t_{\text{случ}} \rangle$  при пяти измерениях:

$$\langle \Delta t_{\text{случ}1} \rangle = |t_1 - \langle t \rangle|, \langle \Delta t_{\text{случ}2} \rangle = |t_2 - \langle t \rangle|, \dots, \langle \Delta t_{\text{случ}5} \rangle = |t_5 - \langle t \rangle|;$$

$$\langle \Delta t_{\text{случ}} \rangle = \frac{\Delta t_{\text{случ}1} + \Delta t_{\text{случ}2} + \Delta t_{\text{случ}3} + \Delta t_{\text{случ}4} + \Delta t_{\text{случ}5}}{5}$$

Результаты вычислений занесите в таблицу.

$$\Delta t_{\text{случ}1} = |2\text{с} - 2,04\text{с}| = 0,04\text{с}$$

$$\Delta t_{\text{случ}2} = |2\text{с} - 2,04\text{с}| = 0,04\text{с}$$

$$\Delta t_{\text{случ}3} = |2\text{с} - 2,04\text{с}| = 0,04\text{с}$$

$$\Delta t_{\text{случ}4} = |2,2\text{с} - 2,04\text{с}| = 0,16\text{с}$$

$$\Delta t_{\text{случ}5} = |2\text{с} - 2,04\text{с}| = 0,04\text{с}$$

$$\langle \Delta t_{\text{случ}} \rangle = \frac{0,04\text{с} + 0,04\text{с} + 0,04\text{с} + 0,16\text{с} + 0,04\text{с}}{5} = 0,064\text{с}$$

5. Определите максимальное значение случайной погрешности:

$$\Delta t_{\text{случ}} = 3 \langle \Delta t_{\text{случ}} \rangle. \text{ Результаты вычислений занесите в таблицу.}$$

$$\Delta t_{\text{случ}} = 3 \cdot 0,064\text{с} = 0,192\text{с}$$

6. Определите и занесите в таблицу значение абсолютной систематической погрешности:

$$\Delta t_{\text{сист.}} = \Delta t_{\text{пр.}} + \Delta t_{\text{отсч.}}$$

Предельную погрешность  $\Delta t_{\text{пр.}}$  секундомера найдите по таблице (см. приложение). Абсолютную погрешность отсчета  $\Delta t_{\text{отсч.}}$  определите как цену деления шкалы механического секундомера.

$$\Delta t_{\text{пр}} = 1,5 \cdot 0,2\text{с} = 0,3\text{с}, \quad \Delta t_{\text{отсч}} = 0,2\text{с}$$

$$\Delta t_{\text{сист}} = 0,3\text{с} + 0,2\text{с} = 0,5\text{с}$$

7. Вычислите и запишите в таблицу значение абсолютной погрешности  $\Delta t$  прямого измерения промежутка времени:

$$\Delta t = \Delta t_{\text{случ.}} + \Delta t_{\text{сист.}}$$

$$\Delta t = 0,192\text{с} + 0,5\text{с} = 0,692\text{с}, \text{ после округления до одной значащей цифры } \Delta t = 0,7\text{с}.$$

8. Вычислите и занесите в таблицу значение относительной погрешности  $\varepsilon_t$  прямого измерения промежутка времени  $t$ :

$$\varepsilon_t = \frac{\Delta t}{\langle t \rangle} \cdot 100\%$$

$$\varepsilon_t = \frac{0,7\text{с}}{2,0\text{с}} \cdot 100\% = 35\%$$

9. Запишите окончательный результат измерений в интервальной форме:  
 $t = (2,0 \pm 0,7)\text{с}, \quad \varepsilon_t = 35\%$

Таблица результатов:

№ опыта	t, с	$ \Delta t_{\text{случ}} , \text{с}$	$\Delta t_{\text{случ}} = 3 \langle \Delta t_{\text{случ}} \rangle, \text{с}$	$\Delta t_{\text{сист.}}, \text{с}$	$\Delta t, \text{с}$	$\varepsilon_t, \%$
1	2,0	0,04	-	-	-	-
2	2,0	0,04	-	-	-	-
3	2,0	0,04	-	-	-	-
4	2,2	0,16	-	-	-	-
5	2,0	0,04	-	-	-	-
Среднее	2,04	0,064	0,192	0,5	0,692	-
Оконча-	2,0	-	-	-	0,7	35

тельный результ ат						
--------------------------	--	--	--	--	--	--

**Контрольные вопросы.**

1. Почему нельзя абсолютно точно измерить прибором физическую величину?
2. Будет ли одинаковой относительная погрешность измерения промежутка времени, если нить с шариком отклонить на угол  $45^\circ$ ? Почему?
3. Если при трех и более повторных измерениях данным прибором получены одинаковые значения физической величины, то чему равны абсолютные случайная и систематическая погрешности? Относительная погрешность?



**Лабораторная работа №2.**  
**Проверка градуировки частоты и модулометра**  
**звукового генератора стандартных сигналов**

**Цель работы:** 1. Изучить методы измерения высокой частоты и глубины модуляции.  
2. Изучить назначение, принцип действия и технические характеристики исследуемого генератора Г4-158.  
3. Изучить методику проверки генераторов стандартных сигналов по основным параметрам.  
4. Приобрести практические навыки при работе с исследуемым генератором и измерении его основных параметров.

***Комплект оборудования рабочего места***

1. Генератор стандартных сигналов Г4-158.
2. Частотомер АСН-1310.
3. Цифровой вольтметр В7-38.
4. Двухлучевой электронный осциллограф С1-55.

***Лабораторное задание***

1. Определить абсолютные и относительные погрешности частоты на выходе исследуемого генератора.
2. Определить абсолютные погрешности вольтметра в исследуемом генераторе.
3. Определить абсолютные погрешности измерителя глубины модуляции в исследуемом генераторе.
4. Сравнить экспериментально полученные значения погрешностей с паспортными данными погрешностей исследуемого генератора.

***Задание для предварительной подготовки***

1. Изучить теоретический материал, относящийся к данной работе, по литературе [1, 2] и конспект лекций.
2. Ознакомиться с назначением, основными техническими характеристиками, принципом действия и функциональной схемой генератора стандартных сигналов Г4-158 по техническому описанию и инструкции по эксплуатации 3.260.018 ТО.
3. Изучить разделы «Указание мер безопасности», «Подготовка к работе» и «Порядок работы» технического описания и инструкции по эксплуатации 3.260.018 ТО на генератор Г4-158.
4. Заготовить в рабочей тетради формы таблиц в соответствии с требованиями к содержанию отчета, приведенному в конце данного описания.

5. Подготовить ответы на дополнительные вопросы, которые могут быть заданы при допуске к работе и ее защите.

### ***Порядок выполнения работы***

Подготовить исследуемый генератор стандартных сигналов Г4-158 к работе в соответствии с разделами «Указание мер безопасности», «Подготовка к работе» и «Порядок работы» технического описания и инструкции по эксплуатации 3.260.018 ТО.

#### ***1. Проверка градуировки частоты исследуемого генератора с помощью образцового частотомера***

Собрать схему лабораторной установки согласно рисунку 2.1. Перевести исследуемый генератор в режим «НГ», что соответствует непрерывной генерации синусоидального напряжения без модуляции и установить уровень выходного напряжения, равный 0 дБ. Изменяя частоту выходного сигнала генератора в диапазоне от 10 до 99 МГц необходимо снимать показания частотомера.

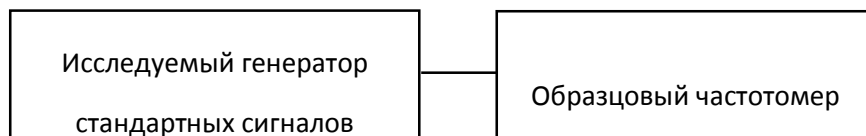


Рисунок 2.1

Вычислить абсолютные погрешности частоты  $\Delta f$

$$\Delta f = f_x - f_{обр}, \quad (2.1)$$

где  $f_x$  - значение частоты по шкале исследуемого прибора;  $f_{обр}$  - значение частоты по шкале частотомера,

и относительные погрешности частоты  $\gamma$

$$\gamma = \frac{\Delta f}{f_{обр}} \cdot 100\%. \quad (2.2)$$

Результаты измерений частоты и вычислений погрешностей по формулам (2.1) и (2.2), занести в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

$f_x$ , кГц	$f_{обр}$ , кГц	$\Delta f$ , кГц	$\gamma$ , %

По данным таблицы 2.1 построить графики зависимостей  $f_{обр} = \phi(f_x)$  и  $\Delta f = \phi(f_x)$ .

## **2. Проверка градуировки вольтметра исследуемого генератора на частоте 100 кГц с помощью образцового вольтметра**

Собрать схему лабораторной установки согласно рисунку 2.2. Перевести генератор в режим «НГ», что соответствует непрерывной генерации синусоидального напряжения без модуляции и установить частоту выходного сигнала генератора, равной 100 кГц. Уровень ослабления выходного напряжения генератора изменять в диапазоне от 0 до 80 дБ с шагом 10 дБ.

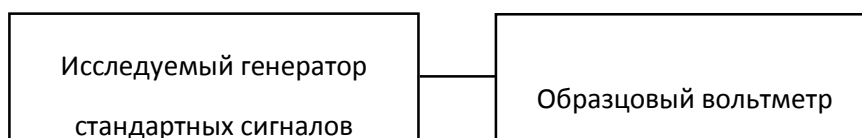


Рисунок 2.2

Особенностью используемого в данной работе генератора стандартных сигналов Г4-158 является задание уровня выходного напряжения через ослабление, выраженное в относительных единицах измерения, а именно, в децибелах. Переход к децибелам от относительного уровня напряжения, выраженного в размах, осуществляется по формуле

$$U_x [\text{дБ}] = 20 \cdot \lg \left( \frac{U_x [\text{В}]}{U_0 [\text{В}]} \right), \quad (2.3)$$

где  $U_x$  - уровень измеряемого действующего (среднеквадратического) значения напряжения в вольтах;  $U_0$  - уровень напряжения в вольтах, принятый за 0 дБ.

Из соотношения (2.3) выразить напряжение в вольтах.

Для пересчета напряжения из децибелов в вольты неизвестным остается значение  $U_0$ . Согласно технического описания и инструкции по эксплуатации 3.260.018 ТО на генератор Г4-158 уровню сигнала плюс 6 дБ соответствует напряжение, равное 2 В. Используя формулу (2.3) составим уравнение

$$6 [\text{дБ}] = 20 \cdot \lg \left( \frac{2 [\text{В}]}{U_0 [\text{В}]} \right). \quad (2.4)$$

Из соотношения (2.4) определить значение  $U_0$ .

Используя полученное значение напряжения уровня 0 дБ, пересчитать уровень напряжения из децибелов в вольты. При этом учесть, что в формулу децибелы подставляются со знаком «минус», поскольку на генераторе задается ослабление сигнала.

Вычислить абсолютные погрешности напряжения

$$\Delta U = U_x - U_{\text{обр}}, \quad (2.5)$$

где  $U_x$  - значение напряжения по шкале исследуемого прибора;  $f_{обр}$  - значение частоты по шкале образцового вольтметра, и относительные погрешности частоты  $\gamma$

$$\gamma = \frac{\Delta U}{U_{обр}} \cdot 100\% . \quad (2.6)$$

Результаты измерений напряжения с помощью вольтметра в децибелах и вольтах, а также погрешности, вычисленные по формулам (2.5), (2.6), свести в таблицу 2.2.

Таблица 2.2.

$U_x$ , дБ	$U_x$ , В	$U_{обр}$ , В	$\Delta U$ , В	$\gamma$ , %

По данным таблицы 2.2 построить графики зависимостей  $U_{обр} = f(U_x[\text{В}])$  и  $\Delta U = f(U_x[\text{В}])$ .

### **3. Проверка градуировки модулометра исследуемого генератора в режиме внутренней амплитудной модуляции**

Собрать схему лабораторной установки согласно рисунку 2.3. Переключатель входа осциллографа установить в положение « $\sim$ », что соответствует подаче на вход осциллографа всех составляющих входного сигнала. Перевести генератор в режим «ВНУТР. АМ», что соответствует генерации амплитудно-модулированного (АМ) синусоидального напряжения в режиме внутренней модуляции. Установить уровень выходного напряжения, равный 0 дБ, а несущую частоту выходного сигнала генератора, равной 100 кГц. Глубину модуляции выходного напряжения генератора изменять в диапазоне от 10 до 80 % с шагом 10 %.

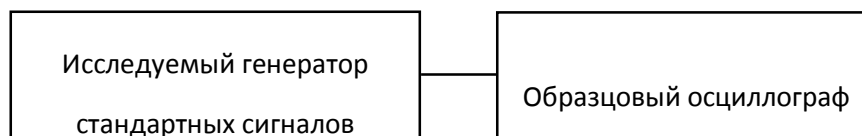


Рисунок 2.3

Проверку градуировки модулометра исследуемого генератора осуществить осциллографическим методом линейной развертки. Для этого необходимо переключатель вида синхронизации осциллографа «СИНХРОНИЗАЦИЯ» перевести в положение «ВНУТР.», что соответствует режиму непрерывной горизонтальной развертки от внутреннего источника. При этом на горизонтально-отклоняющие пластины осциллографа поступает пилообразное напряжение развертки. Затем на один из входов « $\rightarrow$ )» усилителя вертикального отклонения осциллографа (канал Y) подать

исследуемое АМ колебание, снимаемое с разъема основного выхода «(→)» генератора Г4-158.

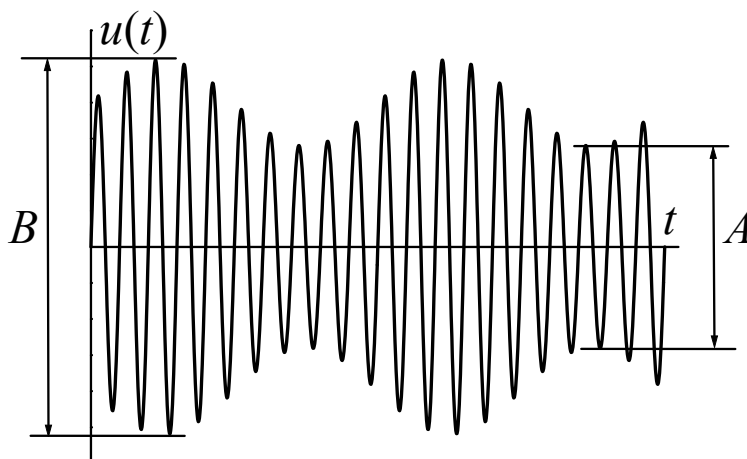


Рисунок 2.4

На рисунке 2.4 приведена осциллограмма АМ колебания, полученная по методу линейной развертки. По ней определить уровни напряжения «A» и «B».

По измеренным уровням напряжения «A» и «B» коэффициент модуляции определяется формулой

$$m[\%] = \frac{B - A}{B + A} \cdot 100\%. \quad (2.7)$$

Результаты показаний модулометра  $M$  в генераторе Г4-158 и вычислений коэффициента модуляции  $m$  по формуле (2.7), свести в таблицу 2.3.

Зарисовать осциллограмму АМ-сигнала с глубиной модуляции 30 %.

Таблица 2.3

$M$ , %	«A», В	«B», В	$m$ , %

По данным таблицы 2.3 построить график зависимости  $m(M[\%])$ .

### Содержание отчета

1. Наименование и номер лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Используемые приборы.
4. Основные технические данные исследуемого генератора Г4-158:
  - 4.1) виды работ;
  - 4.2) диапазон формируемых частот сигналов;
  - 4.3) нестабильность частоты сигнала;
  - 4.4) коэффициент гармоник;

- 4.5) динамический диапазон выходного напряжения;
- 4.6) значения модулирующих частот внутреннего и внешнего источников амплитудной модуляции;
- 4.7) диапазон коэффициента амплитудной модуляции.
- 5. Заполненные таблицы 2.1 - 2.3 с заголовками и соответствующие им графики с названиями.
- 6. Осциллограмма АМ-сигнала с глубиной модуляции 30 %.
- 7. Выводы о результатах сравнения полученных в ходе проверки параметров с паспортными данными генератора Г4-158.

### ***Контрольные вопросы***

- 1. Что называется проверкой градуировки прибора?
- 2. В чем заключается метод нулевых биений для измерения высокой частоты?
- 3. Зарисовать структурную схему измерителя частоты на основе метода перезаряда конденсатора. Пояснить работу схемы с помощью временных диаграмм.
- 4. В чем заключается резонансный метод измерения частоты?
- 5. Пояснить принцип работы цифровых частотомеров.
- 6. В чем заключаются осциллографические методы измерения глубины модуляции?

Рекомендуемая литература [1, 4-6].

### Лабораторная работа №3.

#### Экспериментальное определение класса точности средств измерений

**Цель работы:** Определить соответствие класса точности комбинированного электроизмерительного прибора

#### Основные теоретические положения

Класс точности измерительного прибора - это обобщенная характеристика, определяемая пределами допускаемых основных и дополнительных погрешностей, а также другими свойствами, влияющими на точность, значения которых установлены в стандартах на отдельные виды средств измерений. Класс точности средств измерений характеризует их свойства в отношении точности, но не является непосредственным показателем точности измерений, выполняемых при помощи этих средств.

Класс точности - отношение абсолютной погрешности к диапазону шкалы, выраженное в процентах:

$$K = \frac{\Delta A}{A_{\max} - A_{\min}} \times 100\%$$

Наиболее распространенные технические приборы имеют классы точности 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5. Этими цифрами обозначают класс точности на шкалах.

#### Порядок выполнения работы:

1. Получить магазин сопротивлений Р4831, измерительный прибор DT830, монтажный многожильный провод для подключения для выполнения задания;

Проверить комбинированный цифровой электроизмерительный прибор на исправность;

Определить показания прибора в 5 точках каждого диапазона измерения

0...200 Ом, 0...2000 Ом, 0...20 Ком, 0...200 Ком,

2. Произвести расчет относительной погрешности измерения в каждой поверяемой точке:

$$\delta = \frac{A_i - A_d}{A_d} \times 100\%$$

3. Составить протокол определения класса точности прибора и дать заключение о его пригодности.

Измеряемый параметр	Предел измерения	Действительное значение параметра	Показания прибора	Относительная погрешность измерения, %
Сопротивление	0...200 Ом	0		
		40		
		80		
		120		
		160		
		200		
	0...2000 Ом	400		
		800		
		1200		
		1600		
		2000		
	0...20 КОм	4		
		8		
		12		
		16		
		20		
	0...200 Ком	40		
		80		

### ***Контрольные вопросы***

1. Как зависит абсолютная и относительная погрешности от частоты? Какие процессы реального устройства влияют на их изменение?

2. Назначение поправочного графика.

3. Что показывает частотная характеристика прибора и что влияет на ее форму?

Рекомендуемая литература [1-4, 6].



## **Лабораторная работа №4.**

### **Практическое изучение конструкции электромеханических преобразователей**

#### **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

1. Изучить принцип действия электромеханических измерительных приборов.
2. Ознакомиться с общими узлами и деталями электромеханических измерительных приборов.
3. Изучить конструкцию и принцип действия приборов магнитоэлектрической, электромагнитной, электродинамической, ферродинамической, электростатической и индукционной измерительных систем.
4. Ознакомиться с примерами решения типовых задач и закрепить знания, полученные в ходе выполнения лабораторной работы, на основе задач для самостоятельного решения.

#### **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

##### **Принцип действия**

Электромеханические измерительные приборы относятся к аналоговым устройствам, показания которых являются непрерывной функцией изменений измеряемой величины. Электромеханические измерительные приборы отличаются простотой, малой стоимостью, высокой надежностью, разнообразием применения и относительно высокой точностью.

Любой электромеханический измерительный прибор состоит из ряда функциональных преобразователей, каждый из которых решает свою элементарную задачу в цепи преобразований.

Так, простейший измерительный прибор прямого преобразования состоит из трех основных преобразователей: измерительной цепи, измерительного механизма и отсчетного устройства.

Несмотря на то, что электромеханические измерительные приборы существенно различаются по своему устройству, имеется ряд узлов и деталей, общих для всех приборов данного типа.

Таковыми деталями являются: корпус, шкала, указатель, устройства для установки и уравнивания подвижной части измерительного механизма, устройства для создания противодействующего момента и момента успокоения, корректор, а в высокочувствительных приборах также арретир.

Корпус прибора защищает измерительный механизм от внешних воздействий (механических повреждений, пыли, в отдельных случаях – от попадания воды, газов) и чаще всего выполняется из пластмассы.

Для определения численного значения измеряемой величины приборы имеют отсчетное устройство, состоящее из шкалы и указателя. Шкала прибора обычно представляет собой пластину белого цвета, на которую нанесены отметки, соответствующие определенным значениям измеряемой величины, и условные обозначения. Номенклатура, изображение и место расположения условных обозначений устанавливаются нормативными документами. В соответствии с ними на шкалу наносят единицу измерения измеряемой величины, класс точности прибора, род тока, товарный знак предприятия-изготовителя, заводской номер, год изготовления или заменяющий его шифр, знак Государственного реестра, испытательное напряжение изоляции, используемое положение прибора (горизонтальное, вертикальное или под углом), символ, указывающий принцип действия прибора.

Измерительные приборы по принципу действия подразделяются на электромеханические и электронные.

Электромеханические измерительные приборы отличаются простотой, дешевизной, высокой надежностью, разнообразием применения, относительно высокой точностью.

Любой из них состоит из ряда функциональных преобразователей, каждый из которых решает свою элементарную задачу в цепи преобразований. Так, самый простейший измерительный электромеханический прибор прямого преобразования (вольтметр, амперметр) состоит из трех основных преобразователей: измерительной цепи, измерительного механизма и отсчетного устройства.

Магнитоэлектрические приборы состоят из измерительной цепи, измерительного механизма и отсчетного устройства. Конструктивно измерительный механизм может быть выполнен либо с подвижным магнитом, либо с подвижной катушкой.

Магнитоэлектрические измерительные механизмы используют в амперметрах, вольтметрах, омметрах и гальванометрах (обычных, баллистических и вибрационных).

Электромагнитные измерительные приборы. В электромагнитных измерительных приборах для перемещения подвижной части используется энергия магнитного поля системы, состоящей из катушки с измеряемым током и одного или нескольких сердечников, выполненных из ферромагнитных материалов.

Электромагнитные приборы используют в качестве амперметров, вольтметров, фазометров, частотомеров, генериметров и фарадметров.

Электродинамические измерительные приборы. В электродинамических измерительных приборах для перемещения подвижной

части используется энергия системы, состоящей из подвижной и неподвижной рамок с токами.

Электродинамические приборы используют в качестве амперметров, вольтметров, ваттметров, частотомеров, фазометров (на принципе логометров).

Ферродинамические измерительные приборы. Ферродинамические приборы отличаются от электродинамических измерительных приборов тем, что неподвижная катушка расположена на сердечнике из ферромагнитного материала. Это приводит к значительному увеличению МВР и уменьшению влияния внешних магнитных полей. Однако наличие магнитопровода снижает точность этих приборов за счет наличия потерь на гистерезисе и вихревые токи.

Их в основном используют в цепях переменного тока на промышленной частоте в качестве амперметров, вольтметров, ваттметров, большая величина МВР позволяет использовать их в самописцах, расширение пределов измерения осуществляют так же, как у электродинамических приборов.

Электростатические измерительные приборы. В электростатических измерительных приборах для перемещения подвижной части используется принцип взаимодействия двух или несколько электрически заряженных проводников, т.е. здесь в отличие от механизмов других систем перемещение подвижной части осуществляется за счет непосредственного приложенного напряжения. Таким образом, эти приборы по своему принципу действия являются приборами, измеряющими только напряжение.

Электростатические измерительные приборы используют в цепях постоянного и переменного токов в качестве вольтметров. Для расширения пределов измерения по напряжению используются резисторные и емкостные делители напряжения.

Индукционные измерительные приборы. В индукционных измерительных приборах особым положением катушек получают вращающееся электромагнитное поле, которое, пронизывая алюминиевый цилиндр, индуцирует в нем вихревые токи, что вызывает возникновение вращающего момента. С помощью спиральных бестоковых пружин создается противодействующий момент и обеспечивается пропорциональность измеряемой величины отклонению подвижной системы.

Зависимость их показаний от колебаний частоты тока возбуждения и температуры окружающей среды ограничивает применение этих приборов.

Индукционный измерительный механизм используется в самопишущих приборах, для построения указателя вращающегося поля, синхроскопа, частотомера и в счетчиках электрической энергии.

Индукционные счетчики используют для измерения электрической энергии в однофазных и трехфазных цепях.

#### Задание:

1. В практической работе необходимо изучить, что такое метод измерения и что собой представляет метод непосредственной оценки.
2. Изучить, что такое средство измерения, и какие применяются при выполнении лабораторных работ.
3. Изучить, что такое измерительные приборы, и какие они бывают.
4. Ознакомиться с достоинствами электромеханических измерительных приборов.
5. Ознакомиться с применением магнитоэлектрических измерительных приборов.
6. Ознакомиться с применением электромагнитных измерительных приборов.
7. Ознакомиться с применением электродинамических измерительных приборов.
8. Ознакомиться с применением ферродинамических измерительных приборов.
9. Ознакомиться с применением электростатических измерительных приборов.
10. Ознакомиться с применением индукционных измерительных приборов.

#### Работа на занятии.

1. Изучив представленный материал ответить письменно на контрольные вопросы.

#### Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Ответы на контрольные вопросы.

#### Контрольные вопросы.

1. Определение метода измерения.
2. В чем заключается метод непосредственной оценки?
3. Определение средства измерения.
4. Определение измерительного прибора.
5. По каким признакам классифицируются измерительные приборы?
6. Применение магнитоэлектрических измерительных приборов.
7. Применение электромагнитных измерительных приборов.
8. Применение электродинамических измерительных приборов.

9. Применение ферродинамических измерительных приборов.
10. Применение электростатических измерительных приборов.
11. Применение индукционных измерительных приборов.

## Лабораторная работа №5. Измерение тока и напряжения

Цель: научиться собирать простейшие электрические цепи, пользоваться амперметром, измерять силу тока и убедиться на опыте в том, что сила тока в различных последовательно соединённых участках цепи одинакова. Научиться измерять напряжение на участке цепи, состоящем из двух последовательно соединённых спиралей, и сравнить его с напряжением на концах каждой спирали.

### I. Ход работы.

1. Рассмотрите шкалу амперметра. Определите:

Предел измерения амперметра

Цену деления амперметра

Погрешность измерения амперметра

Запомните:

1) клемму амперметра со знаком + обязательно соединяют с проводником,

который идет от полюса со знаком + источника тока.

2) никогда не присоединяйте амперметр непосредственно к обеим клеммам источника тока без потребителя тока, последовательно соединенного с амперметром. Испортите амперметр!

2. Соберите электрическую цепь по рисунку 1. Запишите показания амперметра.

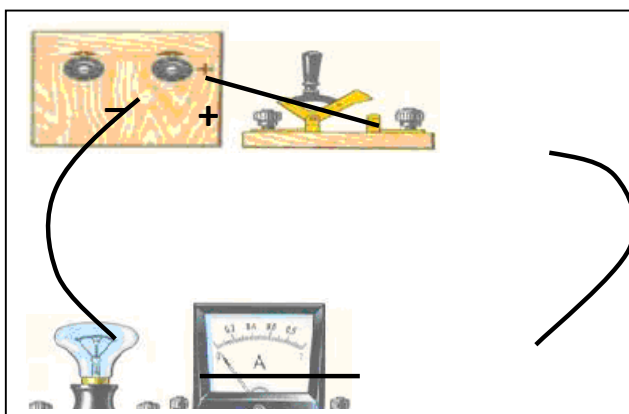


Рис 1

3. Включите амперметр так, как показано на рисунках 2 и 3. Зарисуйте схемы

соединения цепи. Снимите показания амперметра в обоих случаях.

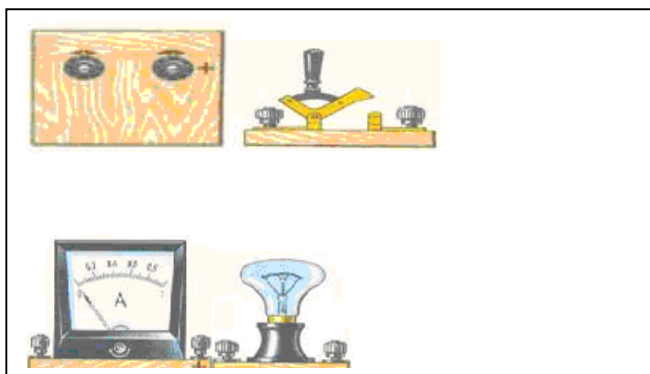


Рис 2

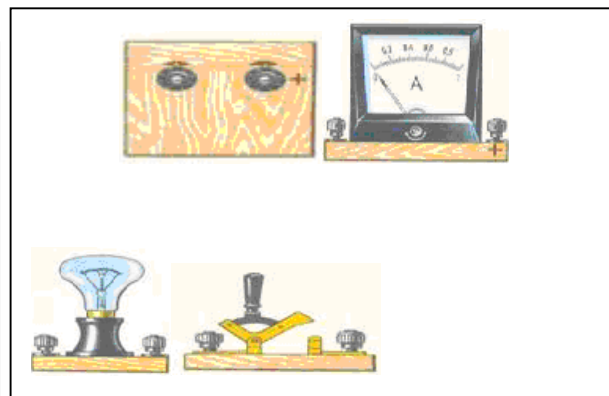


Рис 3

4. Запишите показания амперметра в таблицу:

№ опыта	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3
Показания амперметра $I$ , А			

5. Сравните показания амперметра и сделайте вывод.

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Какую закономерность вы экспериментально установили для электрической цепи с последовательным соединением?
2. При каком условии в цепи появлялся электрический ток?
3. Имела ли электрическая цепь ответвления?
4. Какой элемент электрической цепи можно было бы удалить, чтобы не нарушить полученную закономерность?

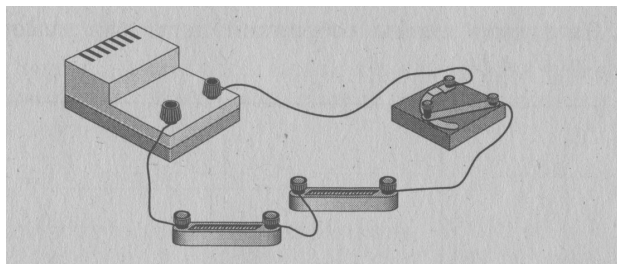
**Оборудование:** источник питания, спирали - резисторы (2 шт.), низковольтная лампа на подставке, ключ, вольтметр, амперметр, соединительные провода.

#### II. Ход работы

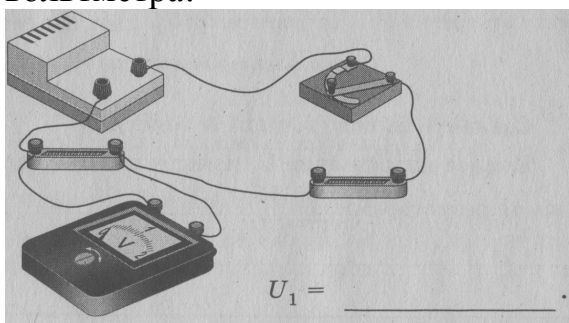
1. Рассмотрите шкалу вольтметра. Определите основные характеристики прибора:
  - А) предел измерения вольтметра
  - Б) цена деления шкалы вольтметра
  - В) погрешность измерения вольтметра

Запомните:

- 1) Клемму вольтметра со знаком + обязательно соединяют с клеммой проводника, которая идет от полюса со знаком + источника тока.
  - 2) Никогда не ставьте вольтметр последовательно с источником тока и другими элементами электрической цепи. Испортите амперметр!
2. Соберите цепь из источника питания, спиралей, лампы, амперметра и ключа,  
соединив все приборы последовательно. Замкните цепь.



3. Замкните цепь. Подключите вольтметр параллельно одной спирали. Запишите показания вольтметра:



$U_1 =$  \_\_\_\_\_

Подсоедините вольтметр ко второй спирали. Запишите показания вольтметра:

$U_2 =$  \_\_\_\_\_

Затем подключите вольтметр на участок цепи, состоящей из двух спиралей. Запишите показания вольтметра:

$U =$  \_\_\_\_\_

4. Вычислите сумму напряжений  $U_1 + U_2$  на обеих спиралях и сравните её с напряжением  $U$ . Сделайте вывод.

$U_1 + U_2 =$  \_\_\_\_\_ В;

$U_1 + U_2$

$U$

5. Начертите схемы собранной цепи

для измерения  $U_1$

для измерения  $U_2$

для измерения  $U_1 + U_2$

6. Измерьте напряжение на полюсах источника тока и на зажимах лампы. Сравните напряжения. Результаты измерений запишите в таблицу.

Источник тока	Лампа
---------------	-------



--	--

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:**

1. Что произойдет в цепи, если спирали 1 и 2 поменять местами?

---

2. Изменятся ли показания вольтметра, если лампу поставить между спиралями?
3. Изменятся ли показания амперметра и вольтметра, если лампа перегорит
4. Какая неисправность будет в цепи, если стрелка вольтметра отклонится влево?

## **Лабораторная работа №6.**

### **Измерение коэффициента нелинейных искажений**

- Цель работы:**
1. Изучение принципа действия измерителя нелинейных характеристик и их технических характеристик.
  2. Ознакомление с методикой проверки основных параметров измерителя нелинейных характеристик.
  3. Изучение методов измерения измерителя нелинейных характеристик.
  4. Приобретение практических навыков при работе с измерителем нелинейных характеристик, а также приборами, предназначенными для их проверки.

#### ***Комплект оборудования рабочего места***

1. Исследуемый звуковой генератор ГЗ-102.
2. Эталонный генератор АНР-1050.
3. Электронный осциллограф С1-55.
4. Частотомер АСН-1310.
5. Вольтметр В7-38.
6. Измеритель нелинейных искажений С6-8.

#### ***Лабораторное задание***

1. Определить абсолютные и относительные погрешности частоты на выходе исследуемого генератора.
2. Определить абсолютные погрешности вольтметра в исследуемом генераторе.
3. Построить частотную характеристику исследуемого генератора.
4. Сравнить экспериментально полученные значения погрешностей с паспортными данными погрешностей исследуемого генератора.

#### ***Задание для предварительной подготовки***

1. Ознакомиться с назначением, основными характеристиками, принципом действия и функциональной схемой измерителя нелинейных характеристик.
2. Изучить разделы «Указание мер безопасности», «Подготовка к работе» и «Порядок работы» технического описания и инструкции по эксплуатации на измеритель нелинейных характеристик.
3. Ознакомиться с методами измерения звуковой частоты: метод
4. Ознакомиться с методикой измерения нелинейных искажений по прибору С6-8.

### **Порядок выполнения работы**

Измерить коэффициент нелинейных искажений выходного напряжения генератора ГЗ-102 при помощи измерителя нелинейных искажений С6-8 (рисунок 1.4).

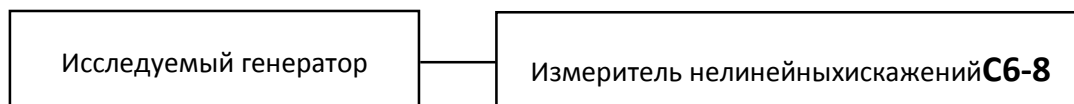


Рисунок 1

Измерить коэффициент нелинейных искажений на частоте 10, 1000 и 10000 Гц при трех различных значениях выходного напряжения  $U_{ВЫХ}$ , полученные данные свести в таблицу 1.5.

Таблица 1.5

$U_{ВЫХ}, В$									
$F, Гц$	10	1000	10000	10	1000	10000	10	1000	10000
$K_{Г}, \%$									

Построить в одной координатной плоскости зависимости  $K_{Г}=f(F)$  для трех значений выходного напряжения исследуемого генератора.

### **Содержание отчета**

1. Наименование и номер лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Используемые приборы.
4. Основные технические данные исследуемого генератора ГЗ-102:
  - 4.1) виды работ;
  - 4.2) диапазон формируемых частот сигналов;
  - 4.3) нестабильность частоты сигнала;
  - 4.4) динамический диапазон выходного напряжения;
  - 4.5) коэффициент нелинейных искажений.
5. Заполненные таблицы 1.1 - 1.5 с заголовками и соответствующие им графики с названиями.
6. Выводы о результатах сравнения полученных в ходе проверки параметров с паспортными данными генератора ГЗ-102.

### **Контрольные вопросы**

1. Блок-схема измерителя нелинейных характеристик, принцип действия, технические характеристики.
2. Измерение с помощью измерителя нелинейных характеристик.
3. Как зависит абсолютная и относительная погрешности от частоты? Какие процессы реального устройства влияют на их изменение?
4. Назначение поправочного графика.

5. Что показывает частотная характеристика прибора и что влияет на ее форму?

6. Коэффициент нелинейных искажений: физический смысл, математическая запись.

## Библиографический список рекомендуемых источников

Основные источники:

1. Метрология и технические измерения : учебное пособие / Э.Г. Миронов, Н.П.Бессонов. — Москва : КноРус, 2016. — 421 с. — Для бакалавров. .  
<https://www.book.ru/book/919201>
2. Электротехнические измерения. Практикум : учебное пособие / З.А. Хрусталева. — Москва : КноРус, 2017. — 240 с. — СПО. — ISBN 978-5-406-05813-8. <https://www.book.ru/book/927856>
3. Алиев И.И. Электротехника и электрооборудование [Электронный ресурс]: справочник. Учебное пособие для вузов/ Алиев И.И.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Вузовское образование, 2014.— 1199 с..  
<http://www.iprbookshop.ru/9654>
4. Электрорадиоизмерения: Учебник/Нефедов В. И., Сигов А. С., Битюков В. К., Самохина Е. В., 4-е изд. - М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 384 с. 15 экз.