**Федеральное агентство связи**

**Сибирский Государственный Университет Телекоммуникаций и Информатики**

**Межрегиональный центр переподготовки специалистов**

# Лабораторная работа 3.4

# По дисциплине: «Метрология, стандартизация и сертификация в инфокоммуникациях»

# На тему: «Измерение напряжения электрических сигналов»

**Выполнил:**

**Группа:**

**Вариант:03**

**Проверил:**

**Новосибирск 2020 г**

1.**Цель работы**

1.1. Изучить:

1.1.1 Параметры переменных напряжений и токов;

1.1.2 Методы измерения параметров переменных напряжений и токов;

1.1.3 Принцип действия, устройство и метрологические характеристики электронных вольтметров;

1.1.4 Особенности измерения напряжения электронными вольтметрами переменного тока;

1.1.5 Источники погрешности при измерении электронными вольтметрами.

1.2. Получить навыки работы с измерительными приборами.

1.3. Приобрести умение обрабатывать и оформлять результаты измерений, выполненных с помощью электронных вольтметров.

2.**Программа лабораторной работы.**

2.1. Изучение основных метрологических характеристик электронных вольтметров.

2.2.Исследование частотных характеристик вольтметров переменного тока

2.3. Измерение параметров напряжения сигнала произвольной формы:

* среднеквадратическое значение;
* средневыпрямленное значение;
* пиковое значение;

2.4. Измерение значений коэффициентов амплитуды, формы и усреднения сигналов различной формы.

3. **Перечень лабораторного оборудования.**

3.1. Основное оборудование.

Аналоговые электронные вольтметры переменного тока:

3.1.1 средневыпрямленного значения;

3.1.2пикового значения;

3.1.3 среднеквадратического значения;

3.2. Вспомогательные приборы.

3.2.1 Генератор сигналов специальной формы (функциональный генератор)

3.2.2 Электронно-лучевой осциллограф.

**4. Выполнениелабораторной работы**

4.1 Лабораторный стенд представляет собой компьютерную модель LabVIEW, отображаемую на экране персонального компьютера.

На стенде находятся модели:

Электромагнитного (1) и электродинамического (2) вольтметров;

электронных милливольтметров средневыпрямленного (4) исреднеквадра-

тического (5) значения;

электронного осциллографа (6);

генератора сигналов специальной формы (7)

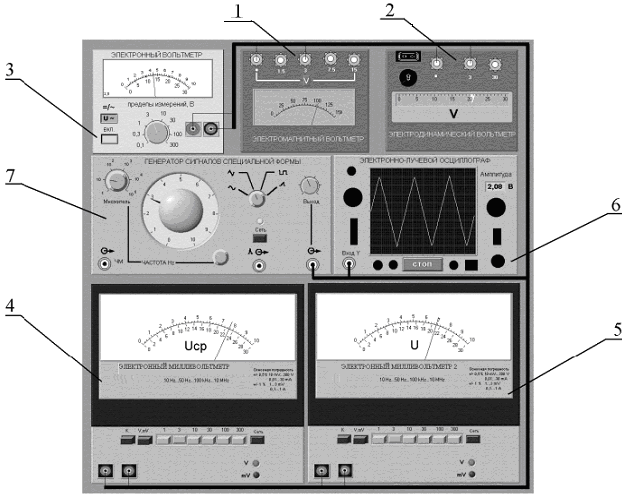


Рис.2. Модель лабораторного стенда на экране компьютера.

На экране представлены приборы:

1-электромагнитный вольтметр;

2-электродинамический вольтметр;

3-электронный вольтметр с пиковым детектором;

4-электронный вольтметр средневыпрямленного значения;

5-электронный вольтметр среднеквадратического значения;

6-электронный осциллограф;

7-генератор сигналов специальной формы.

Модели электромагнитного и электродинамического вольтметров используются при моделировании процесса прямых измерений среднеквадратического значения напряжения сигнала синусоидальной формы методом непосредственной оценки.

Модели электронных аналоговых милливольтметров средневыпрямленного и среднеквадратического значения используют для прямых измерений соответственно средневыпрямленного и среднеквадратического значения напряжения в цепях переменного тока любой формы методом непосредственной оценки.

Модель электронного осциллографа используют для измерения параметров сигналов переменного тока произвольной формы.

Модель генератора сигналов специальной формы используют в качестве источника сигналов синусоидальной, прямоугольной (меандр), треугольной (двухполярной) и пилообразной формы, с плавной регулировкой пикового значения и частоты выходного сигнала.

**Метрологические характеристики использованных средств измерений**

1.Электромагнитный вольтметр

Модель электромагнитного вольтметра служит для измерения среднеквадратического значения напряжения электрического сигнала любой формы.

Ниже приведены некоторые характеристики модели:

- шкала отсчетного устройства проградуирована в среднеквадратических значениях гармонического сигнала ([2]раздел 7, пункт 1);

- пределы измерения могут быть выбраны равными 0,3; 1; 3 или 15 В [2]раздел 7, пункт 1);

в данной работе предел измерения установлен в положение 3 В (МУ к ЛР раздел 7, пункт 1).

- класс точности обозначен 2.5, следовательно, предел допускаемой приведенной погрешности равен 2,5% ([2]раздел 7, пункт 1);

- диапазон рабочих частот от 20 Гц до 1 кГц ([2]раздел 7, пункт 1).

2. Электродинамический вольтметр

Модель электродинамического вольтметра служит для измерения среднеквадратического значения напряжения электрического сигнала любой формы.

Ниже приведены некоторые характеристики модели:

- шкала отсчетного устройства проградуирована в среднеквадратических значениях гармонического сигнала ([2]раздел 7, пункт 2);

- пределы измерения составляют 3 В или 30 В; в работе №3.4 предел измерения установлен в положение 3 В ([2]раздел 7, пункт 2).

- класс точности обозначен 2.0, следовательно, предел допускаемой приведенной погрешности равен 2,0% ([2]раздел 7, пункт 2);

- диапазон рабочих частот от 20 Гц до 5 кГц ([2]раздел 7, пункт 2).

3. Электронный аналоговый милливольтметр средневыпрямленного значения

Модель электронного аналогового милливольтметра средневыпрямленного значения служит для измерения средневыпрямленного значения напряжения произвольной формы сигнала ([2]раздел 7, пункт 3)

Ниже приведены некоторые характеристики модели:

- в режиме измерения переменного напряжения пределы измерения могут выбираться в диапазоне от 1,0 мВ до 300 В ([2]раздел 7, пункт 3);

- шкала отсчетного устройства проградуирована в среднеквадратических значениях гармонического сигнала, следовательно показание прибора

Uv=Uср.в×Kф sin = Uср.в ×1.11 ([2]раздел 7, пункт 2);

- диапазон рабочих частот от 10 Гц до 10 МГц (МУ к ЛР раздел 7, пункт 3);

- пределы допускаемой приведенной основной погрешности в области частот от 50 Гц до 100 кГц не превышают 1,5 % ([2]раздел 7, пункт 1).

4. Электронный аналоговый милливольтметр среднеквадратического значения

Модель электронного аналогового милливольтметра среднеквадратического значения служит для измерения среднеквадратического значения напряжения сигнала любой формы сигнала [2]раздел 7, пункт 4).

Ниже приведены некоторые характеристики модели:

- в режиме измерений переменного напряжения пределы измерения могут выбираться в диапазоне от 1,0 мВ до 300 В ([2]раздел 7, пункт 4);

- диапазон рабочих частот от 10 Гц до 10 МГц ([2]раздел 7, пункт 4);

- шкала отсчетного устройства проградуирована в среднеквадратических значениях гармонического сигнала ([2]раздел 7, пункт 4);

- пределы допускаемой приведенной основной погрешности в области частот от 50 Гц до 100 кГц не превышают 1,5% ([2]раздел 7, пункт 4).

4. Электронный аналоговый вольтметр пикового значения

Модель электронного аналогового вольтметра служит для измерения пикового значения напряжения сигнала любой формы ([2]раздел 7, пункт 4).

Ниже приведены некоторые характеристики модели:

- в режиме измерения переменного напряжения пределы измерения могут выбираться в диапазоне от 0,1 В до 300 В ([2]раздел 7, пункт 4);

- шкала отсчетного устройства проградуирована в средневыпрямленных значениях гармонического сигнала, следовательно, показание прибора

Uv=Um/Kу sin = Um /1.57 ([2]раздел 7, пункт 4);

- пределы допускаемой приведенной основной погрешности не превышают 2,5 % ([2]раздел 7, пункт 4);

- входное сопротивление более 1 Мом ([2]раздел 7, пункт 4);

- входная емкость менее 10 пФ ([2]раздел 7, пункт 4);

- диапазон рабочих частот от 20 Гц до 100 кГц ([2]раздел 7, пункт 4).

4.2. Исследование частотных характеристик вольтметров переменного тока

Зависимость показаний электромагнитного и электродинамического вольтметров от частотыисследуетсяс использованием осциллографа в качестве индикатора формы сигнала и пикового значения напряжения.Измеренияпроводятся в диапазоне частот от 20 Гц до 20 кГц.

В качестве образцового используется электронный милливольтметр *среднеквадратического* значения.

Амплитуда сигнала на выходе генератора устанавливается так, чтобы показание электродинамического вольтметра равнялось 2,0 В.

Измерения проводятся на частотах:

0,02; 1; 3; 5;10;20кГц.

Сведения о классе точности вольтметров и результаты измерений занесены в таблицу.

Приняв показания электронного вольтметра ***Uэв****среднеквадратического* значения за действительное значение напряжения, оценим абсолютную ***Δс*** и относительную ***δс*** систематические погрешности показаний электромагнитного ***Uэм***и электродинамического ***Uэд*** вольтметров.

Абсолютная систематическая для первого измерения при *f=*0,02 Гц погрешность равна:

***Δс(эм)= Uэм−Uэв ;Δс(эд) = Uэд−Uэв***,([2], раздел 5, пункт 5)

***Δс(эм)=2,0 – 2,01= – 0,01В***

***Δс(эд)=2,0 – 2,01= – 0,01В***

Аотносительнаясистематическая погрешность

. ([2], раздел 5, пункт 5)



Определим погрешность округления



Погрешность не превышает 5%, следовательно, округление верно.

Таблица 1. Результаты определения частотных характеристик вольтметров

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Частота сигнала, кГц | Показания вольтметров, погрешность, результат | | | | | | |
| Электронный милливольтметр  среднеквадратическогозначения | Электромагнитный вольтметр | | | Электродинамический  вольтметр | | |
| Показание вольтметра, В | Показание вольтметра, В | Систематическая погрешность | | Показание вольтметра, В | Систематическая погрешность | |
| Абсолютная, В | относи-тельная, % | Абсолютная, В | Относительная, % |
| 0,02 | 2,01 | 2,0 | -0,01 | -0,49751≈-0,5 | 2,0 | -0,01 | -0,49751≈-0,5 |
| 1 | 2,01 | 2,0 | -0,01 | -0,49751≈-0,5 | 2,0 | -0,01 | -0,49751≈-0,5 |
| 3 | 2,01 | 1,75 | -0,26 | -12,9353≈-13 | 2,0 | -0,01 | -0,49751≈-0,5 |
| 5 | 2,01 | 1,5 | -0,51 | -25,3731≈-26 | 2,0 | -0,01 | -0,49751≈-0,5 |
| 10 | 2,01 | 1,1 | -0,91 | -45,2736≈-46 | 2,0 | -0,01 | -0,49751≈-0,5 |
| 20 | 2,01 | 0,7 | -1,31  ≈-1,3 | -65,1741≈66 | 1,5 | -0,51 | -25,3731≈-26 |

Строим графики зависимости показаний вольтметров и их погрешностей от частоты.

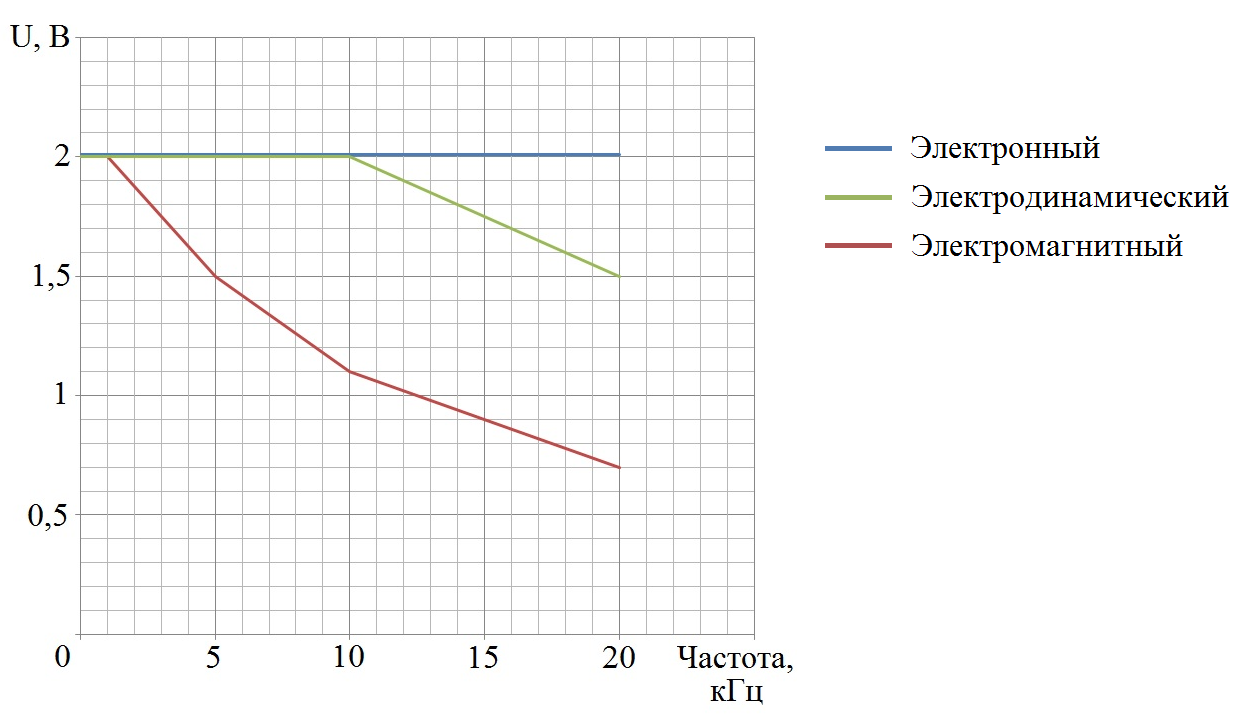


Рис.3. Зависимость показаний вольтметров от частоты.

Рис.4. Зависимость относительных погрешностей вольтметров от частоты.

Рис.5. Зависимость абсолютных погрешностей вольтметров от частоты.

1. *4.3. Измерение параметров напряжения сигнала произвольной формы*

При выполнении задания используются три электронных вольтметра с различными преобразователями.

На выходе генератора установлена синусоидальнаяформа сигнала частотой 80 Гц, напряжениевыходного сигнала генератора установлено равным 1,5 В по электронному пиковому вольтметру.

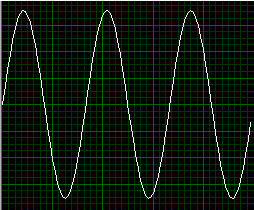


Рис.5 Синусоидальная форма сигнала при частоте 80 Гц и напряжении выходного сигнала 1,5 В.

В дальнейшем амплитудное значение напряжения генератора оставалось постоянным, а форму изменили на пилообразную.

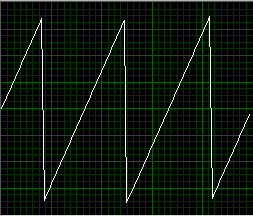


Рис.6 Пилообразная форма сигнала при частоте 80 Гц и напряжении выходного сигнала 1,5 В.

Конечные значения шкал всех приборов равнялись Uк = 3 В.

1) Модель электронного аналогового вольтметра служит для измерения пикового значения напряжения сигнала любой формы.

Шкала проградуирована в средневыпрямленных значениях гармонического сигнала, следовательно показание прибора показание вольтметра с преобразователем средневыпрямленных значений:

UvП=Um/Kу sin =Um /1,57, [МУ к ЛР3, с.26]

где , Um – пиковое значение напряжения;

Kуsin – коэффициент усреднения, равный отношению пикового значения напряжения к средневыпрямленному (для гармонического сигнала, в средневыпрямленных значениях которого проградуирована шкала, Kу=1,57[3, Приложение 7] ).

Предел допускаемой приведенной основной погрешности γ не превышает 2,5%.

Предел допускаемой абсолютной погрешности вольтметра в этом случае рассчитывается по формуле [4, Тема 3:Погрешность измерений]



Где, γ -класс точности вольтметра

- конечное значение шкалы вольтметра

Предел допускаемой абсолютной погрешности измерения параметра в данном случае будет равен [3, стр.19]:

*ΔUm=ΔUvП*/*CгрП*

*ΔUm* =0,075/(1/1,57) =0,11775 ≈0,12*В*

Определим погрешность округления



Погрешность не превышает 5%, следовательно, округление верно.

2) Электронный милливольтметр средневыпрямленного значения.

Шкала отсчетного устройства проградуирована в средневыпрямленных значениях гармонического сигнала.

Предел допускаемой приведенной основной погрешности не превышает 1,5%.

Предел допускаемой относительной погрешности измерения параметра в данном случае будет равен [4, Тема3:Погрешность измерений]:



2) Электронный милливольтметр среднеквадратического значения.

Шкала отсчетного устройства проградуирована в среднеквадратических значениях гармонического сигнала.

Предел допускаемой приведенной основной погрешности не превышает 1,5%.

Предел допускаемой абсолютной погрешности вольтметра среднеквадратического значения в этом случае рассчитывается по формуле [4, Тема 3:Погрешность измерений]



Предел допускаемой абсолютной погрешности измерения вольтметра среднеквадратического значения в данном случае будет равен [3, стр.19]:

*ΔU=ΔUvСК.В*=0,045 *В*

Предел допускаемой относительной погрешности измерения вольтметра среднеквадратического значения в данном случае будет равен [4, Тема 3:Погрешность измерений]



Определим погрешность округления



Погрешность не превышает 5%, следовательно, округление верно.

3) Электронный милливольтметр средневыпрямленного значения.

Шкала отсчетного устройства проградуирована в среднеквадратических значениях гармонического сигнала, следовательно, показание прибора

Uv =Uср.в∙Kф.гарм = Uср.в∙1.11,[2], с.26 где

Uср.в – средневыпрямленное значение напряжения;

Kф.гарм – коэффициент формы, равный отношению среднеквадратического значения напряжения к средневыпрямленному (для гармонического сигнала, в среднеквадратических значениях которого проградуирована шкала, Kф=1,11 ).

Предел допускаемой приведенной основной погрешности γ не превышает 1,5%.

Предел допускаемой абсолютной погрешности вольтметра средневыпрямленного значения в этом случае рассчитывается по формуле [4, Тема 3:Погрешность измерений]



Предел допускаемой абсолютной погрешности измерения вольтметра средневыпрямительного значенияв данном случае будет равен [3, стр.19]:

*ΔUпарамср.в=ΔUvср.в./Cгрср.в*

*ΔUпарамср.в* =0,045/1,11=0,0405406≈0,041 *В*

Определим погрешность округления



Погрешность не превышает 5%, следовательно, округление верно.

Предел допускаемой относительной погрешности измерения средневыпрямленного значения напряжения в данном случае будет равен [4, Тема3:Погрешность измерений]:



Определим погрешность округления



Погрешность не превышает 5%, следовательно, округление верно.

Аналогичные расчеты произведены для сигнала пилообразной формы.

Измеренные и рассчитанные значения занесены в таблицу 2.

Таблица 2.Зависимость показаний вольтметров от формы измеряемого сигнала

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Форма измеряемого сигналана частоте**80 Гц** | Вид измеряемого  **параметра** | Тип вольтметра, класс  точности | Тип преобразователя | Вид градуировки | Градуировочный  коэффициент | Показание вольтметра, В | Предел допускаемой абсолютной погрешности  **вольтметра**, В | Значение измеряемого  **параметра,** В | Предел допускаемой абсолютной  погрешности измерения  **параметра**, В | Предел допускаемой  относительной погрешности  измерения  **параметра**, % | Результат измерения  **параметра**  в двух формах  ***Рдов= 0,997;***  *Условия измерениянормальные.* |
| Синусоидальная | ***Um*** | Эл.аналог. вольтметр пикового значения  γ=2,5% | Пиковых значений | средневыпрямленных значениях гармонического сигнала | 0,64 | 1,5 | 0,075 | 2,355 | 0,12 | 5 | (2,36 ±0,12)В |
| 2,36 В ±5% |
| ***U*** | Эл.аналог. милливольт-  метр среднеквад-ратического значения  γ=1,5% | Среднеквадратических  значений | среднеквадратических значениях гармонического сигнала | 1 | 1,65 | 0,045 | 1,65 | 0,045 | 2,727 | (1,650 ±0,045)В |
| 1,650 В ± 2,8% |
| ***Uср.в*** | Эл.аналог. милливольт-  метр средневып-рямленного значения  γ=1,5% | Средне выпрямительных значений | среднеквадратических значениях гармонического сигнала | 1,11 | 1,63 | 0,045 | 1,468 | 0,0405406 | 2,7616 | (1,468 ±0,041)В |
| 1,468 В ± 2,8% |
| Пилообразная | ***Um*** | Эл.аналог. вольтметр пикового значения  γ=2,5% | Пиковых значений | средневыпрямленных значениях гармонического сигнала | 0,64 | 1,5 | 0,075 | 2,355 | 0,12 | 5 | (2,36 ±0,12)В |
| 2,36 В ±5% |
| ***U*** | Эл.аналог. милливольт-  метр среднеквад-ратического значения  γ=1,5% | Среднеквадратических  значений | среднеквадратических значениях гармонического сигнала | 1 | 1,4 | 0,045 | 1,4 | 0,045 | 3,2143 | (1,400 ±0,045)В |
| 1,400 В ± 3,3% |
| ***Uср.в*** | Эл.аналог. милливольт-  метр средневып-рямленного значения  γ=1,5% | Средне выпрямительных значений | среднеквадратических значениях гармонического сигнала | 1,11 | 1,25 | 0,045 | 1,126 | 0,0405406 | 3,6 | (1,126±0,041)В |
| 1,126 В± 3,6% |

Для нормального закона распределения значение доверительной вероятности, соответствующее ошибке ,составляет *Pдов*=0,997. [1, стр.44]

*4.4. Измерение значения коэффициентов амплитуды, формы и усреднения сигналов различной формы.*

Измерение значений коэффициентов амплитуды Ка, формы Кф, усреднения Ку осуществляется косвенным путем согласно выражениям:

Ка=Um/U; Kф=U/Uср.в; Kу= Um/Uср.в;[2], с.19]

где Um – пиковое значение, U – среднеквадратическое, Uср.в – средневыпрямленное значения напряжений.

Для определения коэффициентаусреднения используем измеренные параметры сигналов изтаблицы2 . Результаты обработки помещенывтаблицу 3.

Оценку погрешности измерения Ку выполняем по методике оценки погрешности косвенных измерений [1, стр.47]:

Произведем вывод расчетных формул.

Если *A* = *F*(*x*1,*x*2...*xn*), где *xi* — непосредственно измеряемые независимые величины, имеющие погрешность Δ*xi*, тогда:

,

Так как функцияKу= Um/Uср.в, является функцией двух переменных Um иUср.в, следовательно, получим:



Таким образом расчетная формула:



Расчёт для напряжения синусоидальной формы:

*Ку=Um/Uср.в=2,355/1,468=1,604223;*



Определим погрешность округления

(0,09-0,0882586)\*100/0.0882586=1,97%<5%

Погрешность не превышает 5%, следовательно, округление верно.



Определим погрешность округления

(5,6 – 5,5016416)\*100/5,5016416=176%<5%

Погрешность не превышает 5%, следовательно, округление верно.

Результаты остальных расчётов помещенывтаблицу 3.

Таблица 3.

Результаты измерения параметра **Ку**усреднения

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Форма  измеряемого сигнала  с частотой 80 Гц | Коэффициент усреднения | | | Результат измерения  **Рдов= 0,997;**  Условия измерения**нормальные.** |
| **Ку** | **ΔКу** | **δКу , %** |
| Синусоидальная | 1,604223 | 0,09 | 5,5 |  |
|  |
| Пилообразная | 2,091474 | 0,130491038  **0,13** | 6,239190  **6,3** |  |
|  |

**Выводы.**

Исследованы частотные характеристики электромагнитного и электродинамического вольтметров переменного тока в диапазоне частот от 20 Гц до 20 кГц.

Амплитуда переменного синусоидального напряжения, подаваемого на вольтметры, оставалась постоянной и контролировалась электронным осциллографом. Получены зависимости погрешностей вольтметров от частоты.

Для электромагнитного вольтметра рост погрешности с частотой начинает проявляться с частоты *f* = 3 кГц, для электродинамического вольтметра – с частоты *f* = 20 кГц, что несколько выше полосы частот, гарантированных характеристиками приборов ( *f* = 1 кГц и *f* = 5 кГц соответственно).

В п. 4.3 приведены результаты измерения параметров напряжения сигнала произвольной формы пиковым вольтметром, вольтметром средневыпрямленного значения и вольтметром среднеквадратичного значения.

Показание вольтметра пиковых значения для пилообразной формы сигнала больше, чем у остальных вольтметров, так как его шкала проградуирована в средневыпрямленных значениях гармонического сигнала для которой градировочный коэффициент гармонического сигнала равен 0,6366, вольтметр среднеквадратического сигнала показывает амплитудное значения так как его градировочный коэфициент равен 1, наименьшее значение будет показывать вольтметр средневыпрямленного вольтметра, его коэффициент равен 1,11

По измеренным напряжениям рассчитаны значения коэффициента усреднения Ку для напряжений заданной формы. В пределах погрешности измерений он соответствуют теоретическим значениям. Погрешности определения коэффициентов рассчитан по методике оценки погрешности косвенных измерений по погрешностям измерения напряжений.

**Список литературы**

1. Кушнир Ф. В., Савенко В. Г., Верник С. М. Измерения в технике связи. – М.: Связь, 1976. – 432 с.

2. Метрология, стандартизация и измерения в технике связи/ Под ред. Б. П. Хромого. – М.: Радио и связь, 1986. – 418 с.

3. Запасный И.Н.,Сметанин В.И. Измерение частоты и периода электрических сигналов: Методические указания к лабораторной работе по курсам метрология, стандартизация и сертификация,метрология, стандартизация и сертификация в инфокоммуникациях, метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах, метрология и радиоизмерения, метрология, стандартизация и технические измерения // СибГУТИ. – Новосибирск 2013 г. – 22 с.

4. Запасный И. Н., Сметанин В. И. Метрология, стандартизация и серти-фикация. Контрольное задание и методические указания. – Н.: 2004. – 36 с.