

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ
им. проф. М. А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»

В. Л. Ленцман

**МЕТРОЛОГИЯ,
СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ
В ИНФОКОММУНИКАЦИЯХ**

**Контрольное задание и методические указания
для студентов всех специальностей факультета
вечернего и заочного обучения СПб ГУТ**

Контрольное задание включает пять заданий по отдельным разделам дисциплины. Методические указания содержат рекомендации по изучению материала и выполнению контрольного задания. В приложении дан перечень вопросов для подготовки к экзамену (зачету).

СПб ГУТ)))
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2012

ВВЕДЕНИЕ

1. Вариант задания для каждого студента определяется последней цифрой номера зачетной книжки.

2. Перед выполнением контрольного задания проработайте соответствующие разделы Ученого пособия [1] и/или других учебников [2-4].

3. Отчет по выполнению задания может быть представлен либо в рукописной форме - в отдельной тонкой тетради в клетку, либо в виде распечатки на принтере документа Word в папке.

4. Условие каждого задания обязательно полностью перепишите и воспроизведите необходимые рисунки.

5. Прежде чем привести какой-либо расчет, укажите его цель, напишите (а в необходимом случае выведите) соответствующую формулу. **Обязательно укажите литературный источник, откуда взята исходная формула, номер страницы или номер формулы. Тщательным образом поясните каждое условное обозначение, которое Вы используете.** Это требование является общепринятым и обязательным при написании различных отчетов, научных статей и книг.

6. Во всех расчетах применяйте только единственно разрешенную к применению в РФ Международную систему единиц величин - систему СИ. Используйте русские условные обозначения единиц. Не забывайте, что условные обозначения единиц, связанные с именами собственными, пишутся с заглавной буквы, например, В, Гц, Ом и т.п.

7. Для снижения вероятности ошибок в процессе вычислений численные значения всех величин в расчетные формулы подставляйте в единицах СИ, заменяя приставки степенями числа 10. **В конечном результате обязательно укажите единицу величины (без скобок).** В необходимых случаях используйте кратные и дольные единицы.

Например, конечный результат целесообразно записать, например, как $U = 5,12$ мВ, тогда как в промежуточных вычислениях это же значение напряжения удобно записывать в виде $5,12 \cdot 10^{-3}$ В.

8. Все расчеты выполняйте с использованием такого количества значащих цифр, которого требует точность решения задачи (обычно не менее трех). Если известна (или рассчитана) погрешность результата, то при **окончательной** записи его следует округлить с учетом полученного значения погрешности. При этом руководствуйтесь следующими простыми правилами:

- при записи значения погрешности, задаваемой интервалом, т.е. с указанием символа \pm , следует использовать не более двух значащих цифр; Если цифра старшего разряда погрешности равна 3 или больше 3, то значение погрешности следует записать одной значащей цифрой.

- результат следует округлить таким образом, чтобы наименьшие разряды числовых значений результата измерений и погрешности были одинаковыми.

Например, если при измерениях (или расчете) Вы получили значение абсолютной погрешности измерения напряжения $\pm 1,372$ В, то его при окончательной записи надо округлить до значения $\pm 1,4$ В, то есть оставить всего две значащие цифры. Обратите внимание, что при этом следует учитывать все значащие цифры, а не только цифры после запятой. (**Проработайте по учебному пособию [1, стр. 13-14] или любому справочнику по математике определение понятия «значащие цифры»**). Затем надо округлить результат измерения (или расчета) таким образом, чтобы наименьшие разряды результата и погрешности были одинаковыми. Например, при погрешности $\pm 1,4$ В в результате $215,623$ В следует оставить разряд десятых долей вольта и окончательно его записать в виде **(215,6 \pm 1,4) В**.

Если значение погрешности оценено числом $\pm 2,612$ В, то его следует округлить до ± 3 В. Результат измерения при такой погрешности следует записать так: **(216 \pm 3) В**.

При такой форме записи погрешность четко характеризует неопределенность полученного результата.

Если погрешность найдена в форме доверительного интервала, рядом обязательно укажите соответствующую доверительную вероятность.

9. Обращайте внимание на аккуратность выполнения работы, располагайте Ваш текст свободно, начинайте решение каждой задачи с новой страницы тетради. Это позволит рецензенту дать Вам необходимые пояснения непосредственно в тексте.

10. В конце отчета приведите перечень использованной литературы, поставьте дату и подпись.

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Задание 1. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ПОГРЕШНОСТЕЙ [1, с. 3-28]

Вариант 1

В целях исследования характеристик генератора, номинальная частота которого $f_0 = 22700$ Гц, при неизменных внешних условиях получен ряд независимых измерений его частоты:

№	1	2	3	4	5	6
f , Гц	22645	22611	22678	22621	22621	22625

Определите систематическую и случайные составляющие погрешности частоты исследуемого генератора в предположении, что флуктуации частоты генератора имеют нормальный закон распределения; рассчитайте оценку среднего значения частоты по данному ряду наблюдений и ее доверительный интервал при доверительной вероятности 0,95. Можно ли считать доказанным наличие систематической погрешности частоты у данного генератора?

Вариант 2

Случайная погрешность прибора для измерения сопротивления изоляции имеет три независимые составляющие, средние квадратические значения которых равны 0,6 МОм, 0,2 МОм и 1,5 МОм соответственно. Определите значение результирующей средней квадратической погрешности прибора и доверительный интервал для однократного измерения сопротивления изоляции при доверительной вероятности 0,95. Сколько наблюдений надо сделать, чтобы в три раза уменьшить погрешность измерения среднего значения сопротивления изоляции? Закон распределения случайной погрешности прибора принять нормальным.

Вариант 3

При измерении в неизменных условиях затухания кабеля (A), номинальное значение которого 20,00 дБ, получен ряд измерений.

№	1	2	3	4	5	6	7
A , дБ	20,41	20,13	20,93	20,32	20,09	20,89	20,01

Считая, что погрешность измерения затухания имеет нормальный закон распределения, определите:

- среднюю квадратическую погрешность однократного измерения;
- результат измерения затухания и его среднюю квадратическую погрешность;
- доверительный интервал погрешности результата измерения при доверительной вероятности 0,95,
- систематическую погрешность определения затухания.

Можно ли считать доказанным наличие систематического отклонения затухания от номинального значения?

Вариант 4

При исследовании источника опорного напряжения с номинальным значением 4,000 В, получен ряд независимых измерений.

№	1	2	3	4	5	6	7
U , В	4,043	4,015	4,096	4,008	4,051	4,043	4,027

Определите систематическую и случайную (среднее квадратическое значение) составляющие погрешности этого источника опорного напряжения по данному ряду наблюдений. Найдите доверительный интервал для случайной погрешности определения среднего значения напряжения при доверительной вероятности 0,8. Можно ли считать доказанным наличие систематической погрешности этого источника по данному ряду наблюдений, если принять, что случайная составляющая погрешности измерения напряжения распределена по нормальному закону?

Вариант 5

При исследовании погрешности электронно-счетного частотомера в режиме измерения периода получен следующий ряд измерений.

№	1	2	3	4	5	6
T , мс	10,4981	10,4942	10,5018	10,4958	10,4963	10,4996

Определите систематическую и случайную составляющие погрешности частотомера по данному ряду наблюдений, если действительное значение частоты измеряемого сигнала $F_0 = 95,000$ Гц воспроизводится синтезатором частот с пренебрежимо малой погрешностью. Найдите доверительный интервал для случайной погрешности определения среднего значения периода при доверительной вероятности 0,9. Можно ли считать доказанным наличие систематической погрешности измерения периода по данному ряду измерений, если принять, что случайная составляющая погрешности распределена по нормальному закону?

Вариант 6

В результате многократных испытаний гальванометра установлено, что 95% погрешностей измерений, проведенных с его помощью, не превосходят ± 25 мкА. Считая, что погрешности распределены по нормальному закону с нулевым математическим ожиданием, определите:

- среднюю квадратическую погрешность прибора;
- доверительный интервал погрешности определения среднего значения тока по данным трех измерений с помощью этого гальванометра при доверительной вероятности 0,9.

Вариант 7

С помощью моста проведен ряд независимых измерений сопротивления образцового резистора $R_0 = 1300$ Ом.

№	1	2	3	4	5
R , Ом	1341	1336	1355	1329	1331

Определите значение систематической и случайной (среднее квадратическое значение) составляющих погрешности измерений. Найдите доверительный интервал для случайной погрешности определения среднего значения сопротивления при доверительной вероятности 0,9. Можно ли считать доказанным наличие систематической погрешности сопротивления этого резистора по данному ряду измерений, если принять, что случайная составляющая погрешности измерений распределена по нормальному закону?

Вариант 8

По результатам многократных испытаний измерительного моста установлено, что его погрешность при измерении малых сопротивлений имеет случайный характер, причем 985 наблюдений из 1000 дали погрешность менее 0,035 Ом. Полагая, что погрешность распределена по нормальному закону, оцените среднюю квадратическую погрешность однократного измерения сопротивления с помощью этого моста.

Сколько наблюдений потребуется, чтобы получить результат измерения сопротивления с погрешностью не более 0,004 Ом при доверительной вероятности 0,9?

Вариант 9

Известно, что разброс значений сопротивлений резисторов типа МЛТ одного номинала подчиняется нормальному закону. По данным измерения сопротивления 9 резисторов номинала 5,1 кОм, наугад выбранных из коробки, получены следующие значения (кОм):

4,992; 5,024; 5,321; 5,243; 4,925; 5,183; 5,074; 4,787, 5,143 .

Оцените:

- среднее значение сопротивления;
- абсолютное и относительное среднее квадратическое отклонение сопротивления резисторов данного номинала;
- доверительный интервал для оценки среднего значения сопротивления измеренных резисторов при доверительной вероятности 0,9.

Вариант 0

При неизменных условиях проведен ряд независимых измерений напряжения.

№	1	2	3	4	5
U , мВ	2590	2606	2632	2598	2625

Предполагая, что случайная погрешность имеет нормальный закон распределения, оценить:

- среднее значение измеряемого напряжения;
- среднюю квадратическую погрешность однократного измерения;
- среднюю квадратическую погрешность результата измерения;
- доверительный интервал погрешности результата измерения при доверительной вероятности 0,90.

Ввести поправку на известную систематическую погрешность, равную - (минус) 29 мВ, и записать, соблюдая правила, результат измерения вместе с доверительным интервалом.

Задание 2. ИЗМЕРЕНИЕ ТОКА И НАРЯЖЕНИЯ
[1, с. 58-75,

Указание: Задания этого раздела предполагают, что измеряемые сигналы – периодические. Для получения правильного результата следует по соответствующему рисунку определить период измеряемого сигнала. Вспомните или найдите в учебнике определение термина «период сигнала».

Вариант 1

Магнитоэлектрическим миллиамперметром класса точности 0,5 на пределе 1 мА измеряют ток периодического сигнала, форма которого показана на рис. 1.

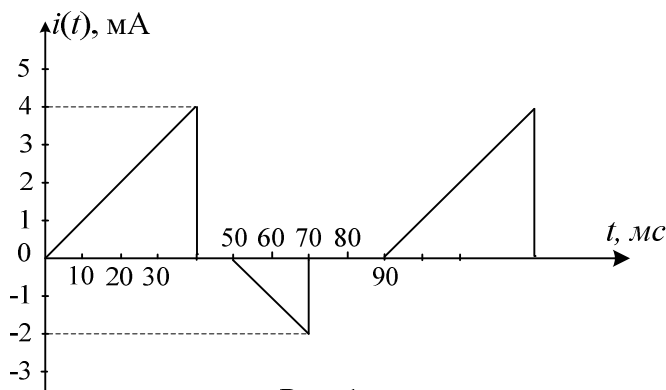


Рис. 1

Определите показания прибора,
оцените абсолютную и относительную погрешности измерения,
запишите в соответствии с правилами результат измерения.

Какое значение тока измеряет такой прибор?

Определите показания выпрямительного миллиамперметра класса точности 1,5 при измерении этого же сигнала на пределе 2,5 В.

Запишите результат измерения вместе с оценкой абсолютной погрешности.

Вариант 2

Электронным вольтметром постоянного напряжения, нормируемая относительная погрешность которого находится в пределах $\pm 2,0\%$, измеряют сигнал, форма которого показана на рис. 2.

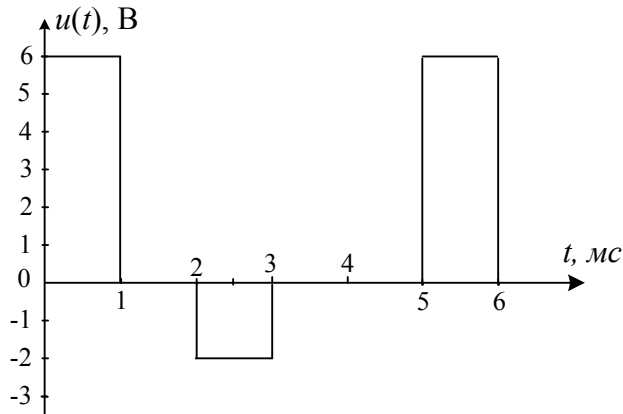


Рис. 2

Запишите результат измерения постоянной составляющей этого сигнала с оценкой абсолютной погрешности.

Изобразите на графике, как изменится этот сигнал при прохождении через RC – цепочку закрытого входа. Определите показания электронного вольтметра переменного напряжения с закрытым входом и выпрямительным преобразователем при измерении такого сигнала. Предел измерения этого вольтметра 2,5 В, а нормируемая относительная погрешность $\pm 1,5\%$.

Вариант 3

Форма кривой измеряемого периодического сигнала и его мгновенные значения показаны на рис. 3.

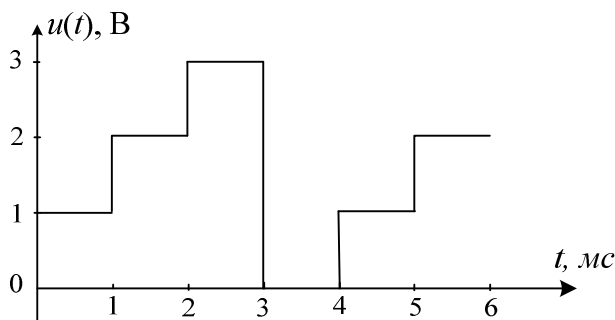


Рис. 3

Определите показания вольтметров среднеквадратического значения с открытым и закрытым входами на пределе 2,5 В. Оцените абсолютные погрешности этих измерений, если нормируемая относительная погрешность вольтметра с открытым входом составляет $\pm 1,5\%$, а вольтметра с закрытым входом $\pm 2,5\%$. Частотными погрешностями вольтметров пренебречь.

Вариант 4

Определите показания электронных вольтметров, в которых используются пиковые детекторы с открытым входом и с закрытым входом, при измерении напряжения, форма которого показана на рис. 4.

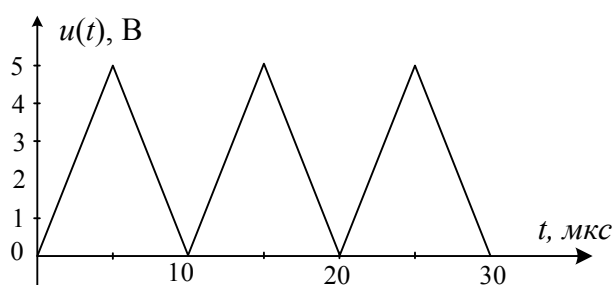


Рис. 4

Выберите нужные поддиапазоны измерения из ряда 1, 3, 10 или 30 В, оцените абсолютные погрешности измерения, запишите в соответствии с правилами результаты измерений. Нормируемые приведенные погрешности этих приборов $\pm 2,0\%$.

Вариант 5

Определите показания вольтметра постоянного напряжения (среднего значения) и вольтметра переменного напряжения с закрытым входом и выпрямительным преобразователем при измерении сигнала, форма которого показана на рис. 5.

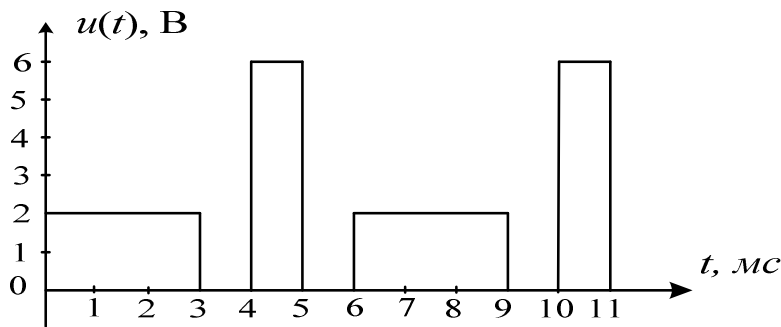


Рис. 5

У каждого прибора возможен выбор следующих пределов измерения: 0,5 ; 1 ; 3 и 10 В. Допускаемая основная приведенная погрешность этих приборов не превышает $\pm 2,0$ %. Для каждого прибора выберите необходимый предел, определите абсолютную погрешность, запишите в соответствии с правилами результаты измерения.

Вариант 6

Необходимо измерить напряжение сигнала, форма которого показана на рис. 6.

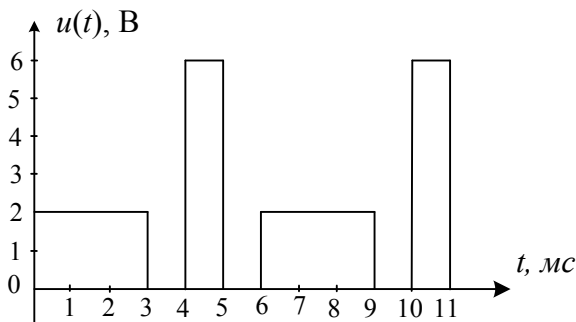


Рис. 6

Измерьте постоянную составляющую такого сигнала вольтметром постоянного напряжения класса точности 0,5. Изобразите форму сигнала на

выходе цепи закрытого входа в масштабе рис. 6, определите действующее значение переменной составляющей вольтметром среднего квадратического значения с закрытым входом, нормируемая относительная погрешность которого $\pm 1,5 \%$. Запишите результаты измерения постоянной и переменной составляющей исследуемого сигнала с оценками абсолютных погрешностей.

Вариант 7

Запишите показания вольтметров всех возможных модификаций (см. стр. 65 пособия [1]) при измерении напряжения сигнала, показанного на рис. 7.

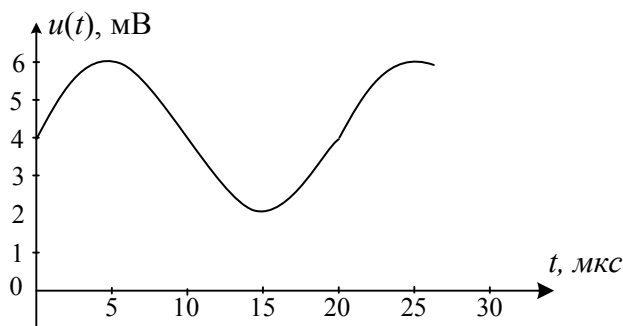


Рис. 7

Может показаться, что Вам достался очень сложный вариант, но это не так - задание очень простое и почти не требует расчетов. Это будет хорошей проверкой того, насколько Вами проработан соответствующий раздел темы «измерения напряжения и тока». Не забудьте, что показания даже самого простого вольтметра должно быть представлено тремя значащими цифрами.

Вариант 8

Вольтметрами постоянного и переменного напряжения с преобразователем среднего квадратического значения с открытым входом измеряют напряжение сигнала, форма которого показана на рис. 8.

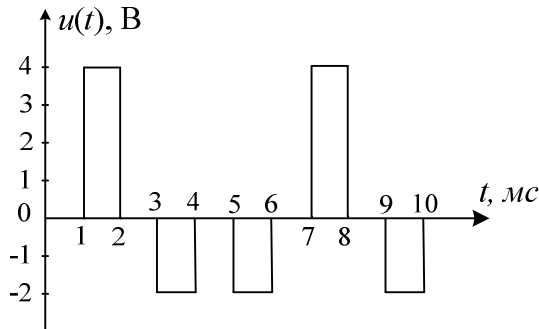


Рис. 8

Определите показания приборов, абсолютную и относительную погрешности измерения, если пределы нормируемых приведенных погрешностей приборов $\pm 2,5\%$. Вольтметры имеет следующие поддиапазоны измерения: 0,5, 1, 3, и 10 В.

Вариант 9

Определите показания вольтметра постоянного напряжения класса точности 0,5 и вольтметра среднего квадратического значения с закрытым входом при измерении периодического сигнала, форма которого показаны на рис. 9.

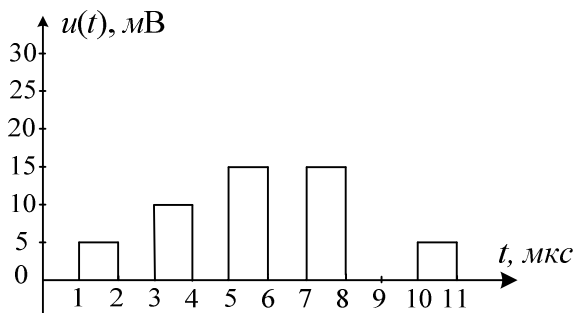


Рис. 9

Нормируемая относительная погрешность вольтметра переменного напряжения $\pm 1,5\%$. Запишите в соответствии с правилами результаты измерений вместе с оценками абсолютных погрешностей.

Вариант 0

Вольтметром постоянного напряжения класса точности 1,5 и электростатическим вольтметром класса точности 4,0 на пределе 250 В измеряют напряжение периодического сигнала, форма которого показана на рис. 10. Определите показания приборов, абсолютную и относительную погрешности измерения напряжения этими двумя вольтметрами. Запишите в соответствии с правилами результаты измерений.

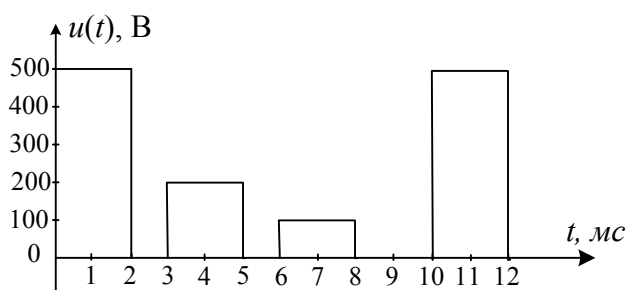


Рис. 10

**Задание 3. ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО ОСЦИЛЛОГРАФА
[1, с. 75-85]**

Вариант 1

На входы X и Y осциллографа поданы внешние развертывающие сигналы, форма которых показана на рис. 11. Постройте изображение, которое получится на экране осциллографа.

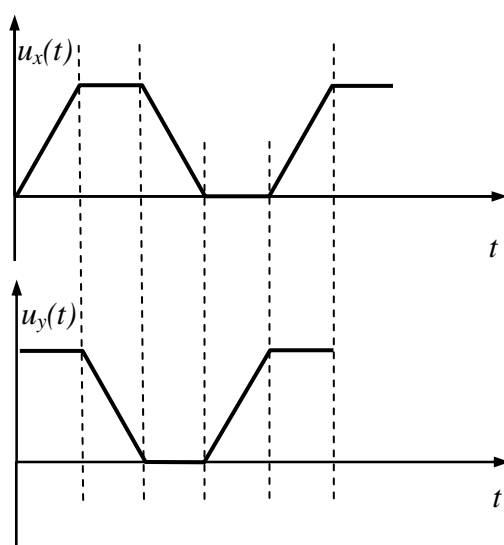


Рис.11

Вариант 2

На входы X и Y осциллографа поданы внешние развертывающие сигналы, форма которых показана на рис. 12. Постройте изображение, которое получится на экране осциллографа.

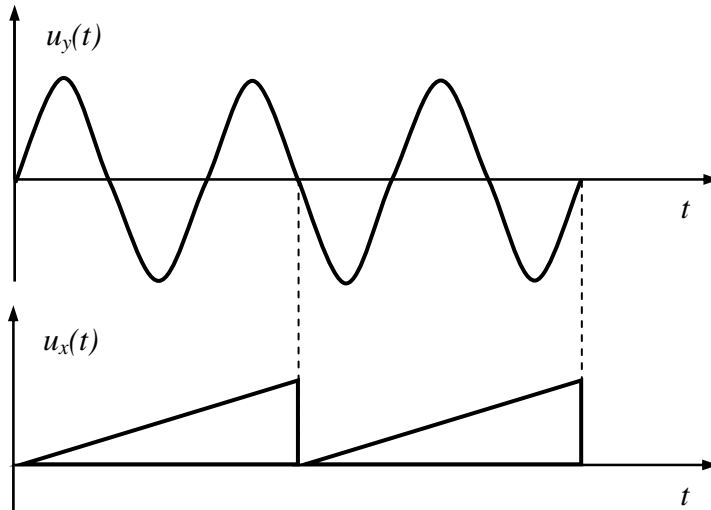


Рис.12

Вариант 3

На входы X и Y осциллографа поданы внешние развертывающие сигналы, форма которых показана на рис. 13. Постройте изображение, которое получится на экране осциллографа.

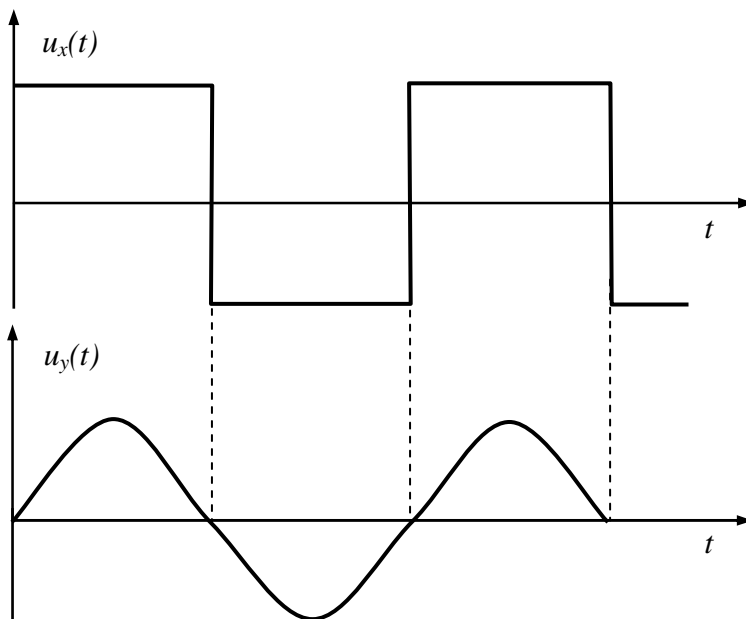


Рис.13

Вариант 4

С помощью осциллографа измеряют размах пилообразного сигнала методом сравнения с размахом (двойной амплитудой) регулируемого синусоидального сигнала. В момент равенства размахов измеряемого и эталонного сигналов вольтметр класса точности 1,5, измеряющий эталонный сигнал, показал 10 В. Определите размах пилообразного сигнала и погрешность измерения размаха. Проиллюстрируйте процедуру измерения соответствующими осциллограммами.

Вариант 5

После подачи на вход Y осциллографа исследуемого сигнала на экране получилось изображение, показанное на рис. 14. Найдите размах и частоту исследуемого сигнала, если переключатель коэффициента развертки канала X установлен в положение 5 мс/дел, а переключатель коэффициента отклонения канала Y установлен в положение 0,1 В/дел.

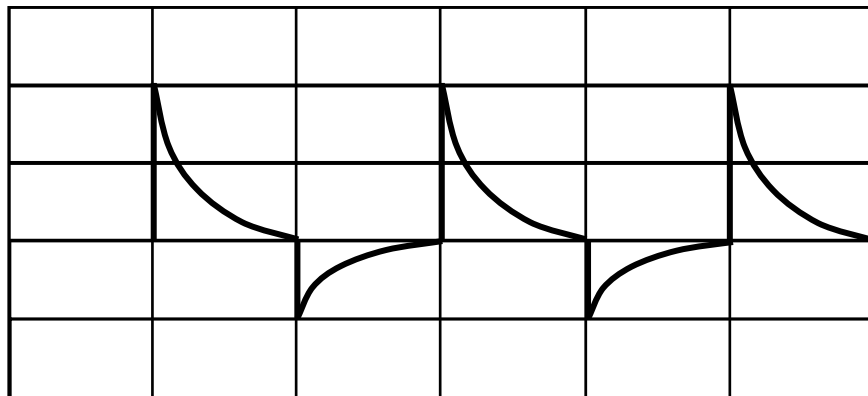


Рис.14

Вариант 6

Размах осциллограммы исследуемого синусоидального сигнала на экране осциллографа - 4,5 деления. Для калибровки на вход Y осциллографа подан импульсный сигнал 1,00 В, его размах на экране - 2,5 дел. Найдите действующее значение синусоидального сигнала. Проиллюстрируйте процедуру измерения соответствующими осциллограммами.

Вариант 7

Для измерения частоты синусоидального сигнала методом фигур Лиссажу этот сигнал был подан на вход Y осциллографа. Для сравнения на вход X был подан эталонный синусоидальный сигнал и после подстройки его частоты- на экране возникла неподвижная фигура, показанная на рис. 15.

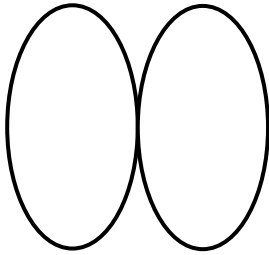


Рис.15

Частота эталонного сигнала равна 2367 Гц, а ее относительная погрешность $\pm 0,5\%$. Определите значение частоты измеряемого сигнала, оцените абсолютную погрешность измерения.

Вариант 8

Нарисуйте в одинаковом временном масштабе сигналы, которые надо подать на отклоняющие пластины X и Y электронно-лучевой трубки осциллографа, чтобы на экране получилось изображение в форме прямоугольника.

Вариант 9

На входы X и Y осциллографа поданы внешние развертывающие сигналы, форма которых показана на рис. 15. Постройте изображение, которое получится на экране осциллографа.

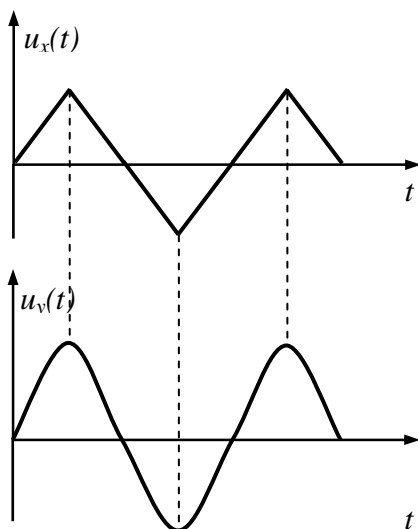


Рис. 15

Вариант 0

На экране осциллографа появилось изображение в виде окружности. Постройте для этого случая в одном и том же масштабе времени сигналы, поданные на вертикально и горизонтально отклоняющие пластины электронно-лучевой трубки осциллографа.

Задание 4. ЦИФРОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ И ИНТЕРВАЛОВ ВРЕМЕНИ [1, с. 31-52]

Вариант 0

Постройте график зависимости суммарной относительной погрешности электронно-счетного (цифрового) частотомера в режиме измерения частоты от частоты измеряемого сигнала в диапазоне 10 Гц - 10 МГц. Воспроизведите соответствующую формулу и назовите составляющие суммарной погрешности. Значение относительной погрешности опорного кварцевого генератора частотомера примите равным $\pm 5 \cdot 10^{-7}$. Время измерения (время счета) примите равным 10 с. При построении используйте логарифмический масштаб по осям координат. Оцените абсолютную погрешность измерения частоты сигнала 543210,9878 кГц при указанном времени счета. Запишите результат измерения с указанием всех значащих цифр, которые будут отображены на отсчетном устройстве частотомера.

Вариант 1

Необходимо измерить частоту сигнала 234557,8901 Гц с абсолютной погрешностью не более ± 10 Гц. Напишите формулу для суммарной абсолютной погрешности электронно-счетного частотомера в режиме измерения частоты. Назовите составляющие суммарной погрешности. Постройте график зависимости суммарной абсолютной погрешности цифрового частотомера в режиме измерения частоты указанного сигнала от времени счета в пределах от 10^{-3} с до 10 с. Значение относительной погрешности опорного кварцевого генератора частотомера примите равным $\pm 1 \cdot 10^{-6}$. Выберите время счета, обеспечивающее заданную погрешность измерения. При построении графика используйте логарифмический масштаб по осям координат.

Вариант 2

Оцените, с какой абсолютной погрешностью можно измерить период напряжения питающей сети, если отношение сигнал-шум в измеряемом сигнале 40 дБ. В распоряжении имеется цифровой частотомер со следующими характеристиками: относительная погрешность опорного кварцевого генератора находится в пределах $\pm 5 \cdot 10^{-6}$; частота меток времени, формируемых из сигнала опорного генератора, может быть установлена равной 0,1; 1 или 10 МГц. Напишите формулу для суммарной абсолютной погрешности измерения периода, назовите составляющие суммарной погрешности, выберите частоту меток времени, оцените абсолютную погрешность измерения периода частоты сети, запишите в соответствии с правилами (см. введение) возможный результат измерения.

Вариант 3

Постройте график зависимости суммарной абсолютной погрешности электронно-счетного частотомера в режиме измерения частоты от частоты измеряемого сигнала в диапазоне 10 Гц - 10 МГц. Напишите соответствующую формулу и назовите составляющие суммарной погрешности. Время счета, которое можно установить на частотомере с помощью переключателя, примите равным 0,1 с. Значение относительной погрешности опорного кварцевого генератора частотомера примите равным $\pm 2 \cdot 10^{-6}$. При построении графика используйте логарифмический масштаб по осям координат. С какой абсолютной погрешностью можно измерить таким прибором частоту сигнала 1234567,89 Гц. Запишите в соответствии с правилами возможный результат измерения.

Вариант 4

Постройте график зависимости суммарной относительной погрешности электронно-счетного частотомера в режиме измерения периода от периода измеряемого синусоидального сигнала в диапазоне от 10^{-6} с до 0,01 с. Напишите соответствующую формулу, расшифруйте все обозначения, назовите составляющие суммарной погрешности. Частоту меток времени, формируемых из сигнала опорного генератора, примите равной 100 МГц. Значение относительной погрешности частоты опорного генератора примите равным $\pm 5 \cdot 10^{-7}$, отношение сигнал-шум в измеряемом сигнале - 60 дБ. При построении графика используйте логарифмический масштаб по осям координат. Оцените диапазон измерений, в котором относительная погрешность измерения периода не превосходит 10^{-4} .

Вариант 5

Постройте график зависимости суммарной абсолютной погрешности электронно-счетного частотомера в режиме измерения периода от периода измеряемого синусоидального сигнала в диапазоне от 10^{-5} с до 0,1 с. Напишите соответствующую формулу, поясните все обозначения, назовите составляющую суммарной погрешности.

В расчетах Вам понадобятся следующие параметры цифрового частотомера:

- относительная погрешность опорного генератора частотомера не более $\pm 5 \cdot 10^{-7}$;
- частота меток времени 100 МГц;
- отношение сигнал-шум в измеряемом сигнале не менее 60 дБ.

При построении графика используйте логарифмический масштаб по осям координат. Оцените диапазон измерений, в котором абсолютная погрешность измерения периода находится в пределах ± 1 мкс.

Вариант 6

Имеется электронно-счетный частотомер со следующими параметрами: относительная погрешность опорного генератора не более $\pm 1 \cdot 10^{-7}$, допустимые значения времени счета – 10^{-4} , 10^{-3} , 10^{-2} , 0,1, 1 и 10 с, максимальная частота меток времени - 100 МГц. Оцените относительную погрешность измерения с помощью данного прибора частоты импульсного сигнала порядка 3,3456789 кГц в режимах измерения частоты и периода. Напишите соответствующие формулы, поясните обозначения и аргументируйте выбор режима работы частотомера с точки зрения достижения минимальной погрешности измерения. Запишите показания отсчетного устройства частотомера с указанием всех значащих цифр.

Вариант 7

Электронно-счетный частотомер имеющие следующие характеристики: относительная погрешность частоты внутреннего опорного кварцевого генератора в пределах $\pm 2 \cdot 10^{-7}$;

частота сигнала меток времени (в режиме измерения периода) - 1, 10, 100 кГц; 1, 10, 100 МГц;

относительная погрешность уровня запуска при измерении синусоидального сигнала при отношении сигнал-шум на входе не менее 60 дБ – в пределах $\pm 3 \cdot 10^{-4}$.

Постройте зависимость относительной погрешности измерения с помощью данного прибора периода синусоидального сигнала с частотой 333 Гц от частоты сигнала меток времени. Предварительно напишите соответствующую формулу, поясните все обозначения, назовите составляющие суммарной погрешности прибора в режиме измерения периода. Оцените минимально возможную абсолютную погрешность измерения указанного сигнала, запишите в соответствии с правилами (см. введение) возможный результат измерения. При построении графика используйте логарифмический масштаб.

Вариант 8

Серийный электронно-счетный частотомер имеют относительную погрешность частоты внутреннего опорного кварцевого генератора порядка $\pm 2 \cdot 10^{-7}$, максимальную частоту сигнала меток времени (в режиме измерения периода) 100 МГц, обеспечивает максимальное время счета в режиме измерения частоты 10 с. Постройте график относительной погрешности измерения частоты **импульсного** сигнала с помощью данного прибора как в режиме измерения частоты, так и в режиме измерения периода. Диапазон частот измеряемого сигнала принять равным 10 Гц - 10 МГц. При построении графика используйте логарифмический масштаб. Предварительно напишите соответствующие формулы для относительной погрешности в одном и другом режиме, поясните все обозначения, назовите источники погрешностей. Используя построенный график, оцените диапазоны частот, в которых целесообразно использовать тот или иной режим работы цифрового частотомера.

Вариант 9

Напишите формулу для суммарной абсолютной погрешности электронно-счетного частотомера в режиме измерения частоты. Поясните все обозначения, назовите составляющие суммарной абсолютной погрешности частотомера в режиме измерения частоты от частоты измеряемого сигнала в диапазоне 100 Гц- 100 МГц. Значение относительной погрешности частоты опорного кварцевого генератора частотомера примите равным $3 \cdot 10^{-7}$. Время счета примите равным 10 с, что является максимально возможным для серийных частотомеров. При построении графика используйте логарифмический масштаб по осям координат. Оцените абсолютную и относительную погрешности измерения частоты порядка 8,76543210123 МГц, запишите в соответствии с правилами возможный результат измерения.

Задание 5. ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Для выполнения этого задания Вам потребуется иметь под рукой основополагающие отечественные нормативные документы : Федеральные законы

1. «Об обеспечении единства измерений» , текст которого можно найти в Интернете по ссылке <http://www.rsk-k.ru/zak.html> и
2. «О техническом регулировании» (<http://www.consultant.ru/popular/techreg/>).

Указание: Засчитываются только формулировки, строго соответствующие определениям терминов, содержащихся в вышперечисленных федеральных законах! Определения терминов, приводимых в некоторых учебниках, не принимаются!

Вариант 0

Выпишите из закона «О техническом регулировании» определение термина «Подтверждение соответствия» и перечислите способы такого подтверждения.

Вариант 1

Перечислите основные задачи Росстандарта (Ростехрегулирования)

Вариант 2

Найдите в соответствующем законе указания на принципиальное различие требований, содержащихся в технических регламентах (с одной стороны) и в стандартах (с другой стороны).

Вариант 3

Найдите в тексте закона и перечислите принципы технического регулирования.

Вариант 4

Перечислите не менее пяти международных организаций, занимающихся вопросами стандартизации. Приведите их международные и русские названия.

Вариант 5

Выпишите из соответствующего закона определение термина «сертификация».

Вариант 6

Выпишите из соответствующего закона определение термина «аккредитация» и перечислите основные принципы аккредитации.

Вариант 7

Найдите в соответствующем законе и перечислите основные этапы аккредитации.

Вариант 8

Что представляет собой документ «Сертификат соответствия ГОСТ Р»

Вариант 9

Найдите и выпишите определение термина «Унификация».

УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОГО ЗАДАНИЯ

1. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ПОГРЕШНОСТЕЙ

Важнейшим понятием метрологии - науки об измерениях - является понятие единства измерений, такого состояния измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах, а погрешности измерений известны с заданной вероятностью.

Важно уметь различать составляющие результирующей погрешности измерений: систематическую и случайную. Влияние систематической погрешности на результат измерения, можно учесть, введя соответствующую поправку, поэтому при расчете и оценке систематической погрешности важно учитывать ее знак.

Значение и знак случайной погрешности предсказать нельзя, но, зная закон ее распределения, можно определить в каких границах и с какой вероятностью будет находиться ее значение. С этой целью в практике измерений широко пользуются понятиями доверительного интервала и доверительной вероятности. Значение доверительного интервала $\pm \Delta_{\text{дов}}$ при заданном значении доверительной вероятности может быть принято за оценку границ случайной погрешности измерений.

При измерениях часто предполагают, что имеют дело с нормальным законом распределения случайных погрешностей (любое предположение о характере закона распределения погрешности, вообще говоря, требует специальной проверки). Для расчета доверительного интервала значение вероятности необходимо задать. Так, при проведении технических измерений часто выбирают значение доверительной вероятности 0,95, которой соответствует при нормальном законе доверительный интервал ± 2 средних квадратических отклонения (σ). Такое значение доверительной вероятности показывает, что в среднем «только» в 5 случаях из 100 измерений есть риск полу-

чить погрешность измерения, превышающую рассчитанный доверительный интервал. Такой риск в большинстве случаев при проведении измерений не кажется большим, мы его «принимаем». Однако, например, если бы мы узнали, что в среднем в 5 случаях из 100 может попасть в аварию самолет, на котором мы собираемся лететь, то наверняка отказались бы от полета. Поэтому следует осознать, что выбор доверительной вероятности следует проводить с учетом ценности для нас получаемого результата.

При чтении условия первой задачи важно уяснить, дано ли Вам среднее квадратическое значение случайной погрешности σ (параметра нормального закона распределения погрешностей) или Вам придется находить оценку этого значения S по опытным данным. Методика расчета доверительного интервала для результата измерения будет для этих случаев различной.

Часто встречающаяся ошибка студентов при определении доверительного интервала заключается в том, что они забывают, что рассчитанные по выборке малого объема n (это число измерений) значения выборочных средних квадратических отклонений S и S_A есть всего лишь оценки, т.е. приближенные значения неизвестных величин σ и σ_A . Именно поэтому для них желательно использовать различные условные обозначения S и σ . При определении доверительного интервала случайной погрешности по выборке малого объема необходимо пользоваться не таблицами нормального распределения (или интеграла вероятности), а таблицей распределения Стьюдента. Эта таблица в краткой форме приведена в [1, стр. 22] и в полной форме - во многих справочниках и учебниках.

Доверительный интервал для результата измерений по выборке малого объема, рассчитанный с использованием таблиц коэффициента Стьюдента, получается несколько большим, чем рассчитанный с использованием таблиц нормального распределения. Это та «цена», которую надо «заплатить» за приближенное определение среднего квадратического отклонения по выборке малого объема. При $n > 20 \dots 30$ распределение Стьюдента практически совпадает с нормальным распределением и для определения доверительного

интервала можно пользоваться таблицей нормального распределения (интеграла вероятностей).

В некоторых вариантах первой задачи Вы можете столкнуться с необходимостью одновременного определения как случайной, так и систематической погрешностей. В этом случае систематическую погрешность можно оценить, как отклонение результата измерения (т.е. среднего арифметического) от действительного значения измеряемой величины, которое должно быть известно. Очевидно, что наличие случайной погрешности среднего арифметического приведет к тому, что и систематическую погрешность Вы сможете найти только приближенно, с погрешностью, определяемой случайной погрешностью среднего арифметического. Считать доказанным наличие систематической погрешности можно при этом только в вероятностном смысле - если систематическая погрешность будет больше, чем соответствующий доверительный интервал для результата измерений.

2. ИЗМЕРЕНИЕ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

При измерении напряжения и тока используют вольтметры и амперметры различных типов. В зависимости от конструкции, схемы и принципа действия различные приборы реагируют на одно из следующих значений напряжения (тока): среднее, среднее квадратическое (действующее), среднее выпрямленное, максимальное (пиковое). Следует тщательно проработать по учебному пособию (например, [1], с. 58-75) определения этих значений. Особенное внимание следует уделить анализу табл. 6.1 этого учебного пособия, в которой приведены упрощенные математические модели практически всех используемых вольтметров. (Вне этой таблицы находятся только так называемые селективные вольтметры и анализаторы спектра, принцип действия которых кратко изложен на стр. 73-74 Уч. пособия [1]). Обратите внимание, что в большинстве формул этой таблицы фигурируют определенные интегралы, описывающие операции усреднения измеряемых сигналов. Усредне-

ние (интегрирование) при измерении среднего значения напряжения и тока в электромеханических приборах осуществляется вследствие механической инерционности подвижной части прибора. Постоянная времени интегрирования составляет около 1 с. Это значение обычно во много раз больше периода сигналов, поэтому не кратность интервала интегрирования периоду измеряемого сигнала не вносит существенный вклад в суммарную погрешность измерения. Для нахождения показаний приборов при известной форме сигнала достаточно подставить известную функции $u(t)$ или $i(t)$ в соответствующее выражение, произвести интегрирование за период сигнала (аналитически или численно), и полученный результат даст решение задачи. С помощью этих же уравнений решается и обратная задача нахождения какого-либо параметра сигнала (например, размаха) по показаниям прибора. При осуществлении операции интегрирования полезно вспомнить геометрический смысл определенного интеграла (площадь, ограниченная графиком интегрируемой функции). Например, большинство импульсных сигналов, содержащихся в условиях задач, есть не что иное, как постоянные величины на определенном временном интервале. Не следует также забывать, что интеграл от алгебраической суммы функций равен сумме интегралов от этих функций. В некоторых случаях это свойство определенного интеграла позволяет существенно упростить интегрирование.

При определении показаний выпрямительных приборов, в которых используется магнитоэлектрический измерительный механизм с выпрямительным преобразователем – диодным мостом, следует учесть особенности их градуировки. Выпрямительные приборы реагирует на среднее значение модуля сигнала (среднее выпрямленное значение), а градуируются по среднему квадратическому (действующему) значению синусоидального напряжения (тока). Такое правило принято из тех соображений, чтобы показания приборов всех систем были бы одинаковы при измерении напряжений (токов) синусоидальной формы. Отношение среднего квадратического значения сигнала

ла к среднему выпрямленному называется коэффициентом формы этого сигнала. Коэффициент формы синусоидального сигнала

$$K_{\Phi} = \frac{U_{\text{ср.кв}}}{U_{\text{ср.в}}} = \frac{0,707 U_{\text{м.в}}}{0,636 U_{\text{м}}} = 1,11,$$

где $U_{\text{ср.кв}}$ - среднее квадратическое (действующее) значение,

$U_{\text{ср.в}}$ - среднее выпрямленное значение,

$U_{\text{м}}$ - максимальное значение синусоидального сигнала (амплитуда).

Таким образом, если учесть особенности градуировки выпрямительного прибора, то зависимость показаний его шкалы $U_{\text{с}}$ от формы сигнала $u(t)$ (уравнение преобразования) следует записать в виде:

$$U_{\text{с}} = 1,11 \frac{1}{T} \int_0^T |u(t)| dt.$$

При измерении синусоидального сигнала показание выпрямительного прибора будет равно среднему квадратическому значению, а при измерении сигналов произвольной формы в 1,11 раза больше, чем среднее выпрямленное значение данного сигнала. Строго говоря, эти приборы можно использовать только для измерения синусоидального сигнала.

Рассмотрим пример. Необходимо определить показания трех электро-механических приборов - вольтметров магнитоэлектрической, термоэлектрической и выпрямительной системы. На вход приборов подано напряжение, форма которого показана на рис. 7а. Максимальное значение сигнала $U_{\text{м}}=10\text{В}$. Такой сигнал можно записать в виде:

$$u(t) = \begin{cases} 5 \text{ В}, & 0 < t < 10 \text{ мс}, \\ 10 \text{ В}, & 10 \text{ мс} < t < 20 \text{ мс}, \\ 0, & 20 \text{ мс} < t < 30 \text{ мс}. \end{cases} \quad \text{Период сигнала } T = 30 \text{ мс (рис. 7а)}$$

Магнитоэлектрические приборы измеряют среднее значение (постоянную составляющую) сигнала. Если вспомнить, что определенный интеграл дает площадь, ограниченную графиком исследуемой функции, то нетрудно получить, что показания магнитоэлектрического вольтметра

$$U_{MЭ} = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt = \frac{5 \cdot 10 + 10 \cdot 10}{30} = 5,00 \text{ В}$$

Таким образом, для рассматриваемого сигнала (рис. 7а) при $U_m = 10 \text{ В}$ показания прибора будут равны 5,00 В. Аналогично можно решить обратную задачу - определить максимальное значение сигнала данной формы при известных показаниях вольтметра.

Термоэлектрический вольтметр измеряет среднее квадратическое (действующее) значение напряжения, следовательно, его показания

$$U_{ТЭ} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt} = \sqrt{\frac{25 \cdot 10 + 100 \cdot 10}{30}} = 6,50 \text{ В}$$

Показания выпрямительного вольтметра

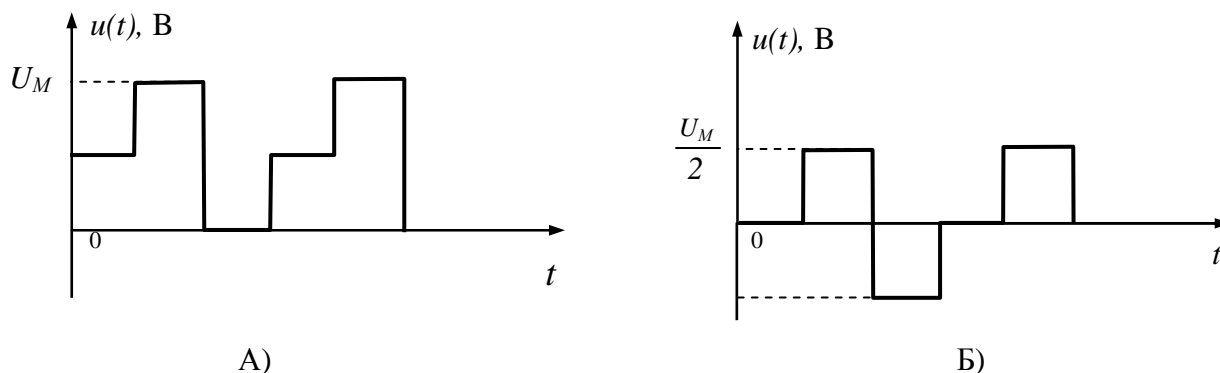
$$U_g = 1,11 \cdot U_{ср.в.} \text{ (см. стр. 26).}$$

Поскольку сигнал однополярный, операция выпрямления не влияет на форму сигнала. Таким образом, при $U_m = 10 \text{ В}$, $U_g = 5,55 \text{ В}$.

Применение простых электромеханических приборов постепенно сокращается. Для измерения постоянных и переменных напряжений, широко используют высокочувствительные электронные вольтметры, снабженные усилителями. В зависимости от типа используемого преобразователя электронные вольтметры переменного напряжения реагируют либо на среднее квадратическое, либо на максимальное (пиковое), либо на среднее выпрямленное значение входного напряжения. Однако градуировка всех вольтметров переменного напряжения производится по среднему квадратическому (действующему) значению синусоидального сигнала. Исключением из этого правила градуировки являются **импульсные** вольтметры, которые градуируют по **максимальному (амплитудному)** значению синусоидального сигнала.

Важно учесть, что подавляющее большинство электронных вольтметров имеет так называемые закрытые входы - непосредственно на входе прибора стоит разделительный конденсатор, не пропускающий постоянную составляющую \bar{U} измеряемого напряжения на преобразователь вольтметра. Это сделано для защиты приборов от перегрузок и возможности измерения

малых переменных напряжений в цепях с большой постоянной составляющей. Поэтому, например, при подаче на вход вольтметра с закрытым входом сигнала, показанного на рис. А, прибор фактически «будет иметь дело» с сигналом, показанным на рис. Б:



Уравнение преобразования для электронного вольтметра среднего квадратического значения (использующего преобразователь – квадратор) с закрытым входом имеет вид:

$$U_{\text{ср.кв.}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \{u(t) - \bar{U}\}^2 dt}$$

Именно такие приборы используют для градуировки всех других типов вольтметров. Зарубежные фирмы в описании таких вольтметров, как правило, указывают, что прибор измеряет «true rms value» - «настоящее (истинное) среднее квадратическое значение».

Уравнение преобразования для вольтметра, использующего амплитудный (пиковый) детектор с закрытым входом, можно записать таким образом:

$$U_{\text{пик}} = 0,707 \cdot \max \{u(t) - \bar{U}\}$$

Коэффициент 0,707 в этой формуле - следствие градуировки. При измерении синусоидального сигнала такой вольтметр покажет действующее значение напряжения. Амплитудные детекторы обычно ставят на входе прибора, выполняют в виде выносного узла (пробника). Главным достоинством

электронных вольтметров такого типа является широкий частотный диапазон.

Наконец, уравнение преобразования для электронного вольтметра с выпрямительным преобразователем можно записать так:

$$U_v = \frac{1,11 T}{T} \int_0^T |u(t) - \bar{U}| dt$$

Наличие коэффициента градуировки 1,11 позволяет использовать такие вольтметры для измерения действующего значения синусоидального сигнала. Для измерения сигналов другой формы эти приборы применять нельзя. Выпрямительные преобразователи используют для создания относительно простых и недорогих электронных вольтметров синусоидальных сигналов. Выпуск таких приборов в настоящее время существенно ограничен.

Таким образом, при измерении одного и того же синусоидального сигнала все электронные вольтметры с тремя рассмотренными типами преобразователей покажут одно и то же значение напряжения. Однако при измерении напряжения сигналов, форма которых отлична от синусоидальной, показания вольтметров с различными типами преобразователей могут существенно различаться.

Используя приведенные выше уравнение преобразования и зная форму измеряемого сигнала, можно найти показания электронного вольтметра. Это полезное упражнение для понимания принципа работы приборов. В обычной инженерной практике при измерении напряжения показания соответствующего вольтметра у нас перед глазами. Но, чтобы понять, что означает это число - надо принять во внимание:

- форму измеряемого сигнала,
- тип преобразователя, который используется в вольтметре,
- тип входа вольтметра,
- правило градуировки вольтметра,
- соответствие частотного диапазона вольтметра полосе частот измеряемого сигнала.

3. ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО ОСЦИЛЛОГРАФА

Осциллограф – прибор, предназначенный для наблюдения формы и измерения параметров электрических сигналов, в первую очередь мгновенных значений напряжения и интервалов времени. Сейчас выпускают осциллографы двух принципиально различных конструкций:

- цифровые (ЦО);
- аналоговые – электронно-лучевые осциллографы (ЭЛО).

Современному человеку значительно проще понять принцип работы цифрового осциллографа, основными узлами которого являются быстродействующий аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и блок памяти, содержимое которого в графической форме отображается на дисплее встроенного компьютера.

Основой аналогового осциллографа является электронно-лучевая трубка (ЭЛТ) с электростатическим отклонением пучка электронов. ЭЛТ имеет две пары отклоняющих пластин: вертикально отклоняющие пластины (ВОП или Y), расположенные горизонтально, и горизонтально отклоняющие пластины (ГОП или X), которые расположены вертикально. На инженерном жаргоне их называют «горизонтальными» и «вертикальными» пластинами не по расположению, а по назначению. Электронный прожектор и электронно-оптическая система формируют поток электронов, который возбуждает свечение люминофора, нанесенного на внутреннюю поверхность экрана ЭЛТ. Люминофор, покрывающий внутреннюю поверхность экрана ЭЛТ, светится под действием электронной бомбардировки, и в результате на экране отображается траектория перемещения электронного луча – получается осциллограмма. Осциллограммы повторяющегося (не обязательно периодического) сигнала быстро накладываются друг на друга, обеспечивая неподвижное изображение на экране. Сигналы, которые поступают на вертикально отклоняющие и горизонтально отклоняющие пластины ЭЛТ должны быть синхронны и синфазны – только в этом случае на экране получится неподвижное изображение осциллограммы. Объяснение принципов работы аналоговых осциллографов можно найти в учебном пособии [1], стр. 75-86, и во многих других учебниках.

4. ЦИФРОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ, ПЕРИОДА и ИНТЕРВАЛОВ ВРЕМЕНИ

Цифровые измерения таких величин как частота, период, интервал времени достаточно просто могут быть сведены к счету числа импульсов. Измерение частоты сигнала f_x , основано на подсчете количества периодов измеряемого сигнала (событий, колебаний, импульсов и т.п.) за известный

интервал времени Δt_0 (время счета), который формируют в приборе с высокой точностью из сигнала высокостабильного опорного кварцевого генератора. Определению частоты как количеству событий в единицу времени соответствует выражение $f_x = N/\Delta t_0$. Для того чтобы решить обратную задачу и показания счетчика - целое число N превратить в именованное число - частоту, при создании прибора на отсчетном устройстве указывают единицу физической величины (обычно кГц или МГц) и в нужном месте индикатора отображают десятичную точку. Например, при измерении частоты $f_x=1234567,8$ Гц за время $\Delta t_0 = 0,1$ с счетчик частотомера сосчитает $N=123456$ импульсов и показания цифрового отсчетного устройства прибора будут:

0	1	2	3	4,	5	6	кГц
---	---	---	---	----	---	---	-----

Обратите внимание, что цена единицы младшего разряда частотомера (эту характеристику называют разрешающей способностью) при времени измерения 0,1 с составляет 0,01 кГц. Поскольку при таком методе измерения непрерывная величина - частота оценивается целым числом, возникает специфическая погрешность – погрешность квантования. (В некоторых учебниках ее неудачно называют «погрешностью дискретности»). **Не следует путать термины «погрешность дискретности» и «погрешность дискретизации». Погрешность дискретизации обусловлена ограниченным быстродействием цифровых приборов (см. [1], стр. 32-33).**

Очевидно, что в рассматриваемом примере абсолютное значение погрешности квантования $\Delta_{кв}$ будет находиться в пределах $\pm 0,01$ кГц. В общем случае при измерении частоты $\Delta_{кв} = \pm 1/\Delta t_0$. При упрощенном анализе погрешность квантования принято считать случайной величиной.

Результирующая (суммарная) предельная относительная погрешность измерения частоты δ_f определяется двумя составляющими:

$$\delta_f = \pm \left(\delta_0 + \frac{1}{N} \right) = \pm \left(\delta_0 + \frac{1}{f_x \cdot \Delta t_0} \right),$$

где δ_0 - предельная погрешность опорного генератора, $\delta_{\text{кв}} = 1/N$ - предельная погрешность квантования (дискретности).

По этой формуле принято нормировать максимально допустимую погрешность электронно-счетных частотомеров в соответствии с ГОСТ 22335-77. Обратите внимание, что эта формула оценивает максимальное (предельно допустимое) значение относительной погрешности измерения частоты, поэтому символ \pm должен стоять перед всем выражением. Квадратичное сложение относительных погрешностей при нормировке погрешностей частотомеров использовать не принято.

При измерении периода сигналов и интервалов времени (длительности импульсов), счетчик прибора считает количество импульсов с известной частотой f_0 или с известным периодом $T_0 = 1/f_0$ (так называемых меток времени) за неизвестный интервал времени T_x (или Δt_x). В этом случае измеряемый период приближено оценивают выражением $T_x \approx N \cdot T_0$. Значение используемого периода меток времени определяет цену единицы младшего разряда результата измерения периода и, соответственно, предельное значение абсолютной погрешности квантования $\Delta_{\text{кв}} = \pm T_0$.

Результирующая (суммарная) максимальная относительная погрешность измерения периода δ_T складывается из трех составляющих:

$$\delta_T = \pm \left(\delta_0 + \frac{T_0}{T_x} + \delta_3 \right),$$

где δ_0 - погрешность опорного генератора, $\delta_{\text{кв}} = T_0/T_x$ - погрешность квантования (дискретности), δ_3 - погрешность уровня запуска.

Необходимо отметить, что погрешность уровня запуска в свою очередь складывается из нескольких составляющих: погрешности срабатывания формирующих устройств прибора, погрешности вследствие наличия шумов в измеряемом сигнале и т.п. При измерении периода синусоидального сигнала с амплитудой U_c при наличии шума с пиковым значением $U_{\text{ш}}$ максимальная относительная погрешность уровня запуска может быть оценена по формуле:

$$\delta_3 = \pm \frac{U_{ш}}{\pi \cdot U_c}$$

Обычно в метрологических характеристиках частотомеров указывают отношение сигнал-шум в децибелах ($20 \lg U_c/U_{ш}$), при котором гарантируется некоторое предельное значение погрешности уровня запуска при измерении частоты синусоидального сигнала. При измерении периода импульсного сигнала с крутыми фронтами (длительностью менее периода используемых меток времени T_0) погрешностью уровня запуска можно пренебречь по сравнению с погрешностью квантования.

Зная выражения для относительной погрешности электронно-счетного частотомера в том или ином режиме (измерения частоты или периода), нетрудно получить формулы для соответствующих суммарных абсолютных погрешностей. Абсолютная погрешность будет иметь аналогичные составляющие, но размерность этих составляющих (герцы или секунды) будет определяться размерностью измеряемой величины. Используйте проверку на размерность для проверки правильности Ваших математических преобразований исходных формул.

В большинстве вариантов задачи 4 при построении графиков целесообразно использовать логарифмический масштаб по осям координат, поскольку как измеряемые величины, так и погрешности изменяются по значению на много порядков. Обратите внимание, что для построения на обычной миллиметровой бумаге логарифмического масштаба достаточно вспомнить, что $\lg 1=0$, $\lg 10 = 1$, $\lg 100 = 2$, $\lg 0,01 = -2$ и т. д. Поэтому, например, сантиметровым делениям миллиметровой бумаги могут соответствовать значения частоты 1, 10, 100 Гц и т. д., значения периода 10^{-6} с, 10^{-5} с, 10^{-4} с, значения относительной погрешности 10^{-3} , 10^{-2} , 10^{-1} и т. д. Именно эти значения следует указывать на координатных осях (а не значения логарифмов).

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ
ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ (ЗАЧЕТУ)**

1. Основы метрологии и теории погрешностей [1, с.1-20]

1.1. Метрология, основные термины и определения. Единство измерений, величина, единица величины, измерение, средство измерения, метод измерения, результат измерения, погрешность измерения.

1.2. Классификация измерений по способу получения результата: прямые, косвенные, совокупные и совместные измерения.

1.3. Классификация методов измерения: методы непосредственной оценки и методы сравнения с мерой. Виды методов сравнения с мерой: противопоставлений, дифференциальный, нулевой, замещения, совпадений.

1.4. Основные единицы величин, применяемые в радиотехнике и технике связи. Внесистемные логарифмические единицы.

1.5. Эталоны и рабочие средства измерений. Назначение первичных, вторичных и рабочих эталонов. Меры электрических величин.

2. Виды погрешностей. Математическая обработка результатов измерений [1, с.20-28]

2.1. Классификация погрешностей: абсолютные и относительные погрешности, систематические, случайные и грубые погрешности, инструментальные и методические погрешности, аддитивные и мультипликативные погрешности.

2.2. Систематические погрешности. Способы обнаружения и устранения .

2.3. Законы распределения случайных погрешностей. Нормальный закон распределения и его параметры. Равномерное распределение и распределение Симпсона.

2.4. Понятия доверительного интервала и доверительной вероятности.

2.5. Правила суммирования систематических и случайных погрешностей.

2.8. Погрешности косвенных измерений.

2.7. Обработка результатов прямых измерений. Оценка погрешностей измерений. Стандартные формы и правила представления результатов измерений.

3. Средства измерений , нормирование погрешностей

3.1. Классификация средств измерений: мера, измерительный преобразователь, измерительный прибор, измерительная установка, измерительная система.

3.2. Метрологические характеристики средств измерений.

3.3. Нормирование погрешностей, классы точности средств измерений.

4. Основные положения цифровых методов измерения [1, с.31-41]

4.1. Дискретизация и квантование измеряемого сигнала. Структура цифровых измерительных приборов.

4.2. Типы и основные характеристики аналого-цифровых преобразователей, области применения АЦП различных типов.

4.3. Источники погрешностей аналого-цифровых преобразователей. Погрешность квантования.

5. Измерение тока и напряжения [1, с. 58-74];

5.1. Методы измерения тока и напряжения: метод непосредственной оценки, метод сравнения, основные требования к вольтметрам и амперметрам.

5.2. Характеристики измеряемых величин: мгновенное, амплитудное, пиковое, среднее, среднее квадратическое и среднее выпрямленное значения тока и напряжения. Коэффициенты амплитуды и формы.

5.3. Электромеханические приборы: магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические амперметры и вольтметры: принцип действия, свойства, область применения, погрешности.

5.4. Термоэлектрические и выпрямительные амперметры и вольтметры: принцип действия, свойства, градуировка шкал, области применения, погрешности.

5.5. Электронные вольтметры: структурные схемы, типы преобразователей, свойства, области применения.

5.6. Вольтметры на основе амплитудных детекторов. Импульсные вольтметры.

5.7. Электронные вольтметры, использующие преобразователи средневыпрямленного и среднеквадратического значения.

5.8. АЦП времяимпульсного типа.

5.9. Кодоимпульсные АЦП с поразрядным уравниванием.

6. Генераторы измерительных сигналов [1, с. 86-91];

6.1. Назначение, классификация и основные метрологические характеристики измерительных генераторов.

6.2. Структурные схемы измерительных генераторов звуковых, высоких и сверхвысоких частот.

6.3. Генераторы импульсных сигналов: виды области применения, упрощенная структурная схема.

7. Наблюдение, измерение и исследование формы электрических сигналов

[1, с. 75-85];

7.1. Электронные осциллографы: назначение, классификация, типовая структурная схема, основные метрологические характеристики.

7.2. Генератор развертки осциллографа: назначение, режимы работы, основные требования.

7.3. Внешние развертки осциллографа: виды, способы получения, области применения.

7.4. Синхронизация развертки: задачи синхронизации, виды синхронизации, особенности синхронизации непрерывной и ждущей разверток.

7.5. Калибраторы амплитуд и длительности осциллографа: назначение, основные требования. Измерения с помощью осциллографа. Источники погрешностей.

7.6. Цифровые осциллографы – их основные преимущества перед аналоговыми осциллографами.

8. Измерение частотно-временных параметров и анализ спектров сигналов

[1, с. 41-58]

8.1. Классификация методов измерения частоты: методы непосредственной оценки и методы сравнения, общая характеристика, сравнительная оценка методов.

8.2. Осциллографические методы измерения частоты при использовании синусоидальной и круговой разверток, сущность методов, области применения, источники погрешностей.

8.5. Измерение частоты методом дискретного счета: сущность метода, структурная схема цифрового частотомера, принцип действия, источники погрешностей.

8.6. Измерение временных интервалов методом дискретного счета: сущность метода, структурные схемы цифровых измерителей, источники погрешностей.

8.7. Осциллографические методы измерения разности фаз гармонических сигналов: по осциллограммам сигналов, с помощью синусоидальной и круговой разверток. Источники погрешностей.

8.8. Компенсационный метод измерения разности фаз: сущность метода, источники погрешностей.

8.9. Измерение разности фаз методом преобразования в постоянное напряжение: сущность метода, структурная схема, источники погрешностей.

8.10. Цифровой фазометр импульсного типа: принцип действия, обобщенная структурная схема, источники погрешностей.

8.12. Методы анализа спектров сигналов. Основные метрологические характеристики анализаторов спектра.

8.13. Измерение нелинейных искажений: определение коэффициента нелинейных искажений и коэффициента гармоник, структурные схемы измерителей нелинейных искажений, принцип действия, источники погрешностей.

9. Автоматизация измерений

[1, с. 38- 41]

9.1. Основные направления автоматизации измерений. Классификация измерительных систем.

9.2. Основные принципы построения измерительных систем.

9.3. Стандартные интерфейсы измерительных систем: RS 232, МЭК 625, GP-IB. Структура, основные характеристики интерфейсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ленцман, В. Л. Метрология, техническое регулирование и радиоизмерения : учебное пособие /. – СПб. : Изд-во «Теледом» ГОУВПО СПбГУТ. – СПб., 2010. – 96 с.
2. Нефедов В. И. и др. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах. Учебник для вузов . М. Высшая школа. 2005г. 599с.
3. Ким К.К. и др. Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника. / Москва. : «Питер» 2006.- 368 с.

Примечание: В последнее время издано очень большое количество учебников, рассматривающих вопросы метрологии и электро- и радиоизмерений.

Каждый из этих учебников имеет свою специфику. Посмотрите в библиотеке несколько из них и выберите тот, который Вам покажется более понятным!

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	1
КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ	4
Задание 1. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ПОГРЕШНОСТЕЙ	4
Задание 2. ИЗМЕРЕНИЕ ТОКА И НАРЯЖЕНИЯ	9
Задание 3. ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО ОСЦИЛЛОГРАФА	16
Задание 4. ЦИФРОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ И ИНТЕРВАЛОВ ВРЕМЕНИ	20
Задание 5. ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ	26
УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОГО ЗАДАНИЯ.....	28
1. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ПОГРЕШНОСТЕЙ	28
2. ИЗМЕРЕНИЕ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ	30
3. ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛКТРОННО-ЛУЧЕВОГО ОСЦИЛЛОГРАФА	36
4. ЦИФРОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ, ПЕРИОДА и ИНТЕРВАЛОВ ВРЕМЕНИ	36
ПРИЛОЖЕНИЕ	40
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	<u>45</u>
Литература	