Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электроэнергетика

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Оценочные материалы по дисциплине Метрология и информационно-измерительная техника

Москва
2024

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Серов Н.А. Идентификатор: R708da564-SerovNA-06ab7859	Н.А. Серов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Кузнецов О.Н. Идентификатор: Rf1ad9303-KuznetsovON-34bc149	О.Н. Кузнецов
Заведующий выпускающей кафедрой	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Тульский В.Н. Идентификатор: R292b173d-TulskyVN-7e812984	В.Н. Тульский

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ОПК-7 Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности

ИД-1 Выбирает средства измерения, проводит измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Проверка задания

1. Контрольное задание 1 (Контрольная работа)
2. Контрольное задание 2 (Контрольная работа)
3. Контрольное задание 3 (Контрольная работа)
4. Контрольное задание 4 (Контрольная работа)
5. Контрольное задание 5 (Контрольная работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Защита лабораторной работы 1 (Коллоквиум)
2. Защита лабораторной работы 13 (Коллоквиум)
3. Защита лабораторной работы 5 (Коллоквиум)
4. Защита лабораторной работы 6 (Коллоквиум)

БРС дисциплины

4 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %									
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9
	Срок КМ:	4	8	12	16	16	16	16	16	
Общие понятия метрологии. Термины и определения. Погрешности измерений.										
Общие понятия метрологии. Термины и определения. Погрешности измерений.		+				+				
Общая характеристика аналоговых электроизмерительных устройств										
Общая характеристика аналоговых			+				+			

электроизмерительных устройств									
Общая характеристика цифровых электроизмерительных устройств									
Общая характеристика цифровых электроизмерительных устройств		+				+			
Измерение токов и напряжений									
Измерение токов и напряжений			+				+		
Измерение параметров цепей постоянного и переменного тока									
Измерение параметров цепей постоянного и переменного тока			+				+		
Измерение мощности и энергии									
Измерение мощности и энергии			+				+		
Исследование формы сигналов									
Исследование формы сигналов			+	+			+	+	+
Измерение частоты и угла сдвига фаз									
Измерение частоты и угла сдвига фаз			+	+			+	+	+
Вес КМ:	15	10	10	10	15	10	15	15	

$Общая часть/Для промежуточной аттестации$

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ОПК-7	ИД-1$_{ОПК-7}$ Выбирает средства измерения, проводит измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность	Знать: методы и особенности измерения электрических и неэлектрических физических величин общую характеристику, принцип действия, конструкцию аналоговых и цифровых электроизмерительных устройств погрешности измерений, классификация, формы нормирования, способы оценки погрешностей измерений Уметь: оценивать погрешности результатов измерений производить выбор средств измерений в зависимости от характеристик исследуемых величин эксплуатировать средства измерений в соответствии	Контрольное задание 1 (Контрольная работа) Контрольное задание 2 (Контрольная работа) Контрольное задание 3 (Контрольная работа) Контрольное задание 4 (Контрольная работа) Защита лабораторной работы 1 (Коллоквиум) Защита лабораторной работы 5 (Коллоквиум) Защита лабораторной работы 6 (Коллоквиум) Защита лабораторной работы 13 (Коллоквиум) Контрольное задание 5 (Контрольная работа)

		с их назначением и техническими характеристиками	

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-. Контрольное задание 5

Формы реализации: Проверка задания
Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа
Вес контрольного мероприятия в БРС:
Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольное мероприятие предназначено для оценки достижения обучающимися части запланированных результатов обучения по дисциплине и этапа формирования запланированной компетенции. Проверка выполняется в течении 5 дней с момента сдачи работы студентом.

Краткое содержание задания:
Контрольное мероприятие направлено на оценку освоения компетенций по вопросам, связанным с темой “Основные понятия теоретической метрологии”.
Индивидуальное задание состоит из двух вопросов на знания и одного вопроса на умения.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: эксплуатировать средства измерений в соответствии с их назначением и техническими характеристиками	1.Случайная погрешность измерения напряжения распределена по закону равномерной плотности и имеет математическое ожидание, равное нулю. Вероятность того, что значение погрешности превысит 1,8 мкВ, равна 0,2. Определите дисперсию погрешности. 2.Случайная погрешность измерения напряжения распределена по закону равномерной плотности. Значения математического ожидания и дисперсии погрешности равны соответственно 9 мВ и 27 мВ2. Определите вероятность того, что погрешность не превысит по модулю 6 мВ. 3.Случайная погрешность измерения напряжения распределена по закону равномерной плотности. Известны вероятности того, что значение погрешности не превысит 200 и 300 мкВ. Они соответственно равны 0,25 и 0,5. Определите дисперсию погрешности. 4.Случайная погрешность измерения напряжения распределена по закону равномерной плотности. Вероятность того, что значение погрешности не превысит 100 мкВ, равна 0,1. Вероятность того, что значение погрешности превысит 500 мкВ, тоже равна 0,1. Определите математическое ожидание погрешности. 5.Случайная погрешность измерения напряжения распределена по закону равномерной плотности. Нижняя граница интервала распределения имеет нулевое значение. Среднеквадратическое значение равняется 3,5 мкВ. Определите вероятность того, что погрешность не

	выйдет за пределы интервала [6…15] мкВ. 6.Случайная погрешность измерения напряжения распределена по закону равномерной плотности. Известны значения плотности вероятности и математического ожидания: соответственно 2мВ-1 и –100 мкВ. Определите вероятность того, что значение погрешности по модулю превысит 100 мкВ. 7.Случайная погрешность измерения напряжения D распределена по закону Симпсона с математическим ожиданием и среднеквадратическим отклонением равными соответственно нулю и 0,4 мВ. Определите вероятность попадания D в интервал [–1,0 мВ; 1,0 мВ]. 8.Случайная погрешность измерения напряжения D распределена по закону Симпсона. Математическое ожидание D равняется нулю. Вероятность того, что ½D½ > 0,9 мВ, равняется 0,01. Определите максимально возможное значение D. 9.Случайная погрешность измерения напряжения D распределена по закону Симпсона. Математическое ожидание D равняется нулю. Максимальное значение плотности вероятности равняется 4 мВ-1. Определите дисперсию погрешности D. 10.Случайная погрешность измерения напряжения D распределена по закону Симпсона. Ее максимальное значение равняется 2,0 мВ. Математическое ожидание погрешности равняется нулю. Определите вероятность попадания D в интервал [–1,0 мВ; 1,0 мВ]. 11.Вольтметром класса точности 0,5 с диапазоном показаний (0…0,3) В, со шкалой, содержащей 150 делений, и входным сопротивлением не менее 10 кОм в нормальных условиях измеряется напряжение постоянного тока на зажимах источника, имеющего выходное сопротивление не более 100 Ом. С округлением до 1 дел. по шкале сделан отсчет: 131 дел. Представьте результат измерения с указанием погрешности для доверительной вероятности, равной 0,95. 12.Вольтметром класса точности 0,5 с диапазоном измерений (0…100) В и входным сопротивлением от 90 до 110 кОм в условиях, отличающихся от нормальных только температурой, значение которой составляет 35 оС, измеряется напряжение постоянного тока на зажимах источника, имеющего выходное сопротивление, равное 10 кОм. Измеренное значение составляет 50,0 В. Погрешность отсчитывания пренебрежимо мала. Представьте результат измерения с указанием

	погрешности для доверительной вероятности, равной 0,99 13. Вольтметром класса точности 0,2 с диапазоном измерений (0…1)В, со шкалой, содержащей 200 делений, и входным сопротивлением, равным 5 кОм в нормальных условиях измеряется напряжение постоянного тока на зажимах источника, имеющего выходное сопротивление от 50 до 100 Ом. С округлением до 1 дел. по шкале сделан отсчет: 100 дел. Представьте результат измерения с указанием погрешности для доверительной вероятности, равной 0,95. 14.Цифровым омметром класса точности 0,02/0,01 с диапазоном измерений (0…200) Ом в условиях, отличающихся от нормальных только температурой, значение которой составляет 28 оС , измеряется сопротивление объекта, соединенного с прибором двухпроводной линией связи. Сопротивление каждого из проводов не превышает 0,05 Ом. Измеренное значение составляет 150,00 Ом. Представьте результат измерения с указанием погрешности для доверительной вероятности, равной 0,99. 15.Амперметром класса точности 2,5 с диапазоном измерений (0…300) А, со шкалой, содержащей 30 делений, и входным сопротивлением, равным 0,01 Ом при температуре 25 оС измеряется ток источника, имеющего выходное сопротивление не менее 0,25 Ом. С округлением до 1дел. по шкале сделан отсчет: 25 дел. Нормальная область значений температуры амперметра — (20 ± 5) оС. Представьте результат измерения с указанием погрешности для доверительной вероятности, равной 0,9.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5
Нижний порог выполнения задания в процентах: 90
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4
Нижний порог выполнения задания в процентах: 75
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3
Нижний порог выполнения задания в процентах: 50
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-1. Контрольное задание 1

Формы реализации: Проверка задания
Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа
Вес контрольного мероприятия в БРС: 15
Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольное мероприятие предназначено для оценки достижения обучающимися части запланированных результатов обучения по дисциплине и этапа формирования запланированной компетенции. Проверка выполняется в течении 5 дней с момента сдачи работы студентом.

Краткое содержание задания:

Контрольное мероприятие направлено на оценку освоения компетенций по вопросам, связанным с темой “Основные понятия теоретической метрологии”.
Индивидуальное задание состоит из трех вопросов на знания и одного вопроса на умения.

Контрольные вопросы/задания:

<table>
<tr><td>Знать: погрешности измерений, классификация, формы нормирования, способы оценки погрешностей измерений</td><td>1.Что такое абсолютная погрешность?
2.Что такое относительная погрешность?
3.Что такое приведенная погрешность?
4.Чем различаются диапазон показаний и диапазон измерений?
5.Что такое нормирующее значение?
6.Определение основной погрешности.
7.Определение дополнительной погрешности.
8.Что такое нормальные условия?
9.Что такое рабочие условия?
10.Определение класса точности средств измерений.
11.Какие технические средства относятся к средствам измерений?
12.Какие выводы делаются после проведения поверки измерений?
13.Как должны соотноситься показатели точности эталонного и поверяемого средств измерений?
14.Каковы правила округления значения погрешностей?
15.Что такое единство измерений?</td></tr>
<tr><td>Уметь: оценивать погрешности результатов измерений</td><td>1.Имеем два вольметра:
1. Кл.т. 1,0; диапазон показаний 0-30В;
2. Кл.т. 0,5; диапазон показаний 0-150В.
Измеряемый сигнал примерно 10В.
Какой вольтметр проведет более точные измерения?
2.Найти предельно-допустимые погрешности для измерительного прибора
<table>
<tr><td>Класс точности</td><td>Диапазон показаний</td><td>Показание</td><td>Предельно-допустимое значение основной абсолютной погрешности</td><td>Предельно-допустимое значение основной относительной погрешности</td></tr>
<tr><td>1,0</td><td>100В</td><td>50В</td><td></td><td></td></tr>
</table>
3.Найти предельно-допустимые погрешности для измерительного прибора
<table>
<tr><td>Класс точности по относительной</td><td>Диапазон показаний</td><td>Показание</td><td>Предельно-допустимое значение</td><td>Предельно-допустимое значение</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

погрешности			основной абсолютной погрешности	основной относительной погрешности
1,0	100В	50В		

4.Найти предельно-допустимые погрешности для измерительного прибора

Класс точности	Диапазон показаний	Показание	Предельно-допустимое значение основной абсолютной погрешности	Предельно-допустимое значение основной относительной погрешности
1,0/0,5	100В	50В		

5. Вольтметром класса точности **A** с диапазоном показаний **B** и входным сопротивлением **C** проводится измерение напряжения. Сопротивление источника сигнала лежит в диапазоне от 0 до **D**. Температура воздуха может быть от +20°С до **E** °С. Температурная погрешность вольтметра равна половине основной на каждые 10°С. Показание вольтметра равно **F**. Представить результат измерения с вероятностью Р=1.

Исходные данные в задании:

A	B	C	D	E	F
0,5	10В	20кОм	1кОм	+60град	5В

6. Вольтметром класса точности **A** с диапазоном показаний **B** и входным сопротивлением **C** проводится измерение напряжения. Сопротивление источника сигнала лежит в диапазоне от 0 до **D**. Температура воздуха может быть от +20°С до **E** °С. Температурная погрешность вольтметра равна половине основной на каждые 10°С. Показание вольтметра равно **F**. Представить результат измерения с вероятностью Р=1.

Исходные данные в задании:

A	B	C	D	E	F
0,1	15В	500кОм	1кОм	+50град	3В

7. Вольтметром класса точности **A** с диапазоном показаний **B** и входным сопротивлением **C** проводится измерение напряжения. Сопротивление источника сигнала лежит в диапазоне от 0 до **D**. Температура воздуха может быть от +20°С до **E** °С. Температурная погрешность вольтметра равна половине основной на каждые 10°С. Показание вольтметра равно **F**. Представить результат измерения с вероятностью Р=1.

Исходные данные в задании:

A	B	C	D	E	F
0,2	15В	20кОм	1кОм	+40град	10В

8. Вольтметром класса точности **A** с диапазоном показаний **B** и входным сопротивлением **C** проводится измерение напряжения. Сопротивление источника сигнала лежит в диапазоне от 0 до **D**. Температура воздуха

может быть от +20°С до **E** °С. Температурная погрешность вольтметра равна половине основной на каждые 10°С. Показание вольтметра равно **F**. Представить результат измерения с вероятностью Р=1.

Исходные данные в задании:

A	B	C	D	E	F
4,0	10В	1 МОм	10кОм	+30град	10В

9. Вольтметром класса точности **A** с диапазоном показаний **B** и входным сопротивлением **C** проводится измерение напряжения. Сопротивление источника сигнала лежит в диапазоне от 0 до **D**. Температура воздуха может быть от +20°С до **E** °С. Температурная погрешность вольтметра равна половине основной на каждые 10°С. Показание вольтметра равно **F**. Представить результат измерения с вероятностью Р=1.

Исходные данные в задании:

A	B	C	D	E	F
1,5	150В	50 кОм	1 кОм	+15град	100В

10. Вольтметром класса точности **A** с диапазоном показаний **B** и входным сопротивлением **C** проводится измерение напряжения. Сопротивление источника сигнала лежит в диапазоне от 0 до **D**. Температура воздуха может быть от +20°С до **E** °С. Температурная погрешность вольтметра равна половине основной на каждые 10°С. Показание вольтметра равно **F**. Представить результат измерения с вероятностью Р=1.

Исходные данные в задании:

A	B	C	D	E	F
1,0	5В	500 кОм	5 кОм	+50град	3В

11. Вольтметром класса точности **A** с диапазоном показаний **B** и входным сопротивлением **C** проводится измерение напряжения. Сопротивление источника сигнала лежит в диапазоне от 0 до **D**. Температура воздуха может быть от +20°С до **E** °С. Температурная погрешность вольтметра равна половине основной на каждые 10°С. Показание вольтметра равно **F**. Представить результат измерения с вероятностью Р=1.

Исходные данные в задании:

A	B	C	D	E	F
1,5	15В	50 кОм	5 кОм	+30град	10В

12.Найти значения дополнительных (температурных) абсолютной и относительной погрешностей

Класс точности	Диапазон показаний	Показание	Коэффициент влияния температуры, %/10 град С	Диапазон возможных значений температуры, град С	Предельно-допустимое значение дополнительной (температурной) абсолютной погрешности	Предельно-допустимое значение дополнительной (температурной) относительной погрешност

						и
1,0	0-100В	50В	+/- 1,0	0-40		

13.Найти значения дополнительных (температурных) абсолютной и относительной погрешностей

Класс точности	Диапазон показаний	Показание	Коэффициент влияния температуры, %/10 град С	Диапазон возможных значений температуры, град С	Предельно-допустимое значение дополнительной (температурной) абсолютной погрешности	Предельно-допустимое значение дополнительной (температурной) относительной погрешности
0,5	0-10В	5В	+/- 0,5	10-35		

14.Найти значения дополнительных (температурных) абсолютной и относительной погрешностей

Класс точности	Диапазон показаний	Показание	Коэффициент влияния температуры, %/10 град С	Диапазон возможных значений температуры, град С	Предельно-допустимое значение дополнительной (температурной) абсолютной погрешности	Предельно-допустимое значение дополнительной (температурной) относительной погрешности
0,2	0-20В	10В	+/- 0,2	15-50		

15.Найти значения дополнительных (температурных) абсолютной и относительной погрешностей

Класс точности	Диапазон показаний	Показание	Коэффициент влияния температуры, %/10 град С	Диапазон возможных значений температуры, град С	Предельно-допустимое значение дополнительной (температурной) абсолютной погрешности	Предельно-допустимое значение дополнительной (температурной) относительной погрешности
0,1	0-1В	0,5В	+/- 0,1	10-40		

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Все ответы верные и точные. Незначительные погрешности в представлении результатов

Оценка: 4
Нижний порог выполнения задания в процентах: 75
Описание характеристики выполнения знания: Один из ответов неверный.

Оценка: 3
Нижний порог выполнения задания в процентах: 50
Описание характеристики выполнения знания: Два ответа неверные.

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: 3 и более ответов неверные.

КМ-2. Контрольное задание 2

Формы реализации: Проверка задания
Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа
Вес контрольного мероприятия в БРС: 10
Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольное мероприятие предназначено для оценки достижения обучающимися части запланированных результатов обучения по дисциплине и этапа формирования запланированной компетенции. Проверка выполняется в течении 5 дней с момента сдачи работы студентом. Студенты письменно решают два индивидуальных контрольных задания на практические навыки. При оформлении требуется привести теоретическое обоснование выбранного варианта решения.

Краткое содержание задания:
Контрольное мероприятие направлено на оценку освоения компетенций по вопросам, связанным с темой “Прямые и косвенные измерения”.
Задание Кз1-N. Задание на прямое измерение с однократным наблюдением с использованием аналоговых и цифровых средств измерений.
Задание Кз2-N. Задание на косвенное измерение с однократным наблюдением с использованием аналоговых и цифровых средств измерений.
Ответы записываются в установленной форме.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: общую характеристику, принцип действия, конструкцию аналоговых и цифровых электроизмерительных устройств	1.Что такое прямое измерение? 2.Что такое косвенное измерение? 3.Нужно ли проводить расчет результата при прямом измерении? 4.Нужно ли проводить расчет результата при косвенном измерении? 5.Как связана точность результата с измеряемыми величинами при прямом и косвенном измерении?
Уметь: производить выбор средств измерений в зависимости от характеристик исследуемых величин	1.**Задание Кз1-1.** **измерение напряжения** Дано:V: $U_к$=250 В; $\alpha_к$=100 дел; $\alpha_{отс}$=87,2; γ=0,5; $\gamma_{д,t}$=0,5%/10°С; Группа СИ - 4; $R_{вх}$=500 кОм; $R_{вых}$= 0-10 кОм Найти: а) $U_{изм}$; $\Delta_{п,в}$; $\Delta_{п,н}$; $P_д = 1$; б) $U_{изм,попр}$; $\Delta_п$; $P_д = 1$; 2.**Задание Кз1-2.** **измерение напряжения**

Дано:V: U_k=10 В; 0,02 / 0,005; U_X=2 В;
$\delta_{Д,t}$ = (0,02/0,01) % / 10°C; $\delta_{Д,Uc}$ = (0,02/0,005) % / 10%U_c;
Группа СИ - 3; $R_{вх}$=1МОм; $R_{вых}$= 0-100 Ом

Найти:

а) $U_{изм}$; $\Delta_{п,в}$; $\Delta_{п,н}$; $P_д$ = 1;
б) $U_{изм.попр}$; $\Delta_п$; $P_д$ = 1;

3.Задание Кз1-3.
измерение тока

Дано:А: I_k=10 А; α_k=50 дел; $\alpha_{отс}$=45,6; γ=1,5; $\gamma_{д,t}$=0,5%/10°C;
Группа СИ - 4; R_A=1 Ом; $R_{вых}$= 0-100 Ом

Найти:

а) $I_{изм}$; $\Delta_{п,в}$; $\Delta_{п,н}$; $P_д$ = 1;
б) $I_{изм,попр}$; $\Delta_п$; $P_д$ = 1;

4.Задание Кз1-4.
измерение напряжения

Дано:V: U_k=30 В; γ=0,2; α_k=60 дел; $\alpha_{отс}$=52,4; $\gamma_{д,t}$=0,2%/10°C;
Группа СИ - 3; $R_{вх}$=50 кОм; $R_{вых}$= (0-0,15) кОм

Найти:

а) $U_{изм}$; $\Delta_{в,п}$; $\Delta_{н,п}$; $P_д$ = 1;
б) $U_{изм.попр}$; $\Delta_п$; $P_д$ = 1;

5.Задание Кз1-5.
измерение напряжения

Дано:V: U_k=200 В; 0,1/0,05; U_X=100 В;
$\delta_{Д,t}$=(0,05/0,02)%/10°C; $\delta_{Д,Uc}$=(0,02/0,01)%/10%U_c;
Группа СИ - 3;$R_{вх}$=100 кОм; $R_{вых}$= 0-100 Ом

Найти:

а) $U_{изм}$; $\Delta_{п,в}$; $\Delta_{п,н}$; $P_д$ = 1;
б) $U_{изм,попр}$; $\Delta_п$; $P_д$ = 1;

6.Задание Кз1-6.
измерение тока

Дано:А: I_k=200 мкА; I_X=100 мкА; 0,1/0,02; $t_{изм}$= 40°C;
$\delta_{Д,t}$=(0,1/0,05)%/10°C; $\delta_{Д,Uc}$=(0,05/0,02)%/10%U_c;
R_A=250 Ом; $R_{вых}$= 0-750 кОм

Найти:

а) $I_{изм}$; $\Delta_{п,в}$; $\Delta_{п,н}$; $P_д$ = 1;
б) $I_{изм,попр}$; $\Delta_п$; $P_д$ = 1;

7.Задание Кз1-7.
измерение напряжения

Дано:V: U_k=500 мВ;0,05/0,02; U_X=100 мВ;
$\delta_{Д,t}$=(0,02/0,01)%/10°C; $\delta_{Д,Uc}$=(0,02/0,01)%/10%U_c;
Группа СИ – 4; $R_{вх}$=10 кОм; $R_{вых}$= 0-10 Ом

Найти:

а) $U_{изм}$; $\Delta_{п,в}$; $\Delta_{п,н}$; $P_д$ = 1;
б) $U_{изм.попр}$; $\Delta_п$; $P_д$ = 1;

8.Кз2-1.

измерение P по P=U^2/R

Дано: V: U_k=300 В; 0,1/0,05; U_X=100 В;
R: R_k=100 кОм; 0,05/0,02; R_X=20 кОм;

Найти: $P_{изм}$; $\Delta_{п,о}$; $\delta_{п,о}$

9.Кз2-2.

2. Задача: измерение P по P=I^2R

Дано: A: I_k=2 А; 1,5; I_X=2 А;
R: R_k=1000 Ом; 0,2; R_X=500 Ом;

Найти: $P_{изм}$; $\Delta_{п,о}$; $\delta_{п,о}$

10.Кз2-3.

3. Задача: измерение S по S=UI

Дано: V: U_k=150 В; 0,2/0,05; U_X=100 В;
A: I_k=10 А; 0,25/0,1; I_X =8 А;

Найти: $S_{изм}$; $\Delta_{п,о}$; $\delta_{п,о}$

11.Кз2-4.

	4. Задача: измерение P по $P=U^2/R$ Дано: V: U_k=30 В; 0,1/0,05; U_X=10 В; R: R_k=10 кОм; 0,05/0,02; R_X=5,0 кОм; Найти: $P_{изм}$; $\Delta_п$; $\delta_п$ 12.**Кз2-5.** 5. Задача: измерение R_x по $R_x = R_1 \| R_2$ Дано: R: R_k=10 кОм; δ=0,2/0,1; R_1=5 кОм; R: R_k=1 кОм; γ=0,2; R_2=0,5 кОм; Найти: $R_{изм}$; $\Delta_{п,о}$; $\delta_{п,о}$ 13.**Кз2-6.** 6. Задача: измерение cos(φ) по cos(φ) =P/UI Дано: V: U_k=10 В; 0,5/0,2; U_X=5 В; A: I_k=100 мА; 1,0/0,5; I_X =25 мА; P: P_k=250 мВт; 0,5/0,1; P_X=75 мВт; Найти: $\cos(\varphi)_{изм}$; $\Delta_{п,о}$; $\delta_{п,о}$ 14.**Кз2-7.** 12. Задача: измерение P по P=UIcos(φ) Дано: V: U_k=20 В; 0,2; U_X=15 В; A: I_k=200 мА; 1,0; I_X=120 мА; cos(φ): $\cos(\varphi_k)$=1; 0,5; cos(φ)=0,7; Найти: $P_{изм}$; $\Delta_{п.о}$; $\delta_{п.о}$

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5
Нижний порог выполнения задания в процентах: 90
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4
Нижний порог выполнения задания в процентах: 75
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач50

Оценка: 3
Нижний порог выполнения задания в процентах: 50
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-3. Контрольное задание 3

Формы реализации: Проверка задания
Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа
Вес контрольного мероприятия в БРС: 10
Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольное мероприятие предназначено для оценки достижения обучающимися части запланированных результатов обучения по дисциплине и этапа формирования запланированной компетенции. Проверка выполняется в течении 5 дней с момента сдачи работы студентом.

Краткое содержание задания:
Контрольное мероприятие направлено на оценку освоения компетенций по вопросам, связанным с темой “Аналоговые измерительные приборы”.

Индивидуальное задание состоит из двух вопросов на знания и одного вопроса на умения.

Контрольные вопросы/задания:

<table>
<tr><td>Знать: методы и особенности измерения электрических и неэлектрических физических величин</td><td>1.Как различаются метрологические характеристики электромеханических и электронных аналоговых измерительных приборов?
2.Какой системы используется электромеханический измерительный механизм как составная часть электронного аналогового измерительного прибора?
3.Какие основные метрологические характеристики электронного вольтметра амплитудного значения?
4.Какие основные метрологические характеристики электронного вольтметра средневыпрямленного значения?
5.Какие основные метрологические характеристики электронного вольтметра среднеквадратического значения?
6.Какую погрешность определяет класс точности аналогового измерительного прибора?
7.Какому значению измеряемого сигнала пропорциональны показания электронного вольтметра амплитудного значения?
8.Какому значению измеряемого сигнала пропорциональны показания электронного вольтметра средневыпрямленного значения?
9.Какому значению измеряемого сигнала пропорциональны показания электронного вольтметра среднеквадратического значения?
10.Какие частотное диапазоны имеют электронные вольтметры?</td></tr>
<tr><td>Уметь: эксплуатировать средства измерений в соответствии с их назначением и техническими характеристиками</td><td>1.Имеем магнитоэлектрический измерительный механизм с током полного отклонения Iполн. откл., номинальным сопротивлением обмотки рамки Rрамки, предельным отклонением сопротивления обмотки рамки от номинального значения δо,п, Rрамки .
Рассчитать значение добавочного сопротивления Rдобав для получения вольтметра с диапазоном показаний 0-Uнорм.
Предельное отклонение значения добавочного сопротивления от номинального значения δо, добав.
Найти предельное значение основной погрешности вольтметра δо,п, вызванной отклонениями сопротивлений Rрамки и Rдобав от номинальных значений.
Результаты внести в таблицу.

<table>
<tr><th>Iполн. откл.</th><th>Rрамки</th><th>δо,п, Rрамки</th><th>0-Uнорм</th><th>Rдобав</th><th>δо, добав</th><th>δо,п</th></tr>
<tr><td>0,1 мА</td><td>1кОм</td><td>5,0%</td><td>10В</td><td></td><td>0,05%</td><td></td></tr>
</table>

2.Имеем магнитоэлектрический измерительный механизм с током полного отклонения Iполн. откл. , номинальным сопротивлением обмотки рамки Rрамки, предельным отклонением сопротивления обмотки рамки от номинального значения δо,п, Rрамки .
Рассчитать значение шунтирующего сопротивления Rшунта для получения амперметра с диапазоном показаний 0-Iнорм.</td></tr>
</table>

Предельное отклонение значения шунтирующего сопротивления от номинального значения **δо, шунта.**
Найти предельное значение основной погрешности амперметра **δо,п**, вызванной отклонениями сопротивлений **Rрамки** и **Rшунта** от номинальных значений
Результаты внести в таблицу.

Iполн. откл.	**Rрамки**	**δо,п, Rрамки**	**0-Iнорм**	**Rшунта**	**δо, шунта**	**δо,п**
10мА	**1кОм**	**0,2%**	**10А**		**0,1%**	

3. Усилитель с последовательной отрицательной обратной связью по напряжению с коэффициентом усиления **Ку = К/(1+Кβ),** где **К-** номинальный коэффициент усиления собственно усилителя, **β** – номинальный коэффициент передачи звена обратной связи. Предельные относительные значения отклонений от номинальных значений **К и β**: **δК,п** и **δβ,п** указаны в таблице. Найти номинальное значение **Ку** и предельное отклонение **Ку** от номинального значения **δКу,п**, вызванное отклонениями от номинальных значений **К и β**.

Результаты внести в таблицу.

К	**β**	**δК,п**	**δβ,п**	**Ку**	**δКу,п**
10 в степени +5	**10 в степени -3**	**+/- 10%**	**+/- 0,1%**		

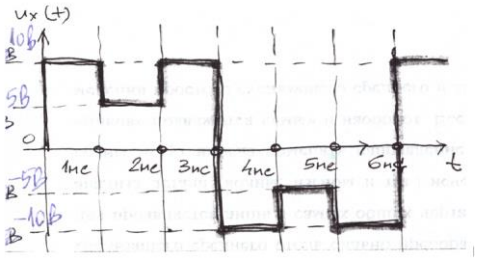
4.
Усилитель с последовательной отрицательной обратной связью по напряжению с коэффициентом усиления **Ку = К/(1+Кβ),** где **К** - коэффициент усиления собственно усилителя (**Kmin** -минимальный коэффициент усиления собственно усилителя), **β** – номинальный коэффициент передачи звена обратной связи. Определить значение **Ку** при значении **К** , стремящимся к бесконечности. Найти относительную погрешность **Ку - δК,min** , вызванную отличием **К** от бесконечности.
R - входное сопротивление собственно усилителя. Определить входное сопротивление усилителя с последовательной отрицательной обратной связью по напряжению **Rвх,у** для **Kmin** и максимальное значение относительной погрешности взаимодействия **δвз,max** при диапазоне изменения выходного сопротивления источника сигнала от **0** до **Rсиг, max.**

Результаты внести в таблицу.

Kmin	**β**	**Ку**	**δК,min**	**R**	**Rвх,у**	**Rсиг, max**	**δвз,max**
10 в	**10 в**			**10к**		**10к**	

степени +5	**степени - 3**						

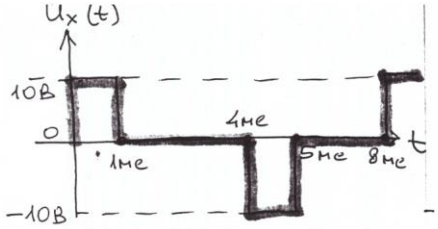
Найти показания вольтметров: выпрямительного и термоэлектрическ измерении следующего напряжения.
Учесть только влияние формы на показания приборов.



Показание выпрямительного вольтметра: _____

5. **Показание термоэлектрического вольтметра:_____**

Найти показания вольтметров: выпрямительного и термоэлектрического при измерении следующего напряжения.
Учесть только влияние формы на показания приборов.

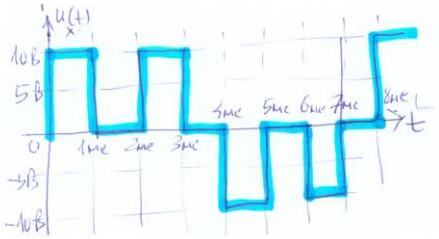


Показание выпрямительного вольтметра: _____

Показание термоэлектрического вольтметра:_____

6.

Найти показания вольтметров: выпрямительного и термоэлектрического при измерении следующего напряжения.
Учесть только влияние формы на показания приборов.



Показание выпрямительного вольтметра: _____

Показание термоэлектрического вольтметра:_____

7.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5
Нижний порог выполнения задания в процентах: 90
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4
Нижний порог выполнения задания в процентах: 75
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-4. Контрольное задание 4

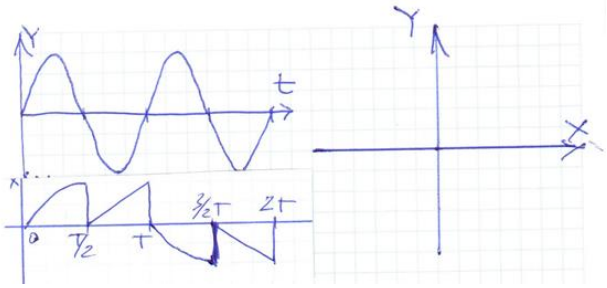
Формы реализации: Проверка задания
Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа
Вес контрольного мероприятия в БРС: 10
Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольное мероприятие предназначено для оценки достижения обучающимися части запланированных результатов обучения по дисциплине и этапа формирования запланированной компетенции. Проверка выполняется в течении 5 дней с момента сдачи работы студентом.

Краткое содержание задания:
Основные метрологические характеристики электронно-лучевых осциллографов и цифровых осциллографов.
Цифровые измерительные приборы.

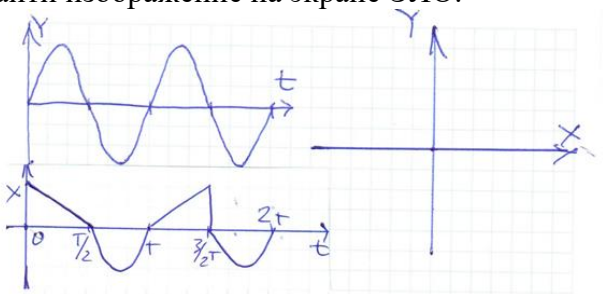
Контрольные вопросы/задания:

<table>
<tr>
<td>Уметь: эксплуатировать средства измерений в соответствии с их назначением и техническими характеристиками</td>
<td>1. Проводим измерения амплитудного значения прямоугольных импульсов. Получены следующие измеренные значения по вертикальной оси отклонения ЭЛО Y: L1, L2, L3.
Максимальная абсолютная погрешность отсчитывания длины отрезка L +/- 0,5 мм.
Номинальное значение коэффициента отклонения по оси Y – Ky,ном.
Предельно допустимое отклонение Ky от номинального значения - δKy,пр.

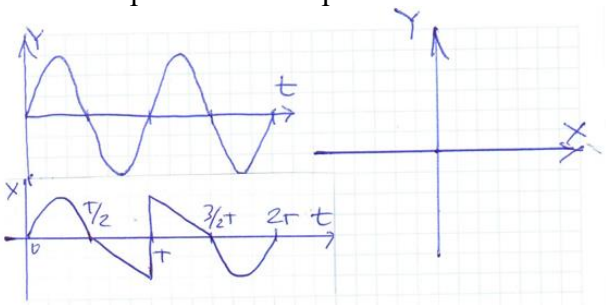
Найти результаты измерения амплитудных значений: U1,амп; U2,амп; U3,амп и предельно допустимые погрешности для полученных результатов: δ1,пр, δ2,пр, δ3,пр.
Результаты внести в таблицу.
<table>
<tr><th>L1,см</th><th>L2,см</th><th>L3,см</th><th>Ky,ном</th><th>δKy,пр</th><th>U1,амп</th><th>U2,амп</th><th>U3,амп</th><th>δ1,пр</th><th>δ2,пр</th><th>δ3,пр</th></tr>
<tr><td>10,0</td><td>5,0</td><td>1,0</td><td>1,0 В/см</td><td>+/- 3,0%</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>
2. На входе вертикального отклонения Y ЭЛО действует синусоидальное напряжение.
На входе горизонтального отклонения ЭЛО действует напряжение, представленное в задании. Генератор развертки ЭЛО выключен.
Найти изображение на экране ЭЛО.</td>
</tr>
</table>



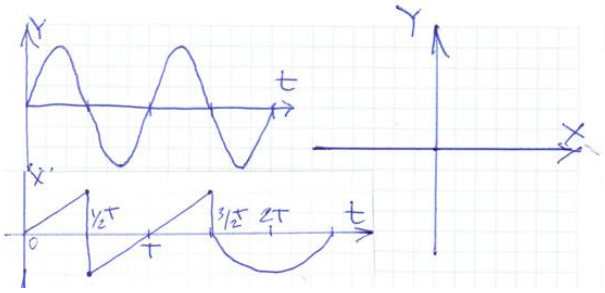
3. На входе вертикального отклонения Y ЭЛО действует синусоидальное напряжение.
На входе горизонтального отклонения ЭЛО действует напряжение, представленное в задании. Генератор развертки ЭЛО выключен.
Найти изображение на экране ЭЛО.



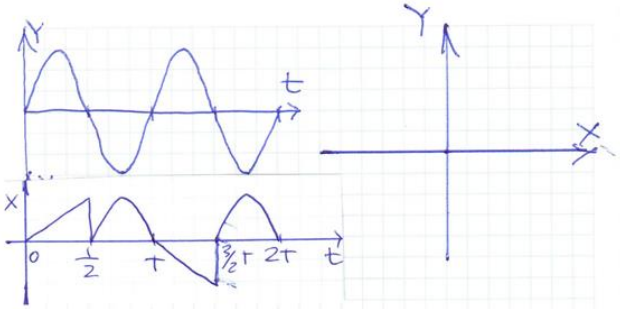
4.На входе вертикального отклонения Y ЭЛО действует синусоидальное напряжение.
На входе горизонтального отклонения ЭЛО действует напряжение, представленное в задании. Генератор развертки ЭЛО выключен.
Найти изображение на экране ЭЛО.



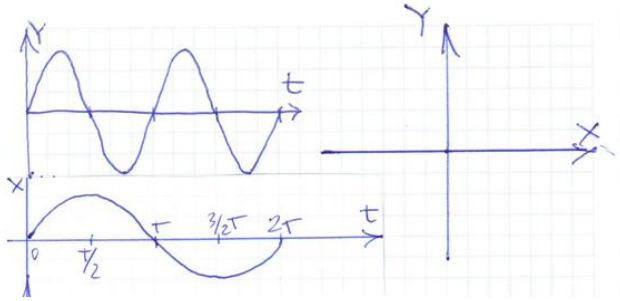
5.На входе вертикального отклонения Y ЭЛО действует синусоидальное напряжение.
На входе горизонтального отклонения ЭЛО действует напряжение, представленное в задании. Генератор развертки ЭЛО выключен.
Найти изображение на экране ЭЛО.



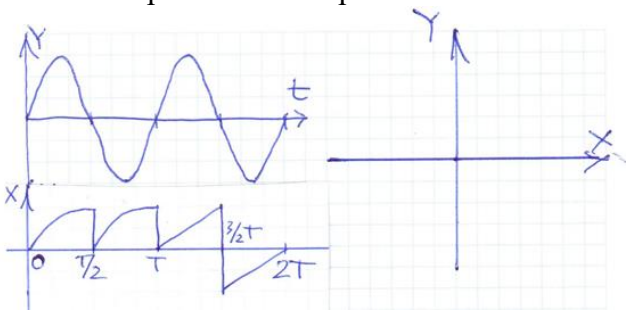
6.На входе вертикального отклонения Y ЭЛО действует синусоидальное напряжение.
На входе горизонтального отклонения ЭЛО действует напряжение, представленное в задании. Генератор развертки ЭЛО выключен.
Найти изображение на экране ЭЛО.



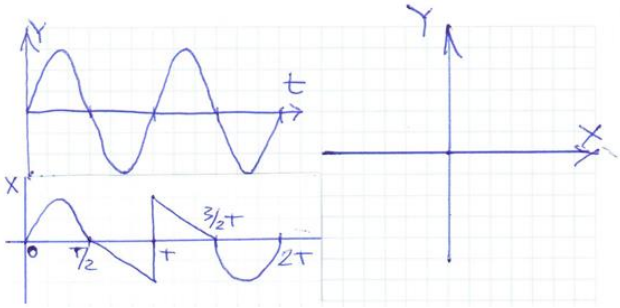
7.На входе вертикального отклонения Y ЭЛО действует синусоидальное напряжение.
На входе горизонтального отклонения ЭЛО действует напряжение, представленное в задании. Генератор развертки ЭЛО выключен.
Найти изображение на экране ЭЛО.



8.На входе вертикального отклонения Y ЭЛО действует синусоидальное напряжение.
На входе горизонтального отклонения ЭЛО действует напряжение, представленное в задании. Генератор развертки ЭЛО выключен.
Найти изображение на экране ЭЛО.

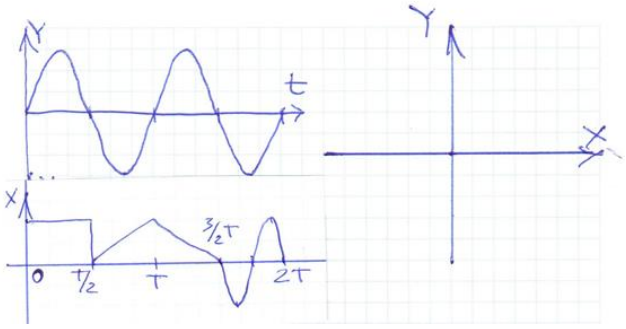


9.На входе вертикального отклонения Y ЭЛО действует синусоидальное напряжение.
На входе горизонтального отклонения ЭЛО действует напряжение, представленное в задании. Генератор развертки ЭЛО выключен.
Найти изображение на экране ЭЛО.

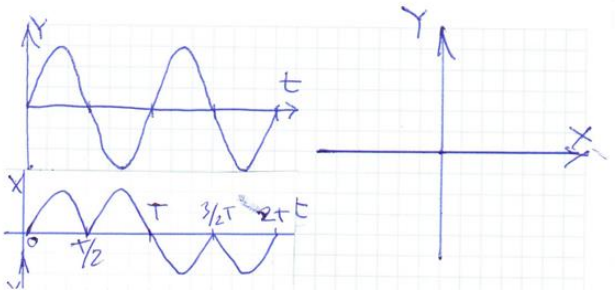


10.На входе вертикального отклонения Y ЭЛО действует синусоидальное напряжение.
На входе горизонтального отклонения ЭЛО действует напряжение, представленное в задании. Генератор развертки ЭЛО выключен.

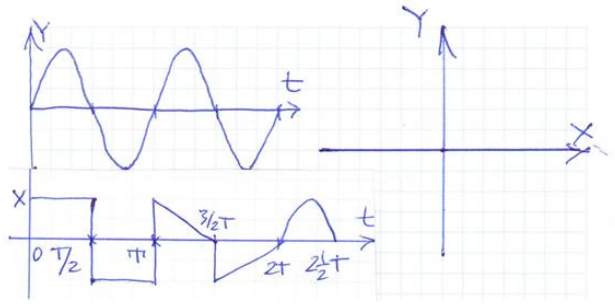
Найти изображение на экране ЭЛО.



11.На входе вертикального отклонения Y ЭЛО действует синусоидальное напряжение.
На входе горизонтального отклонения ЭЛО действует напряжение, представленное в задании. Генератор развертки ЭЛО выключен.
Найти изображение на экране ЭЛО.



12.На входе вертикального отклонения Y ЭЛО действует синусоидальное напряжение.
На входе горизонтального отклонения ЭЛО действует напряжение, представленное в задании. Генератор развертки ЭЛО выключен.
Найти изображение на экране ЭЛО.



13.Проводим при нормальных условиях поверку цифрового вольтметра класса точности **2,0/1,0**. Результаты испытаний цифрового вольтметра в контрольных точках диапазона измерений приведены в таблице.

Принять решение о годности прибора к дальней эксплуатации – **Годен/Не годен**

Контрольные точки диапазона измерений, В	**0,000**	**7,500**	**15,000**	**22,500**	**30,000**
Действительное значение измеряемой величины, В	**0,221**	**7,479**	**15,219**	**23,076**	**30,534**
Абсолютные погрешности, В					

Вывод:

14.Проводим при нормальных условиях поверку цифрового вольтметра класса точности **2,5/1,5**. Результаты испытаний цифрового вольтметра в

контрольных точках диапазона измерений приведены в таблице.

Принять решение о годности прибора к дальней эксплуатации – **Годен/Не годен**

Контрольные точки диапазона измерений, В	**0,000**	**5,000**	**10,000**	**15,000**	**20,000**
Действительное значение измеряемой величины, В	**0,171**	**5,283**	**9,739**	**14,781**	**19,689**
Абсолютные погрешности, В					

Вывод:

15.Измерение напряжения производят при нормальных условиях двумя вольтметрами, включенными параллельно. Один вольтметр **V1** отечественного производства с обозначением класса точности посредством **c/d.** Другой вольтметр **V2** зарубежного производства с указанием предельно допустимой абсолютной погрешности**:** **±(a%/100%) от *X*+ b×*q*,** где ***X*** *–показание вольтметра**; q**-квант (значение младшего значащего разряда отсчетного устройства вольтметра).* Показания вольтметров **U1, U2;** значения **c/d, Uкон; a и b** приведены в таблице. Показания вольтметров различны вследствие наличия инструментальных погрешностей. Определить допустимо ли данное расхождение показаний, вызванное погрешностями вольтметров.

c	**d**	**Uкон В**	**a** %	**b**	**U1 В**	**U2 В**	Расхождение показаний **В**
1,0	**0,5**	**10,000**	**1,5**	**5**	**5,281**	**5,103**	

Предельная погрешность **V1 В**	Предельная погрешность **V2 В**	Расхождение допустимо

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5
Нижний порог выполнения задания в процентах: 90
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4
Нижний порог выполнения задания в процентах: 75
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3
Нижний порог выполнения задания в процентах: 50
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-5. Защита лабораторной работы 1

Формы реализации: Смешанная форма
Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум
Вес контрольного мероприятия в БРС: 15
Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты выполняют индивидуальное задание по лабораторной работе "№1. Измерение напряжений". На основании полученных экспериментальных данных подготавливается и предоставляется на защиту отчет о выполнении работы. В рамках защиты оценивается правильность полученных результатов, корректность записи ответов и выводов. Кроме того, оценивается полнота ответов на теоретические и практические вопросы. Защита проводится одним преподавателем. Время защиты составляет не более 15 минут на одного человека. На защиту представляется выполненный индивидуальный отчет.

Краткое содержание задания:

Лабораторная работа 1.

Вопросы, задания.

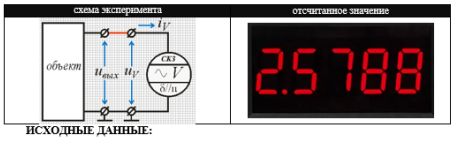
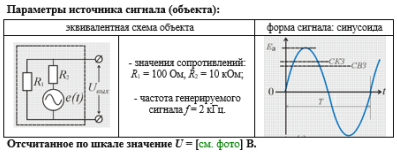
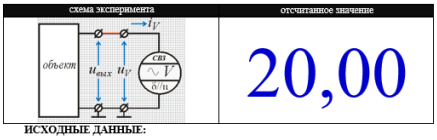
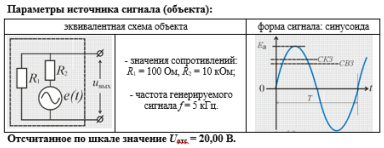
1.Принцип действия электронных аналоговых вольтметров переменного напряжения.

2. Дан вольтметр со шкалой 0 – 30 В, класс 1,0. Найти погрешности основную предельно-допустимую абсолютную и основную предельно-допустимую относительную измерения U= 25 В?

Дан вольтметр со шкалой 0 – 200 В, класс 0,5/0,2. Найти погрешности основную предельно-допустимую абсолютную и основную предельно-допустимую относительную измерения U= 100 В?

Контрольные вопросы/задания:

Знать: погрешности измерений, классификация, формы нормирования, способы оценки погрешностей измерений	1. Показания, каких из электромеханических приборов, пропорциональны постоянному или среднему значению сигнала? 2. Какие приборы называются выпрямительными? 3. Почему форма сигнала влияет на результат измерения выпрямительных приборов? 4.Каким значениям переменного сигнала пропорциональны показания электромагнитных приборов? 5. Каков состав структурной схемы вольтметра переменного напряжения, имеющего наибольший частотный диапазон? 6. С какими измерительными преобразователями электронные вольтметры переменного напряжения имеют наименьшие пределы измерения? 7. Что такое класс точности прибора? 8. В форме каких погрешностей устанавливаются классы точности приборов? 9.Какая погрешность называется основной? 10.Как найти основную погрешность? 11.Какая погрешность называется погрешностью взаимодействия? 12.Как рассчитать погрешность взаимодействия при измерении напряжения, тока и сопротивления? 13.Из каких составляющих складывается погрешность измерения напряжения?

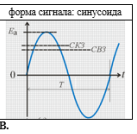
	14.Когда необходимо учитывать и дополнительные погрешности? 15.Какой вольтметр действительно измеряет среднеквадратическое значение сигнала?
Уметь: оценивать погрешности результатов измерений	1. Измеряется напряжение **переменного** тока  **ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:** **Параметры источника сигнала (объекта):**  **Отсчитанное по шкале значение U = [см. фото] В.** **Цифровой вольтметр зарубежного производства:** - предназначен для измерений как синусоидальных, так и *полигармонических* напряжений; - класс точности 0,5/8; - **предел** измерений U_k = 3 В; - *длина шкалы* * – 30000; максимальное число, отображаемое дисплеем - коэффициент амплитуды $k_{a\,макс}$=3; - **нормальный** диапазон частот $\Delta F_{норм}$ – не установлен; - **рабочий** диапазон частот $\Delta F_{раб}$ = (50…10^4) Гц; - коэффициент амплитуды $k_{a\,У}$ = 3; - нормальный диапазон температур $\Delta\Theta_{норм}$ – не установлен; - рабочий диапазон температур $\Delta\Theta_{раб}$ = (0…+30) °С; - температурный коэффициент влияния k_Θ – не нормируется; - значение сопротивления $R_У$ = 10 МОм; - значение ёмкости $C_У$ ≤ 50 пФ; **Параметры окружающей среды:** - диапазон возможных температур $\Delta\Theta_{кр}$ = (0…30) °С; - другие влияющие величины не принимаются в расчёт. **ЗАДАНИЕ** Используя метод наихудшего случая (МНС), измерить и записать результат измерения синусоидального напряжения. 2. Измеряется напряжение **переменного** тока  **ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:** **Параметры источника сигнала (объекта):**  **Отсчитанное по шкале значение $U_{вх}$ = 20,00 В.** **Цифровой вольтметр зарубежного производства:** - предназначен для измерений *синусоидальных* напряжений; - непосредственно реагирует на *средневыпрямленное значение* (СВЗ) напряжения; - класс точности 0,8/8; - **предел** измерений U_k = 40 В; - *длина шкалы* * – 4000; максимальное число, отображаемое дисплеем - **нормальный** диапазон частот $\Delta F_{норм}$ – не установлен; - **рабочий** диапазон частот $\Delta F_{раб}$ = (50 …5000) Гц; - коэффициент амплитуды $k_{a\,У}$ = 3,5; - нормальный диапазон температур $\Delta\Theta_{норм}$ – не установлен; - рабочий диапазон температур $\Delta\Theta_{раб}$ = (0…+45) °С; - температурный коэффициент влияния k_Θ – не нормируется; - значение сопротивления $R_У$ = 10 МОм; - значение ёмкости $C_У$ ≤ 50 пФ; **Параметры окружающей среды:** - диапазон возможных температур $\Delta\Theta_{кр}$ = (5…30) °С; - другие влияющие величины не принимаются в расчёт. **ЗАДАНИЕ** Используя метод наихудшего случая (МНС), измерить и записать результат измерения синусоидального напряжения.

Измеряется напряжение **переменного** тока

схема эксперимента	отсчитанное значение

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

Параметры источника сигнала (объекта):

эквивалентная схема объекта		форма сигнала: синусоида
	- значения сопротивлений: R_1 = 10 Ом, R_2 = 100 кОм; - частота генерируемого сигнала f = 500 Гц.	

Отсчитанное по шкале значение $U_{вых}$ = [см. фото] **В.**

Цифровой вольтметр зарубежного производства:

- предназначен для измерений *синусоидальных* напряжений;
- непосредственно реагирует на *амплитудное значение* (АЗ) напряжения;
- класс точности 0,6//10;
- **предел** измерений U_v = 40 В;
- *длина шкалы* * – 4000;

максимальное число, отображаемое дисплеем

- **нормальный** диапазон частот $\Delta F_{норм.}$ – не установлен;
- **рабочий** диапазон частот $\Delta F_{раб.}$ = (50 …5000) Гц;
- коэффициент амплитуды $k_{A\,V}$ = 3,5;
- нормальный диапазон температур $\Delta\Theta_{номин}$ – не установлен;
- рабочий диапазон температур $\Delta\Theta_{раб.}$ = (0…+40) °С;
- температурный коэффициент влияния k_Θ – не нормируется;
- значение сопротивления R_V = 1 МОм;
- значение ёмкости $C_V \leq 30$ пФ;

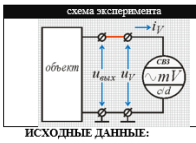
Параметры окружающей среды:

- диапазон возможных температур $\Delta\Theta_{ср}$ = (0…30) °С;
- другие влияющие величины не принимаются в расчёт.

ЗАДАНИЕ

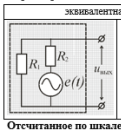
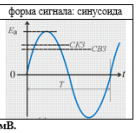
3. Используя метод наихудшего случая (МНС), измерить и записать результат измерения синусоидального напряжения.

Измеряется напряжение **переменного** тока

схема эксперимента	отсчитанное значение
	

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

Параметры источника сигнала (объекта):

эквивалентная схема объекта		форма сигнала: синусоида
	- значения сопротивлений: R_1 = 20 кОм, R_2 = 20 кОм; - частота генерируемого сигнала f = 100 кГц.	

Отсчитанное по шкале значение $U_{вых}$ = [см. фото] **мВ.**

Цифровой милливольтметр отечественного производства:

- предназначен для измерений *синусоидальных* напряжений;
- непосредственно **реагирует** на *средневыпрямленное значение* (СВЗ) напряжения;
- класс точности 1,0/0,5;
- **диапазон** измерений $\Delta U_{вых}$ = (0…60) мВ;
- *длина шкалы* * – 600;

максимальное число, отображаемое дисплеем

- **нормальный** диапазон частот $\Delta F_{норм.}$ = (50 …100·10³) Гц;
- **рабочий** диапазон частот $\Delta F_{раб.}$ = (20 …500·10³) Гц;
- коэффициент амплитуды $k_{A\,V}$ = 4;
- нормальный диапазон температур $\Delta\Theta_{номин}$ = (20±2) °С;
- рабочий диапазон температур $\Delta\Theta_{раб.}$ = (-20…+35) °С;
- температурный коэффициент влияния k_Θ = 0,5$\Delta_{o.a}$/10 В/°С;
- значение сопротивления R_V = 4 МОм;
- значение ёмкости $C_V \leq 40$ пФ;

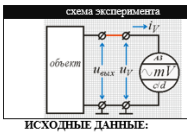
Параметры окружающей среды:

- диапазон возможных температур $\Delta\Theta_{ср}$ = (10…30) °С;
- другие влияющие величины не принимаются в расчёт.

ЗАДАНИЕ

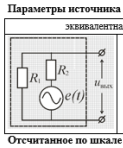
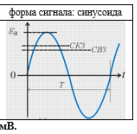
4. Используя метод наихудшего случая (МНС), измерить и записать результат измерения синусоидального напряжения.

Измеряется напряжение **переменного** тока

схема эксперимента	отсчитанное значение
	

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

Параметры источника сигнала (объекта):

эквивалентная схема объекта		форма сигнала: синусоида
	- значения сопротивлений: R_1 = 10 кОм, R_2 = 1 кОм; - частота генерируемого сигнала f = 50 кГц.	

Отсчитанное по шкале значение $U_{вых}$ = [см. фото] **мВ.**

Цифровой милливольтметр отечественного производства:

- предназначен для измерений *синусоидальных* напряжений;
- непосредственно реагирует на *амплитудное значение* (АЗ) напряжения;
- класс точности 0,2/0,1;
- **предел** измерений U_v = 20 мВ;
- *длина шкалы* * – 20000;

максимальное число, отображаемое дисплеем

- **нормальный** диапазон частот $\Delta F_{норм.}$ = (50 …200·10³) Гц;
- **рабочий** диапазон частот $\Delta F_{раб.}$ = (20 …10⁶) Гц;
- коэффициент амплитуды $k_{A\,V}$ = 5;
- нормальный диапазон температур $\Delta\Theta_{номин}$ = (20±2) °С;
- рабочий диапазон температур $\Delta\Theta_{раб.}$ = (-20…+35) °С;
- температурный коэффициент влияния k_Θ = $\Delta_{o.a}$/10 В/°С;
- значение сопротивления R_V = 10 МОм;
- значение ёмкости $C_V \leq 30$ пФ;

Параметры окружающей среды:

- диапазон возможных температур $\Delta\Theta_{ср}$ = (-10…35) °С;
- другие влияющие величины не принимаются в расчёт.

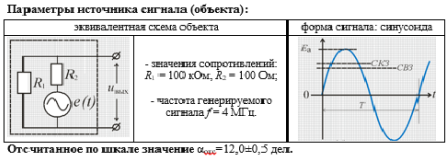
ЗАДАНИЕ:

5. Используя метод наихудшего случая (МНС), измерить и записать результат измерения синусоидального напряжения.

Измеряется напряжение **переменного** тока

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

Параметры источника сигнала (объекта):



Отсчитанное по шкале значение $\alpha_{мис}$=12,0±0,5 **дел.**

Вольтметр электронный:

- предназначен для измерений как синусоидальных, так и *полигармонических* напряжений;
- класс точности 2,5;
- **предел** измерений U_k = 150 В;
- цена деления шкалы ЦД = {подсчитать по шкале} В/дел;
- коэффициент амплитуды $k_{a.мис}$=3;
- **нормальный** диапазон частот $\Delta F_{норм.}$ = (50 …1·10⁶) Гц;
- **рабочий** диапазон частот $\Delta F_{раб.}$ = (20 …5·10⁶) Гц;
- нормальный диапазон температур $\Delta\Theta_{ном.}$ = (20±5) °С;
- рабочий диапазон температур $\Delta\Theta_{раб.}$ = (0…+35) °С;
- температурный коэффициент влияния k_Θ = $\Delta_{о.п}$/10 В/°С;
- значение сопротивления R_V = 1 МОм;
- значение ёмкости $C_V \leq 50$ пФ;

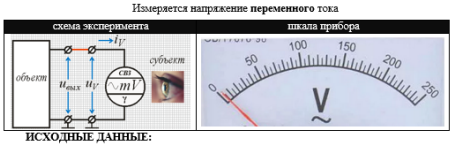
Параметры окружающей среды:

- диапазон возможных температур $\Delta\Theta_{окр}$ = (0…25) °С;
- другие влияющие величины не принимаются в расчёт.

ЗАДАНИЕ:

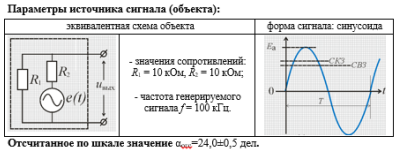
6. Используя метод наихудшего случая (МНС), измерить и записать результат измерения синусоидального напряжения.

Измеряется напряжение **переменного** тока



ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

Параметры источника сигнала (объекта):



Отсчитанное по шкале значение $\alpha_{мис}$=24,0±0,5 дел.

Милливольтметр электронный:

- предназначен для измерений *синусоидальных* напряжений;
- непосредственно измеряет (**реагирует на**) *средневыпрямленное значение* напряжения;
- класс точности 2,5;
- **предел** измерений U_k = 250 мВ;
- число делений шкалы α_k = {подсчитать по фотографии} дел;
- **нормальный** диапазон частот $\Delta F_{норм.}$ = (50 …2·10⁶) Гц;
- **рабочий** диапазон частот $\Delta F_{раб.}$ = (20 …5·10⁶) Гц;
- коэффициент амплитуды $k_{a.V}$ = 1,41;
- нормальный диапазон температур $\Delta\Theta_{ном.}$ = (20±5) °С;
- рабочий диапазон температур $\Delta\Theta_{раб.}$ = (0…+35) °С;
- температурный коэффициент влияния k_Θ = $\Delta_{о.п}$/10 В/°С;
- значение сопротивления R_V = 1 МОм;
- значение ёмкости $C_V \leq 50$ пФ;

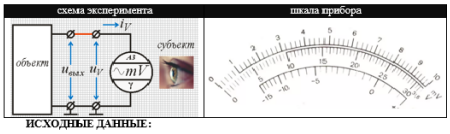
Параметры окружающей среды:

- *диапазон возможных температур* $\Delta\Theta_{окр}$ = (10…30) °С;
- другие влияющие величины не принимаются в расчёт.

ЗАДАНИЕ:

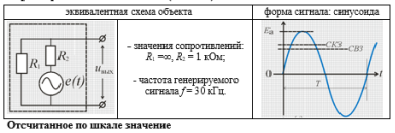
7. Используя метод наихудшего случая (МНС), измерить и записать результат измерения синусоидального напряжения.

Измеряется напряжение **переменного** тока



ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

Параметры источника сигнала (объекта):



Отсчитанное по шкале значение

$U_{мис}$=20,0 мВ; $\Delta_{мис}$ = ±0,5 дел.×ЦД =

Милливольтметр электронный:

- предназначен для измерений *синусоидальных* напряжений;
- непосредственно измеряет (**реагирует на**) *амплитудное значение* напряжения;
- класс точности 1,5;
- диапазон измерений $\Delta U_{мис}$ = (0…30) мВ;
- цена деления ЦД = {подсчитать по шкале} мВ/дел;
- нормальный диапазон частот $\Delta F_{норм.}$ = (50 …1·10⁶) Гц;
- рабочий диапазон частот $\Delta F_{раб.}$ = (20 …5·10⁶) Гц;
- коэффициент амплитуды $k_{a.V}$ = 1,41;
- нормальный диапазон температур $\Delta\Theta_{ном.}$ = (20±5) °С;
- рабочий диапазон температур $\Delta\Theta_{раб.}$ = (0…+35) °С;
- температурный коэффициент влияния k_Θ = $\Delta_{о.п}$/10 В/°С;
- значение сопротивления R_V = 1 МОм;
- значение ёмкости $C_V \leq 50$ пФ;

Параметры окружающей среды:

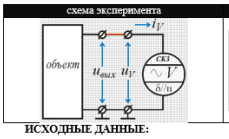
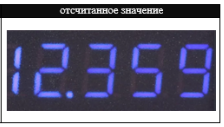
- диапазон возможных температур $\Delta\Theta_{окр}$ = (0…35) °С;
- другие влияющие величины не принимаются в расчёт.

ЗАДАНИЕ:

8. Используя метод наихудшего случая (МНС), измерить и записать результат измерения синусоидального напряжения.

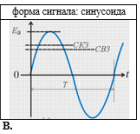
9.

Измеряется напряжение **переменного** тока

схема эксперимента	отсчитанное значение
	

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

Параметры источника сигнала (объекта):

эквивалентная схема объекта		форма сигнала: синусоида
	- значения сопротивлений: R_1 = 10 Ом, R_2 = 1 кОм; - частота генерируемого сигнала f = 50 кГц.	

Отсчитанное по шкале значение $U_{вых}$ = [см. фото] В.

Цифровой вольтметр зарубежного производства:

- предназначен для измерений как синусоидальных, так и *полигармонических* напряжений;
- класс точности 0,4//4;
- **предел** измерений U_x = 20 В;
- *длина шкалы** – 20000;

максимальное число, отображаемое дисплеем

- коэффициент амплитуды $k_{а.max}$=3;
- **нормальный** диапазон частот $\Delta F_{норм.}$ – не установлен;
- **рабочий** диапазон частот $\Delta F_{раб.}$ = (50 …2000) Гц;
- нормальный диапазон температур $\Delta\Theta_{норм.}$ – не установлен;
- рабочий диапазон температур $\Delta\Theta_{раб.}$ = (0…+30) °С;
- температурный коэффициент влияния k_{Θ} – не нормируется;
- значение сопротивления R_P = 10 МОм;
- значение ёмкости C_P ≤ 50 пФ;

Параметры окружающей среды:

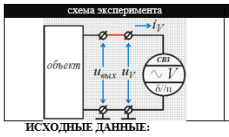
- диапазон возможных температур $\Delta\Theta_{ср}$ = (0…30) °С;
- другие влияющие величины не принимаются в расчёт.

ЗАДАНИЕ:

Используя метод наихудшего случая (МНС), измерить и записать результат измерения синусоидального напряжения.

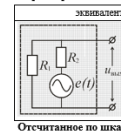
10.

Измеряется напряжение **переменного** тока

схема эксперимента	отсчитанное значение
	

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

Параметры источника сигнала (объекта):

эквивалентная схема объекта		форма сигнала: синусоида
	- значения сопротивлений: R_1 = 100 кОм, R_2 = 10 кОм; - частота генерируемого сигнала f = 2 кГц.	

Отсчитанное по шкале значение $U_{вых}$ = [см. фото выше] В.

Цифровой вольтметр зарубежного производства:

- предназначен для измерений *синусоидальных* напряжений;
- непосредственно реагирует на *средневыпрямленное значение* (СВЗ) напряжения;
- класс точности 1,0//10;
- **предел** измерений U_x = 20 В;
- *длина шкалы** – 200;

максимальное число, отображаемое дисплеем

- **нормальный** диапазон частот $\Delta F_{норм.}$ – не установлен;
- **рабочий** диапазон частот $\Delta F_{раб.}$ = (20 …2·10³) Гц;
- коэффициент амплитуды $k_{а}$ = 1,41;
- нормальный диапазон температур $\Delta\Theta_{норм.}$ – не установлен;
- рабочий диапазон температур $\Delta\Theta_{раб.}$ = (0…+30) °С;
- температурный коэффициент влияния k_{Θ} – не нормируется;
- значение сопротивления R_P = 10 МОм;
- значение ёмкости C_P ≤ 50 пФ;

Параметры окружающей среды:

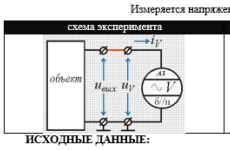
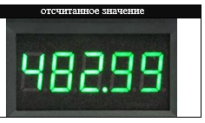
- диапазон возможных температур $\Delta\Theta_{ср}$ = (5…30) °С;
- другие влияющие величины не принимаются в расчёт.

ЗАДАНИЕ:

Используя метод наихудшего случая (МНС), измерить и записать результат измерения синусоидального напряжения.

11.

Измеряется напряжение **переменного** тока

схема эксперимента	отсчитанное значение
	

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

Параметры источника сигнала (объекта):

эквивалентная схема объекта		форма сигнала: синусоида
	- значения сопротивлений: R_1 = 2 кОм, R_2 = 10 кОм; - частота генерируемого сигнала f = 500 кГц.	

Отсчитанное по шкале значение $U_{вых}$ = [см. фото выше] В.

Цифровой вольтметр зарубежного производства:

- предназначен для измерений *синусоидальных* напряжений;
- непосредственно **реагирует** на *амплитудное значение* (АЗ) напряжения;
- класс точности 0,2//4;
- **предел** измерений U_x = 500 В;
- *длина шкалы** – 50000;

максимальное число, отображаемое дисплеем

- **нормальный** диапазон частот $\Delta F_{норм.}$ – не установлен;
- **рабочий** диапазон частот $\Delta F_{раб.}$ = (20 …10⁶) Гц;
- коэффициент амплитуды $k_{а}$ = 4;
- нормальный диапазон температур $\Delta\Theta_{норм.}$ – не установлен;
- рабочий диапазон температур $\Delta\Theta_{раб.}$ = (0…+30) °С;
- температурный коэффициент влияния k_{Θ} – не установлен;
- значение сопротивления R_P = 10 МОм;
- значение ёмкости C_P ≤ 50 пФ;

Параметры окружающей среды:

- диапазон возможных температур $\Delta\Theta_{ср}$ = (10…30) °С;
- другие влияющие величины не принимаются в расчёт.

ЗАДАНИЕ:

Используя метод наихудшего случая (МНС), измерить и записать результат измерения синусоидального напряжения.

	12. Измеряется напряжение **переменного** тока схема эксперимента / отсчитанное значение **ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:** **Параметры источника сигнала (объекта):** эквивалентная схема объекта / форма сигнала: синусоида - значения сопротивлений: R_1 = 10 кОм, R_2 = 10 кОм; - частота генерируемого сигнала f = 500 кГц. **Отсчитанное по шкале значение $U_{изм}$ =** [см. фото выше] **В.** **Цифровой вольтметр отечественного производства:** - предназначен для измерений как синусоидальных, так и *полигармонических* напряжений; - класс точности 1,0/0,5; - **предел** измерений U_v = 6,0 В; - *длина шкалы* * – 600; максимальное число, отображаемое дисплеем - **нормальный** диапазон частот $\Delta F_{норм}$ = (50 …100·10³) Гц; - **рабочий** диапазон частот $\Delta F_{раб}$ = (20 …500·10³) Гц; - коэффициент амплитуды $k_{A\,V}$ = 3; - нормальный диапазон температур $\Delta\Theta_{норм}$ = (20±2) °С; - рабочий диапазон температур $\Delta\Theta_{раб}$ = (-20…+35) °С; - температурный коэффициент влияния k_{Θ} = 0,5$\Delta_{0,5}$/10, В/°С; - значение сопротивления R_V = 1 МОм; - значение ёмкости $C_V \leq 50$ пФ; **Параметры окружающей среды:** - диапазон возможных температур $\Delta\Theta_{ср}$ = (10…30) °С; - другие влияющие величины не принимаются в расчёт. **ЗАДАНИЕ:** Используя метод наихудшего случая (МНС), измерить и записать результат измерения синусоидального напряжения.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5
Нижний порог выполнения задания в процентах: 90
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4
Нижний порог выполнения задания в процентах: 75
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3
Нижний порог выполнения задания в процентах: 50
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-6. Защита лабораторной работы 5

Формы реализации: Смешанная форма
Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум
Вес контрольного мероприятия в БРС: 10
Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты выполняют индивидуальное задание по лабораторной работе "№5.Измерение параметров пассивных компонентов". На основании полученных экспериментальных данных подготавливается и предоставляется на защиту отчет о выполнении работы. В рамках защиты оценивается правильность полученных результатов, корректность записи ответов и выводов. Кроме того, оценивается полнота ответов на теоретические и практические вопросы. Защита проводится одним преподавателем. Время защиты составляет не более 15 минут на одного человека. На защиту представляется выполненный индивидуальный отчет.

Краткое содержание задания:

Лабораторная работа 5.
Вопросы, задание.
1) Измерение параметров катушек индуктивности, схемы замещения; диаграммы токов и напряжений; погрешности.
2) Найти Z∑ , Q∑

Контрольные вопросы/задания:

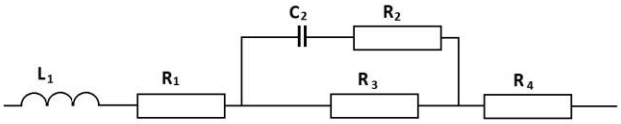
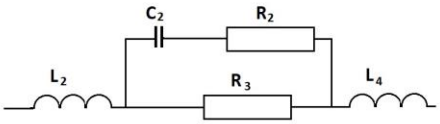
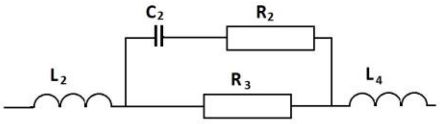
Знать: общую характеристику, принцип действия, конструкцию аналоговых и цифровых электроизмерительных устройств	1.Для каких схем замещения цепей переменного тока измеряются параметры цепей? 2.Что такое добротность *Q*? 3.Что такое тангенс угла потерь *D*? 4. В какой форме нормируются погрешности измеряемых параметров? 5. Зависят ли значения *Q* и *D* от частоты испытательного сигнала? 6. При каких условиях значения *Ls* и *Lp* различаются по значению? 7.При каких условиях значения *Cs* и *Cp* различаются по значению? 8.При каких условиях значения *Rs* и *Rp* различаются по значению? 9. Что необходимо учитывать при измерении малых по значению сопротивлений? 10.Что необходимо учитывать при измерении малых по значению конденсаторов? 11. Что необходимо учитывать при измерении малых по значению индуктивностей? 12.Измерение параметров электрических цепей RLC-измерителем – принцип действия прибора; основные элементы структурной схемы; расчетные выражения и формулы.
Уметь: производить выбор средств измерений в зависимости от характеристик исследуемых величин	 1. Figure 1 Найти Z∑ и tgδ∑  2.

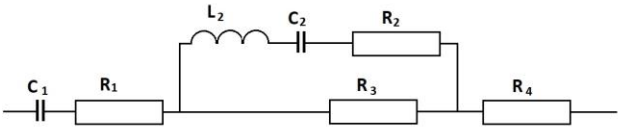
Figure 2 Найти Z∑ и tgδ∑



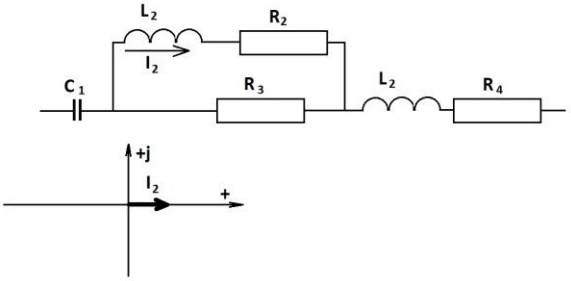
3.

Figure 3 Найти Z∑ и tgδ∑

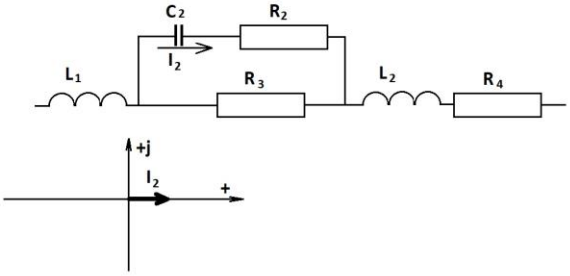
4.Найти Найти Z∑ ,Q∑ и резонансную частоту ωP при условии резонанса в ветви (R2L2C2).



5.Найти Найти Z∑ ,Q∑ и построить диаграмму токов и напряжений, начиная с тока I2.



6.Найти Найти Z∑ ,Q∑ и построить диаграмму токов и напряжений, начиная с тока I2.



Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4
Нижний порог выполнения задания в процентах: 75
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3
Нижний порог выполнения задания в процентах: 50
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-7. Защита лабораторной работы 6

Формы реализации: Смешанная форма
Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум
Вес контрольного мероприятия в БРС: 15
Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты выполняют индивидуальное задание по лабораторной работе "№6.Осциллографы и их применение". На основании полученных экспериментальных данных подготавливается и предоставляется на защиту отчет о выполнении работы. В рамках защиты оценивается правильность полученных результатов, корректность записи ответов и выводов. Кроме того, оценивается полнота ответов на теоретические и практические вопросы. Защита проводится одним преподавателем. Время защиты составляет не более 15 минут на одного человека. На защиту представляется выполненный индивидуальный отчет.

Краткое содержание задания:
Лабораторная работа 6.
Вопросы, задания.
1) Устройство осциллографов, основные метрологические характеристики.
2) Особенности применения, оценка погрешностей результатов измерения.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы и особенности измерения электрических и неэлектрических физических величин	1. Куда, обычно, подается напряжение, форму которого исследуют с помощью электроннолучевого осциллографа? 2.Какой блок электроннолучевого осциллографа обеспе-чивает наблюдение на экране формы относительно *малых* по величине напряжений? 3.Какой блок электроннолучевого осциллографа позво-ляет наблюдать на экране форму относительно *больших* по величине напряжений? 4.Укажите порядок величины входного сопротивления большинства электроннолучевых осциллографов. 5. Какой блок электроннолучевого осциллографа выра-батывает пилообразное напряжение? 6.На экране электроннолучевого осциллографа получе-но неподвижное изображение формы

	исследуемого несинусо-идального напряжения. Что произойдет с изображением, если амплитуда развертывающего напряжения уменьшится? 7.На экране электроннолучевого осциллографа получено неподвижное изображение импульса. Что произойдет с изо-бражением, если амплитуда развертывающего напряжения увеличится? 8.Для чего в электроннолучевых осциллографах осуще-ствляется синхронизация по частоте между исследуемым и развертывающим напряжениями? 9.Какое назначение имеет калибратор амплитуды элек-троннолучевого осциллографа? 10.От точности какого параметра выходного напряжения калибратора амплитуды зависит точность измерения мгновенного значения исследуемого напряжения с помощью электроннолучевого осциллографа? 11.Куда подается выходное напряжение калибратора длительности электроннолучевого осциллографа? 12.Изображение на экране электроннолучевого осцилло-графа медленно перемещается в горизонтальном направлении слева направо. Укажите причину этого явления. 13.Какие источники погрешностей при измерении осциллографом мгновенных значений исследуемого сигнала? 14.Какие источники погрешностей при измерении осциллографом пеоида исследуемого сигнала?
Уметь: эксплуатировать средства измерений в соответствии с их назначением и техническими характеристиками	1.С помощью аналогового осциллографа (АО) АСК-1021 были измерены полный размах по напряжению *U*P-P и период *T* периодического импульсного сигнала прямоугольной формы (меандр). Полный размах сигнала на экране АО составил 6,7 дел., а период сигнала 10,4 дел. Коэффициент отклонения осциллографа по вертикали *K*O,Y равнялся 2 В/дел., а коэффициент развертки *K*P = = 2 мс/дел. соответственно. Всего осциллограф имеет 5 делений по горизонтали и 4 деления по вертикали от центра экрана. Записать итоговые результаты с учетом вычисленных погрешностей. 2.С помощью аналогового осциллографа (АО) АСК-1021 были измерены полный размах по напряжению *U*P-P и период *T* периодического импульсного сигнала прямоугольной формы (меандр). Полный размах сигнала на экране АО составил 1,2 дел., а период сигнала 4,1 дел. Коэффициент отклонения осциллографа по вертикали *K*O,Y равнялся 1 В/дел., а коэффициент развертки *K*P = = 5 мс/дел. соответственно. Всего осциллограф имеет 5 делений по горизонтали и 4 деления по вертикали от центра экрана. Записать итоговые результаты с учетом вычисленных погрешностей.

	3.С помощью аналогового осциллографа (АО) АСК-1021 были измерены амплитуда импульса *U*И, амплитуда выброса импульса *U*В и всего одиночного импульса τИ (см. рис. 9 на стр. 20 описания л/р). Амплитуда импульса составила 3,8 дел. при коэффициенте отклонения осциллографа по вертикали *K*O,Y = 2 В/дел. В свою очередь, амплитуда выброса импульса составила 0,4 дел. при коэффициенте отклонения осциллографа по вертикали *K*O,Y = 2 В/дел. Длительность импульса прямоугольной формы составила 9,8 дел. при коэффициенте развертки *K*P = 2 мкс/дел. и tg α1 = = tg α2 = 0,0586. Записать итоговые результаты с учетом вычисленных погрешностей. 4.С помощью аналогового осциллографа (АО) АСК-1021 были измерены амплитуда выброса импульса *U*В, длительность среза τС и всего одиночного импульса τИ (см. рис. 9 на стр. 20 описания л/р). Длительность среза составила 0,3 дел. при коэффициенте развертки *K*P = 5 мкс/дел. соответственно. Длительность импульса прямоугольной формы составила 6,4 дел. при коэффициенте развертки *K*P = 5 мкс/дел., а α1 = 38° и α2 = 35°. Записать итоговые результаты с учетом вычисленных погрешностей. 5.С помощью аналогового осциллографа (АО) АСК-1021 были измерены амплитуда выброса импульса *U*В, длительность среза τС и всего одиночного импульса τИ (см. рис. 9 на стр. 20 описания л/р). Длительность среза составила 0,3 дел. при коэффициенте развертки *K*P = 5 мкс/дел. соответственно. Длительность импульса прямоугольной формы составила 6,4 дел. при коэффициенте развертки *K*P = 5 мкс/дел., а α1 = 38° и α2 = 35°. Записать итоговые результаты с учетом вычисленных погрешностей. 6.На вход X двухканального аналогового осциллографа (АО) АСК-1021 подается периодический синусоидальный сигнал с неизвестной частотой *f*X. При этом на вход Y АО также подается синусоидальный сигнал с частотой *f*Y. Данный сигнал вырабатывается генератором ГЗ-131, частоту которого можно регулировать. Путем плавной регулировки частоты сигнала удается добиться неподвижного изображения фигуры Лиссажу на экране АО. Рассматриваемый метод измерения частоты сигнала с помощью осциллографа получил название метода Лиссажу. Пусть в данном случае фигура Лиссажу представляет собой математический знак «бесконечность». На генераторе при этом выставлено значение частоты *f*Y = 10 кГц. Найти неизвестную частоту *f*X сигнала на входе X

	АО. Записать конечный результат с учетом вычисленной погрешности.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5
Нижний порог выполнения задания в процентах: 90
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4
Нижний порог выполнения задания в процентах: 75
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3
Нижний порог выполнения задания в процентах: 50
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-8. Защита лабораторной работы 13

Формы реализации: Смешанная форма
Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум
Вес контрольного мероприятия в БРС: 15
Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты выполняют индивидуальное задание по лабораторной работе "№13. Измерение частоты и периода". На основании полученных экспериментальных данных подготавливается и предоставляется на защиту отчет о выполнении работы. В рамках защиты оценивается правильность полученных результатов, корректность записи ответов и выводов. Кроме того, оценивается полнота ответов на теоретические и практические вопросы. Защита проводится одним преподавателем. Время защиты составляет не более 15 минут на одного человека. На защиту представляется выполненный индивидуальный отчет.

Краткое содержание задания:
Лабораторная работа 13.
Вопросы, задание.
1) Устройство цифровых частотомеров и периодомеров, основные метрологические характеристики.
2) Особенности применения, оценка погрешностей результатов измерения.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: эксплуатировать средства измерений в соответствии с их назначением и техническими характеристиками	1. Найдите выраженное в микросекундах значение периода, если измеренное значение частоты равняется 12,5 кГц. 2.Определите максимально возможное значение абсолютной погрешности счета при измерении периода, если частота следования импульсов на выходе ГОЧ fo = 10 МГц. 3. ЦОУ частотомера имеет 7 декад. Выберите значение времени счета (из ряда: 0,001 с; 0,01 с; 0,1 с;

	1 с; 10 с), которое обеспечит минимальную погрешность измерения частоты fx = 2 МГц. 4. ЦОУ частотомера имеет 7 декад. Выберите значение множителя периода (из ряда:1; 10; 100; 1000; 10000), которое обеспечит минимальную погрешность измерения периода Тх = 20 мс, если частота следования импульсов на выходе ГОЧ fo = 10 МГц. 5. Предельное значение составляющей относительной погрешности частотомера, обусловленной неточностью и нестабильностью частоты следования импульсов на выходе ГОЧ, равняется 0,0005 %. Требуется измерить частоту fx = 200 кГц с относительной погрешностью, предельное значение которой не превышает 0,001 %. Выберите минимально необходимое для этого время счета из ряда: 0,001 с; 0,01 с; 0,1 с; 1 с; 10 с. 6.Номинальное значение частоты следования импульсов на выходе ГОЧ fo = 10 МГц. Предельное значение составляющей относительной погрешности частотомера, обусловленной неточностью и нестабильностью этой частоты, равняется 0,0005 %. Требуется измерить период Тх = 200 мкс с относительной погрешностью, предельное значение которой не превышает 0,005 %. Выберите минимально необходимое для этого значение множителя периода из ряда:1; 10; 100; 1000; 10000. 7.С помощью цифрового частотомера ЧЗ-75, используемого в лабораторной работе № 13, было получено значение частоты сигнала *f*, равное 2621,5 Гц. Измерение частоты проводилось таким образом, чтобы обеспечить наименьшую погрешность. В силу этого, на приборе задавались соответствующие параметры (время счета *T*СЧ). Какое значение времени счета было выставлено на приборе при проведении измерения частоты? Время счета для указанного частотомера выбирается из ряда возможных значений: 100, 101, 102, 103, 104 мс. Для выбранного значения времени счета вычислить погрешность измерения частоты и записать конечный результат с учетом данной погрешности. 8.С помощью цифрового частотомера ЧЗ-75, используемого в лабораторной работе № 13, было получено значение периода сигнала *T*, равное 169,7912 мкс. Измерение периода проводилось таким образом, чтобы обеспечить наименьшую погрешность. В силу этого, на приборе задавались соответствующие параметры (число усредняемых периодов *n*). Какое значение числа усредняемых периодов было выставлено на приборе при проведении измерения периода? Число усредняемых периодов для указанного частотомера выбирается из

	ряда возможных значений: 100, 101, 102, 103, 104. Для выбранного значения числа усредняемых периодов вычислить погрешность измерения периода и записать конечный результат с учетом данной погрешности. 9.Определить, а затем и выбрать из числа возможных для используемого в данной лабораторной работе частотомера, минимально необходимое время счета *T*СЧ. Измеренная частота сигнала: f = 23591,70 Гц. Погрешность измерения частоты δf не превышает 0,02 %. 10.Определить, а затем и выбрать из числа возможных для используемого в данной лабораторной работе частотомера, минимально необходимое число усредняемых периодов n. Измеренный период сигнала: T = 43,180 мкс. Погрешность измерения периода δT не превышает 0,1 %. 11.Определить какое измерение даст более точный результат (прямое или косвенное) для измеренного значения частоты f = 59,178 кГц. Предполагается, что измерение проводится на используемом в данной лабораторной работе частотомере.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5
Нижний порог выполнения задания в процентах: 90
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4
Нижний порог выполнения задания в процентах: 75
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3
Нижний порог выполнения задания в процентах: 50
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

4 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

Билета нет.

Процедура проведения

Оценка определяется по результатам успеваемости студента в течение семестра в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой составляющей.

I. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-$1_{ОПК-7}$ Выбирает средства измерения, проводит измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность

Вопросы, задания

1.Что такое абсолютная погрешность?
2.Что такое относительная погрешность?
3.Что такое приведенная погрешность?
4.Чем различаются диапазон показаний и диапазон измерений?
5.Что такое нормирующее значение?
6.Определение основной погрешности.
7.Определение дополнительной погрешности.
8.Что такое нормальные условия?
9.Что такое рабочие условия?
10.Определение класса точности средств измерений.
11.Какие технические средства относятся к средствам измерений?
12.Какие выводы делаются после проведения поверки измерений?
13.Как должны соотноситься показатели точности эталонного и поверяемого средств измерений?
14.Каковы правила округления значения погрешностей?
15.Что такое единство измерений?
16.Имеем два вольметра:

1. Кл.т. 1,0; диапазон показаний 0-30В;
2. Кл.т. 0,5; диапазон показаний 0-150В.

Измеряемый сигнал примерно 10В.
Какой вольтметр проведет более точные измерения?
17.Найти предельно-допустимые погрешности для измерительного прибора

Класс точности	Диапазон показаний	Показание	Предельно-допустимое значение основной абсолютной погрешности	Предельно-допустимое значение основной относительной погрешности
0,1	20В	10В		
1,0 по относит.погреш.	10В	5В		
0,2/0,1	100В	50В		

18. Вольтметром класса точности **A** с диапазоном показаний **B** и входным сопротивлением **C** проводится измерение напряжения. Сопротивление источника сигнала лежит в диапазоне от 0 до **D**. Температура воздуха может быть от +20°С до **E** °С. Температурная погрешность вольтметра равна половине основной на каждые 10°С. Показание вольтметра равно **F**.
Представить результат измерения с вероятностью Р=1.

Исходные данные в задании:

A	B	C	D	E	F
1,5	15В	50 кОм	5 кОм	+30град	10В

19. Вольтметром класса точности **A** с диапазоном показаний **B** и входным сопротивлением **C** проводится измерение напряжения. Сопротивление источника сигнала лежит в диапазоне от 0 до **D**. Температура воздуха может быть от +20°С до **E** °С. Температурная погрешность вольтметра равна половине основной на каждые 10°С. Показание вольтметра равно **F**.
Представить результат измерения с вероятностью Р=1.

Исходные данные в задании:

A	B	C	D	E	F
0,2	15В	20кОм	1кОм	+40град	10В

20. Вольтметром класса точности **A** с диапазоном показаний **B** и входным сопротивлением **C** проводится измерение напряжения. Сопротивление источника сигнала лежит в диапазоне от 0 до **D**. Температура воздуха может быть от +20°С до **E** °С. Температурная погрешность вольтметра равна половине основной на каждые 10°С. Показание вольтметра равно **F**.
Представить результат измерения с вероятностью Р=1.

Исходные данные в задании:

A	B	C	D	E	F
1,5	150В	50 кОм	1 кОм	+15град	100В

21.Что такое прямое измерение?
22.Что такое косвенное измерение?
23.Нужно ли проводить расчет результата при прямом измерении?
24.Нужно ли проводить расчет результата при косвенном измерении?

25.

измерение P по P=U^2/R

Дано: V: U_k=300 В; 0,1/0,05; U_X=100 В;
R: R_k=100 кОм; 0,05/0,02; R_X=20 кОм;
Найти: $P_{изм}$; $\Delta_{п,о}$; $\delta_{п,о}$

26.

2. Задача: измерение P по P=I^2R

Дано: A: I_k=2 А; 1,5; I_X=2 А;
R: R_k=1000 Ом; 0,2; R_X=500 Ом;
Найти: $P_{изм}$; $\Delta_{п,о}$; $\delta_{п,о}$

27.

5. Задача: измерение R_x по $R_x = R_1 \| R_2$

Дано: R: R_k=10 кОм; δ=0,2/0,1; R_1=5 кОм;
R: R_k=1 кОм; γ=0,2; R_2=0,5 кОм;
Найти: $R_{изм}$; $\Delta_{п,о}$; $\delta_{п,о}$

6. Задача: измерение cos(φ) по cos(φ) =P/UI

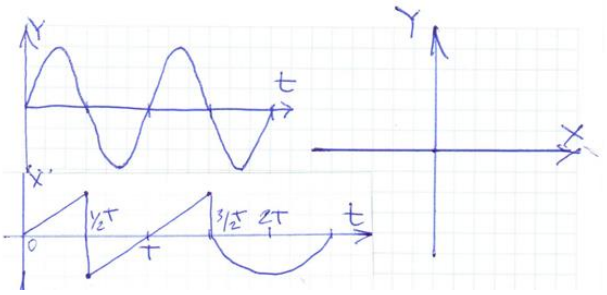
Дано:	V:	U_k=10 В;	0,5/0,2;	U_X=5 В;
	A:	I_k=100 мА;	1,0/0,5;	I_X =25 мА;
	P:	P_k=250 мВт;	0,5/0,1;	P_X=75 мВт;
Найти:	cos $(\varphi)_{изм}$; $\Delta_{п,о}$; $\delta_{п,о}$			

28.

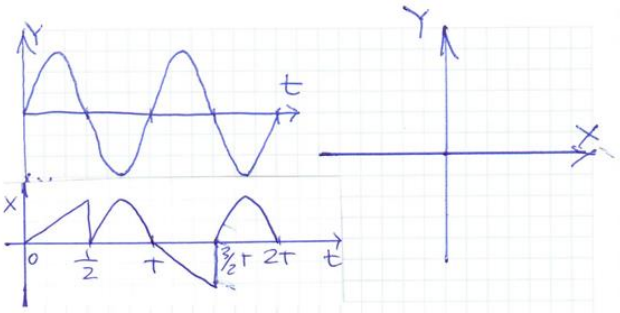
29.Как повышается точность в цифровых измерительных приборах с микропроцессорами?

30.Структурная схема цифровых частотомеров.

31.На входе вертикального отклонения Y ЭЛО действует синусоидальное напряжение. На входе горизонтального отклонения ЭЛО действует напряжение, представленное в задании. Генератор развертки ЭЛО выключен. Найти изображение на экране ЭЛО.



32.На входе вертикального отклонения Y ЭЛО действует синусоидальное напряжение. На входе горизонтального отклонения ЭЛО действует напряжение, представленное в задании. Генератор развертки ЭЛО выключен. Найти изображение на экране ЭЛО.



33.Проводим при нормальных условиях поверку цифрового вольтметра класса точности **2,5/1,5**. Результаты испытаний цифрового вольтметра в контрольных точках диапазона измерений приведены в таблице.

Принять решение о годности прибора к дальней эксплуатации – **Годен/Не годен**

Контрольные точки диапазона измерений, В	**0,000**	**5,000**	**10,000**	**15,000**	**20,000**
Действительное значение измеряемой величины, В	**0,171**	**5,283**	**9,739**	**14,781**	**19,689**
Абсолютные погрешности, В					

34.Источники погрешностей цифровых частотомеров.

35.АЦП кодо-импульсные, структурная схема, точность, быстродействие.

36.Имеем магнитоэлектрический измерительный механизм с током полного отклонения **Iполн. откл.**, номинальным сопротивлением обмотки рамки **Rрамки,** предельным отклонением сопротивления обмотки рамки от номинального значения **δо,п, Rрамки .** Рассчитать значение добавочного сопротивления **Rдобав** для получения вольтметра с диапазоном показаний **0-Uнорм.** Предельное отклонение значения добавочного сопротивления от номинального значения **δо, добав.**

Найти предельное значение основной погрешности вольтметра **δо,п**, вызванной отклонениями сопротивлений **Rрамки** и **Rдобав** от номинальных значений.

Результаты внести в таблицу.

Iполн. откл.	Rрамки	δо,п, Rрамки	0-Uнорм	Rдобав	δо, добав	δо,п
0,1 мА	**1кОм**	**5,0%**	**10В**		**0,05%**	

37.Имеем магнитоэлектрический измерительный механизм с током полного отклонения **Iполн. откл.** , номинальным сопротивлением обмотки рамки **Rрамки,** предельным отклонением сопротивления обмотки рамки от номинального значения **δо,п, Rрамки .** Рассчитать значение шунтирующего сопротивления **Rшунта** для получения амперметра с диапазоном показаний **0-Iнорм.** Предельное отклонение значения шунтирующего сопротивления от номинального значения **δо, шунта.**
Найти предельное значение основной погрешности амперметра **δо,п**, вызванной отклонениями сопротивлений **Rрамки** и **Rшунта** от номинальных значений
Результаты внести в таблицу.

Iполн. откл.	Rрамки	δо,п, Rрамки	0- Iнорм	Rшунта	δо, шунта	δо,п
1мА	**1кОм**	**0,05%**	**10А**		**0,05%**	

38.Усилитель с последовательной отрицательной обратной связью по напряжению с коэффициентом усиления **Ку = К/(1+Кβ),** где **К-** номинальный коэффициент усиления собственно усилителя, **β** – номинальный коэффициент передачи звена обратной связи. Предельные относительные значения отклонений от номинальных значений **К и β**: **δК,п** и **δβ,п** указаны в таблице. Найти номинальное значение **Ку** и предельное отклонение **Ку** от номинального значения **δКу,п**, вызванное отклонениями от номинальных значений **К и β**.

Результаты внести в таблицу.

К	β	δК,п	δβ,п	Ку	δКу,п
10 000	0,0001	**+/- 1%**	**+/-0,1%**		

39.Источники погрешностей результатов измерений аналоговых осциллографов.
40.Источники погрешностей результатов измерений цифровых осциллографов.
41.Как проводится калибровка амплитуды и длительности в осциллографах?
42.АЦП с двухтактным интегрированием, структурная схема, точность, быстродействие.
43.Как проводится измерение мгновенных значений и длительности исследуемого сигнала?
44.Класс точности цифровых измерительных приборов?
45.Погрешность дискретности измерительных приборов.
46.Методы аналого-цифрового преобразования (АЦП).
47.АЦП время-импульсные, структурная схема, точность, быстродействие.
48.АЦП частотно-импульсные, структурная схема, точность, быстродействие.
49.АЦП кодо-импульсные, структурная схема, точность, быстродействие.
50.Генератор развертки в аналоговых осциллографах, назначение, свойства, источники погрешностей.
51. Чем систематическая погрешность результата измерения отличается от случайной?
52.Что такое доверительный интервал и доверительная вероятность?
53.Приведите примеры систематических и случайных погрешностей?
54.Примеры законов распределения случайных погрешностей: закон равномерной плотности, нормальный закон .
55.Как можно суммировать независимые случайные величины?
56.Какой вывод делает центральная предельная теорема теории вероятностей?

Материалы для проверки остаточных знаний

1.Абсолютная погрешность в классической метрологии определяется или обозначается как:

Ответы:

А) X – Хи Б) Хи – X В) ≈ (X – Хд)

Верный ответ: А,В

2.Абсолютная погрешность в классической метрологии обозначается как:

Ответы:

А) ≈ (X – Хд) Б) Δ В) δ

Верный ответ: А, Б

3.Относительная погрешность в классической метрологии обозначается как

Ответы:

А) ≈ (X – Хи) Б) 100*Δ/X (%) В) |Хи - X|

Верный ответ: Б

4.Приведенная погрешность обозначается как:

Ответы:

А) γ Б) Хи – X В) 100*Δ/XN (%)

Верный ответ: А, В

5.Запишите результат 47,11*10-9В с использованием дольных или кратных единиц.

Ответы:

А) 47,11 нВ Б) 47,11 МВ В) 47,11 Нв

Верный ответ: А

6.Запишите результат с использованием кратных или дольных единиц: 9,15*106 Ом

Ответы:

А) 9,15 кОм Б) 9,15 МОм В) 9,15 мОм

Верный ответ: Б

7.К электрическим физическим величинам относятся:

Ответы:

А) ток Б) индуктивность В) давление

Верный ответ: А, Б

8.Выберите НЕВЕРНУЮ запись ответа.

Ответы:

А) I=(20,00±0,015)мА;P=1 Б) C=(73,4±3,7)пФ;P=1 В) L=(5,79±0,125)мкГн;P=1

Верный ответ: В

9.Выберите ВЕРНУЮ запись ответа.

Ответы:

А) θ=(57,8±1,34)°C;P=1 Б) U=(11,75±0,29)В В) R=(1174±10,15)кОм;P=1

Верный ответ: А

10.Относительная погрешность обозначается как:

Ответы:

А) δ Б) Хи – X В) δ≈100*Δ/X (%)

Верный ответ: А, В

11.Погрешность результата измерения может содержать следующие составляющие:

Ответы:

А) основную Б) случайную В) объективную

Верный ответ: А, Б

12.Какие погрешности следует учесть при использовании мультиметров в режиме измерения напряжения на постоянном токе?

Ответы:

А) инструментальную Б) округления В) частотную

Верный ответ: А, Б

13.Класс точности показывает:

Ответы:
А) Предельно-допустимую приведенную погрешность
Б) Максимально возможную погрешность взаимодействия
В) Предельно-допустимую методическую погрешность
Верный ответ: А
14.Основная погрешность- это погрешность при:
Ответы:
А) Нормальных условиях
Б) Рабочих условиях
В) Условиях хранения
Верный ответ: А
15.Дополнительная погрешность – имеет место при:
Ответы:
А) Нормальных условиях
Б) Рабочих условиях
В) Условиях хранения
Верный ответ: Б
16.Что может вызвать дополнительную погрешность при измерении напряжения
Ответы:
А) Температура
Б) Состояние здоровья экспериментатора
В) Неправильное подключение вольтметра к источнику измерения
Верный ответ: А
17.Прямые измерения:
Ответы:
А) Экспериментатор расположен прямо перед отсчетным устройством средства измерений
Б) Результат получается непосредственно из опытных данных
В) Погрешность прямых измерений прямо-пропорциональна измеряемой величине
Верный ответ: Б
18.Косвенные измерения:
Ответы:
А) Экспериментатор расположен неудобно относительно отсчетного устройства средства измерений и вынужден пользоваться вспомогательными средствами, чтобы отсчитать результат
Б) Результат находится на основании известной зависимости между результатами прямых измерений и искомой величиной
В) Результат измерения обязательно сравнивается с результатом более точного средства измерений
Верный ответ: Б
19.Единство измерений это:
Ответы:
А) все измерения проводят одним и тем же прибором;
Б) измерения проводят в одном месте;
В) результаты измерений выражены в произвольных единицах физических величин;
Г) результаты измерений выражены в узаконенных единицах измерений;
Д) погрешности измерений указаны обязательно в абсолютной форме.
Верный ответ: Г
20.**К какому виду измерений можно отнести измерение вольтметром напряжения:**
Ответы:
А) прямое;
Б) косвенное;

В) совокупное;
Г) совместное;
Верный ответ: А

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5
Нижний порог выполнения задания в процентах: 90
Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4
Нижний порог выполнения задания в процентах: 75
Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3
Нижний порог выполнения задания в процентах: 50
Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно.

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется по результатам успеваемости студента в течение семестра в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой составляющей.