

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

Направление подготовки/специальность: 12.03.01 Приборостроение

Наименование образовательной программы: Приборы и методы контроля качества и диагностики

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Метрология, стандартизация и сертификация**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Долгачева Е.А.
	Идентификатор	R642c74eb-DolgachevaYA-3415edf

Е.А.
Долгачева

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Хвостов А.А.
	Идентификатор	Rd7c1e2e7-KhvostovAA-a55ec66d

А.А. Хвостов

Заведующий
выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Самокрутов А.А.
	Идентификатор	R145b9cc2-SamokrutovAA-7b5e7df

А.А.
Самокрутов

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-3 Способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учетом специфики методов и средств технических измерений в приборостроении

ИД-2 Обрабатывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Выполнение задания

1. Контроль освоения знаний и умений. Часть 1 (Контрольная работа)
2. Контроль освоения знаний и умений. Часть 2 (Контрольная работа)
3. Контроль освоения знаний и умений. Часть 3 (Контрольная работа)
4. Контроль освоения знаний и умений. Часть 4 (Контрольная работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Комплекс лабораторных работ. Часть 1 (Коллоквиум)
2. Комплекс лабораторных работ. Часть 2 (Коллоквиум)
3. Комплекс лабораторных работ. Часть 3 (Коллоквиум)
4. Комплекс лабораторных работ. Часть 4 (Коллоквиум)

БРС дисциплины

6 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %								
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
	Срок КМ:	4	7	10	14	9	11	12	13
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:	10	15	10	15	15	10	15	10

7 семестр

Раздел дисциплины	Весы контрольных мероприятий, %
	Индекс КМ:
	Срок КМ:
Вес КМ:	

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

БРС курсовой работы/проекта

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	14
Ознакомление с заданием на проект, с методическими указаниями, алгоритмом проектирования и характеристикой исходных данных курсовой работы		+			
Формирование конкурентных вариантов схем		+			
Выбор и расчет структурной схемы			+		
Расчет функциональной схемы			+		
Выбор элементов принципиальной схемы				+	
Метрологический расчет				+	+

Оформление отчета				+
Всего КМ:	25	25	25	25

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-3	ИД-2 _{ОПК-3} Обработывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов	Знать: Основные принципы и методы измерения электрической мощности и энергии Погрешности измерений, классификация, формы нормирования, способы оценки погрешностей измерений Основные свойства и характеристики современных приборов для измерения напряжений, токов и сопротивлений Принцип действия, конструкцию и особенности работы цифровых измерительных приборов частотно-временной группы Основные методы и особенности применения универсальных RLC-измерителей	Контроль освоения знаний и умений. Часть 1 (Контрольная работа) Контроль освоения знаний и умений. Часть 2 (Контрольная работа) Контроль освоения знаний и умений. Часть 3 (Контрольная работа) Контроль освоения знаний и умений. Часть 4 (Контрольная работа) Комплекс лабораторных работ. Часть 1 (Коллоквиум) Комплекс лабораторных работ. Часть 2 (Коллоквиум) Комплекс лабораторных работ. Часть 3 (Коллоквиум) Комплекс лабораторных работ. Часть 4 (Коллоквиум)

		Принцип действия АО и ЦО и их практического применения для измерения параметров электрических сигналов Особенности работы современных цифровых мультиметров Теоретические основы и практические особенности преобразователей температуры в электрические величины Общую характеристику, принцип действия, конструкцию аналоговых электроизмерительных устройств Методы и схемы измерений фазового сдвига во всех частотных диапазонах Общую характеристику, принцип действия, конструкцию цифровых электроизмерительных устройств Виды и методы измерений, классификацию измерений, способы оценки погрешностей средств измерений Методы и особенности	
--	--	--	--

		измерения электрических физических величин Методы и особенности измерения неэлектрических физических величин Уметь: Оценивать погрешности измерений в зависимости от выбранного метода измерений Применять современные СИ для измерения параметров формы сигналов и производить всесторонний анализ произведенных измерений на ПК Применять измерительные преобразователи для проведения контактных измерений температуры и рассчитывать вносимые ими погрешности Выбирать средства измерений, пригодные для конкретных измерительных задач, оптимальные по метрологическим характеристикам Выбирать и использовать в конкретных условиях	
--	--	---	--

		измерения приборы для прямых измерений электрических величин и рассчитывать погрешности измерений Выбирать оптимальную схему измерений при использовании универсальных средств измерений и рассчитывать все составляющие погрешности измерений Производить выбор средств измерений в зависимости от характеристик исследуемых величин Выбирать оптимальный метод измерений и средство измерений для конкретной измерительной задачи Выбирать наиболее точный метод измерения и средства измерений; рассчитывать погрешности измерений, произведенных с помощью АО и ЦО Оценивать погрешности прямых и косвенных измерений для цепей переменного электрического тока	
--	--	---	--

		Оценивать погрешности измерений цифровыми средствами измерений и сравнивать их с аналоговыми вариантами СИ Использовать предоставленные средства измерений для оптимальных измерений Оценивать погрешности результатов измерений Работать с цифровыми приборами частотно-временной группы, рассчитывать их метрологические характеристики и выбирать оптимальный режим их работы	
--	--	--	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Контроль освоения знаний и умений. Часть 1

Формы реализации: Выполнение 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 темами “Общие понятия метрологии. Термины и определения.

Погрешности измерений” и “Общая характеристика аналоговых электроизмерительных устройств”..

Индивидуальное задание состоит из теста на знания, теоретического вопроса и двух вопросов на умения.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: Виды и методы измерений, классификацию измерений, способы оценки погрешностей средств измерений	1.Какие из указанных величин НЕ ЯВЛЯЮТСЯ физическими величинами? А) длина Б) ширина В) скорость Г) масса Д) вес Правильно Б и Д. 2.Укажите, что НЕ ЯВЛЯЕТСЯ средством измерения. А) мера Б) измерительный преобразователь В) измерительный прибор Г) измерительная установка Д) измерительная система Правильно Б. 3.При каких измерениях ВСЕГДА проводят измерения нескольких физических величин? А) прямые Б) косвенные В) совместные Г) статистические Д) совокупные Правильно В и Г. 4.Что не относится к средствам измерительной техники? А) измерительный преобразователь
--	--

	Б) средства сравнения В) индикаторы Г) меры Д) компараторы Правильно Г. 5.Какое значение физической величины не используется для нахождения относительной погрешности? А) измеренное Б) истинное В) действительное Правильно Б. 6.Укажите известные Вам законы распределения случайных величин. А) равномерной плотности Б) Синуса В) Симпсона Г) Гаусса Д) Косинуса Правильно А, В, Г. 7.Форма записи результата измерения. Выберите правильные варианты. А) 105,8 В; от -1,3 до 1,9 В; $P=0,99$ Б) $(100,00 \pm 1,4)$ В; $P=1,0$ В) $(0,1265 \pm 0,0014)$ В; $P=0,95$ Г) 124,8 мВ; от -0,8 до 1,2 мВ; $P=0,99$ Д) 124,2 мВ; от -1,2 до +1,4 мВ; $P=1$ Правильно А и Д. 8.Соотношение доверительных интервалов и доверительных вероятностей. Измерена одна и та же физическая величина. Указаны разные значения и разные вероятности. Выберите то, что не соответствует здравому смыслу. А) $P=0,95$; от 1,8 до 2,1 В Б) $P=1$; от -1,9 до 2,7 В В) $P=0,99$; от -2,1 до 2,7 В Г) $P=0,9$; от -1,4 до 1,9 В Д) $P=0,997$; от -1,85 до 2,9 В Правильно В и Д. 9.Для определения результата измерения используются некоторые метрологические характеристики. Выберите НЕВЕРНОЕ. А) цена деления Б) градуировочная характеристика В) диапазон измерения Г) номинальное значение меры Д) дрейф показаний
--	---

	Правильно В, Д. 10.Какая характеристика отвечает за наименьшее значение измеряемой физической величины, начиная с которого может быть осуществлено измерение этим средством измерения? А) смещение нуля Б) чувствительность В) порог чувствительности Правильно В.
Знать: Общую характеристику, принцип действия, конструкцию аналоговых электроизмерительных устройств	1.Чем отличаются средства измерений от других технических средств? 2.Почему измерительные преобразователи не относят к средствам измерений? 3.Приведите пример методической погрешности результата измерения. 4.Чем систематическая погрешность результата измерения отличается от случайной? 5.Как оценивается точность результата измерения? 6.Как и для чего вводятся поправки в результаты измерений? 7.Какие формы представления результатов измерений Вам известны? 8.Для решения каких задач используются <i>метрологические характеристики</i> средств измерительной техники? Какие <i>метрологические характеристики</i> средств измерительной техники Вам известны? 9.По каким признакам классифицируются <i>метрологические характеристики</i> средств измерительной техники? 10.Какая составляющая погрешности средства измерений называется <i>основной</i>? 11.Какая составляющая погрешности средства измерений называется <i>дополнительной</i>? 12.Дайте определения <i>абсолютной, относительной и приведенной погрешности</i> средства измерений.
Уметь: Выбирать средства измерений, пригодные для конкретных измерительных задач, оптимальные по метрологическим характеристикам	1.Рассчитайте <i>предельное значение Δ_p погрешности результата косвенного измерения</i> для доверительной вероятности $P = 1$ и ее <i>граничное значение Δ_g</i> для $P = 0,95$. 2.Найдите точные значения коэффициента K в формуле (1.41) для $P = 0,95$ и для $P = 0,99$, если число частных погрешностей $n = 2$ и если каждая из них распределена по закону равномерной плотности в интервале $\pm d_{li}$. 3.Найдите точные значения коэффициента K в формуле (1.41) для $P = 0,95$ и для $P = 0,99$, если число частных погрешностей $n = 10$ и если каждая из них распределена по одному и тому же закону равномерной плотности в интервале $\pm d_{li}$.

	4. Погрешность Δ распределена по закону равномерной плотности в интервале $\pm \Delta_p$. Найдите аналитические выражения для плотности вероятности $f(\Delta)$ и функции распределения $F(\Delta)$ этой погрешности, а также ее среднее квадратическое отклонение σ. Постройте графики $f(\Delta)$ и $F(\Delta)$. 5. При моделировании погрешности Δ по методу статистических испытаний получено N реализаций этой погрешности. Построить <i>гистограмму</i> – экспериментально найденную плотность вероятности $f(\Delta)$? Как использовать гистограмму для определения граничного значения погрешности Δ_g для заданной доверительной вероятности P и как решать обратную задачу?
Уметь: Оценивать погрешности результатов измерений	1. Вольтметром с классом точности 2,5 и нормирующим значением, равным 300 В, проведено измерение - 175 В. Чему равно предельное значение абсолютной основной погрешности? Рассчитайте значение и выберите его из предложенных вариантов. А) 4,375 В Б) 7,5 В В) 4,4 В Г) 7,50 В Д) 4,3 В Ответ Б. 2. Цифровым вольтметром с классом точности 4,0/2,5 и пределом измерения 100 В измерено напряжение. Его величина составила 80 В. Рассчитайте предельное значение абсолютной основной погрешности и выберите его из предложенных вариантов. А) 4,625 В Б) 4,7 В В) 3,8 В Г) 3,7 В Д) 2,80 В Ответ Г. 3. Про измерение известно, что оно происходило при температуре окружающей среды 27 градусов Цельсия. При этом, диапазон нормальных значений температуры 20+-5 градусов Цельсия, рабочий диапазон температур от 0 до 40 градусов Цельсия. Предельное значение абсолютной основной погрешности 5,0 В. Известно, что на каждые 10 градусов погрешность УДВАИВАЕТСЯ. Рассчитайте предельное значение дополнительной температурной погрешности и выберите его из предложенных вариантов. А) 0 В Б) 1,0 В

	В) 3,5 В Г) 6,0 В Д) 10 В Ответ В.
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

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: 60

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-2. Контроль освоения знаний и умений. Часть 2

Формы реализации: Выполнение 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 темами “Общая характеристика цифровых электроизмерительных устройств” и “Измерение токов и напряжений”.

Индивидуальное задание состоит из 5 вопросов на знания и 5 вопросов на умения.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: Методы и особенности измерения электрических физических величин	1.Какие измерительные механизмы используются для создания вольтметров? Приведите сравнительную таблицу основных характеристик. 2.Какие измерительные механизмы используются для создания амперметров? Приведите сравнительную таблицу основных характеристик. 3.Какие измерительные механизмы используются в цепях постоянного тока, а какие – в цепях переменного тока? Каков их принцип действия? 4.Чем различаются схемы электромеханических амперметров и вольтметров?
--	---

	5.Как устроены приборы выпрямительной и термоэлектрических систем? Каковы области их применения? 6.В чем преимущества аналоговых электронных вольтметров по сравнению с электромеханическими? 7.Как устроены аналоговые электронные вольтметры? Каковы области их применения? 8.Какие методические погрешности могут возникать при работе с аналоговыми электронными вольтметрами? 9.Каков принцип действия компенсатора постоянного напряжения? За счет чего они обеспечивают высокую точность измерений? 10.Что такое мультиметр? Какие электрические величины измеряются мультиметрами? 11.В чем преимущества цифровых вольтметров перед аналоговыми?
Знать: Общую характеристику, принцип действия, конструкцию цифровых электроизмерительных устройств	1.Дайте определения <i>аддитивной, мультипликативной и нелинейной составляющих погрешности средства измерительной техники.</i> 2.Почему <i>нелинейную составляющую погрешности средства измерительной техники</i> называют иногда <i>погрешностью линейности</i>? Для каких <i>функций преобразования измерительных преобразователей</i> это имеет смысл? 3.Какую информацию о погрешности средства измерений дает его <i>класс точности</i>? 4.Сформулируйте <i>закон накопления частных погрешностей.</i> 5.Сформулируйте <i>задачу суммирования погрешностей.</i> 6.Что такое <i>исправленное значение результата измерения</i>? 7.Какое измерение называют <i>косвенным</i>? Как <i>найти результат косвенного измерения</i>?
Уметь: Оценивать погрешности измерений цифровыми средствами измерений и сравнивать их с аналоговыми вариантами СИ	1.Номинальная функция преобразования термопреобразователя сопротивления имеет следующий вид: $R_{t,0} = (1 + 0,00428 \cdot t) \cdot 100 \text{ Ом}$. Определите относительную погрешность преобразователя по входу, если в результате эксперимента получены следующие действительные значения температуры и сопротивления: $t_{д} = 20,00^{\circ}\text{C}$, $R_{t, д} = 109,0 \text{ Ом}$. 2.Номинальная функция преобразования термопреобразователя сопротивления имеет следующий вид: $R_{t,0} = (1 + 0,00428 \cdot t) \cdot 100 \text{ Ом}$. Определите относительную погрешность преобразователя по выходу, если в результате эксперимента получены следующие действительные значения температуры и сопротивления: $t_{д} = 50,00^{\circ}\text{C}$, $R_{t, д} = 121,0 \text{ Ом}$. 3.Вольтметры V1 и V2 имеют одинаковые диапазоны

	показаний – (0..30)В. Классы точности V1 и V2 – соответственно, 0,2 и 0,4 /0,1. Полагая, что существенны только основные погрешности вольтметров, определите интервалы в пределах диапазона (0..30)В, для каждого из которых один из вольтметров по точности измерений превосходит другой. 4. Диапазон измерений вольтметра - (0..30)В, предел допускаемой приведенной погрешности - 0,5%. С помощью данного вольтметра получено значение напряжения, равное 9,5 В. После определения посредством более точного вольтметра действительного значения напряжения выяснилось, что относительная погрешность первого вольтметра составила 1,5%. Не противоречит ли это заявленной для первого вольтметра точности? 5. Вольтметры V1 и V2 имеют одинаковые диапазоны показаний – (0..100)В. Классы точности V1 и V2 – соответственно, 0,2/0,1 и 0,2. С помощью V1 измерили выходное напряжение некоторого источника, при этом измеренное значение $U_1 = 50,0$ В. Затем вместо V1 к тому же источнику подключили V2. Полагая, что существенны только основные погрешности вольтметров, определите интервал, в котором оказалось измеренное с помощью V2 значение U_2. 6. Предел допускаемой относительной погрешности цифрового частотомера определяется выражением $\Delta p = [2 \cdot 10^{-5} + 1/(f \cdot T_{сч})] \cdot 100\%$, где f – измеренное значение частоты, $T_{сч}$ – значение времени счета, которое выбирается из ряда: (0,001; 0,01; 0,1; 1; 10)с. Требуется измерить частоту, приблизительно равную 10 кГц, с абсолютной погрешностью, не превышающей по абсолютной величине 2,5 Гц. Определите минимально необходимое для этого время счета. 7. Измеритель сопротивления подключается к объекту измерения с помощью двухпроводной линии связи. Сопротивление каждого из проводов не превышает 10 мОм. Влияние сопротивления проводов на результаты измерений не учитывается (что приводит к погрешности метода). Найдите нижнюю границу диапазона измерений, для которого погрешность метода по модулю не превысит 0,001%. 8. Сопротивление изоляции между входными зажимами измерителя сопротивления превышает 10 ТОм. Влияние этого сопротивления на результаты измерений не учитывается (что приводит к погрешности метода).
--	---

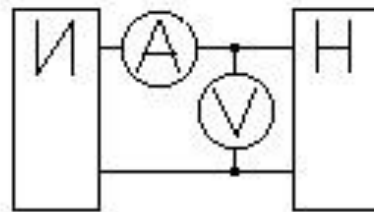
Найдите верхнюю границу диапазона измерений, для которого погрешность метода по модулю не превысит 0,001%.

9.Выполняется косвенное измерение индуктивности катушки L . Используется следующая расчетная формула: $L=U/(2\pi fI)$, где U, I - измеренные действующие значения напряжения и тока, f - частота. При этом не учитывается активное сопротивление катушки R (что приводит к погрешности метода).

Как должна быть ограничена частота f для того, чтобы относительная погрешность метода не превышала 0,5%, если значения индуктивности и сопротивления приблизительно равны, соответственно, 1мГн и 63 Ом?

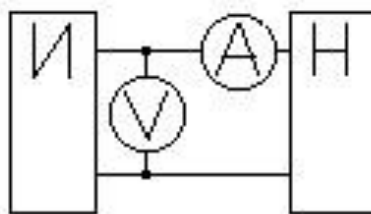
10.Мощность P , потребляемая нагрузкой (Н) от источника постоянного тока (И), измеряется косвенно с помощью постоянно подключенных вольтметра (V) и амперметра (A). Расчет выполняется по формуле $P = I \cdot U$, где I, U - показания, соответственно, A и V. При этом не учитывается влияние на результат измерения внутреннего сопротивления приборов, что приводит к погрешности метода.

Определите значение относительной погрешности метода, если $U=1,00$ В, $I=100$ мА, $R_V=1$ кОм, $R_A = 0,1$ Ом.



11.Мощность P , потребляемая нагрузкой (Н) от источника постоянного тока (И), измеряется косвенно с помощью постоянно подключенных вольтметра (V) и амперметра (A). Расчет выполняется по формуле $P = I \cdot U$, где I, U - показания, соответственно, A и V. При этом не учитывается влияние на результат измерения внутреннего сопротивления приборов, что приводит к погрешности метода.

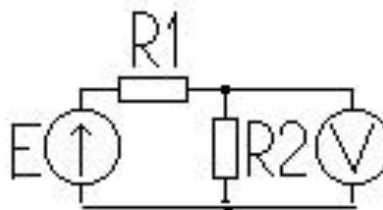
Определите значение относительной погрешности метода, если $U=1,00$ В, $I=100$ мА, $R_V=1$ кОм, $R_A=0,1$ Ом.



12. Для измерения емкости конденсатора его, предварительно полностью разрядив, заряжают в течение интервала времени Dt от источника постоянного напряжения U_0 , имеющего выходное сопротивление $R_{\text{вых}}$, до напряжения U . Полагая, что ток заряда в течение Dt остается неизменным, искомое значение емкости рассчитывают как $C = (U_0 \cdot Dt) / (U \cdot R_{\text{вых}})$. Указанное предположение является причиной погрешности метода. Найдите значение относительной погрешности метода δ_m , если $U_0 = 5 \text{ В}$, $Dt = 1 \text{ мс}$, $U = 0,25 \text{ В}$, $R_{\text{вых}} = 1 \text{ кОм}$.

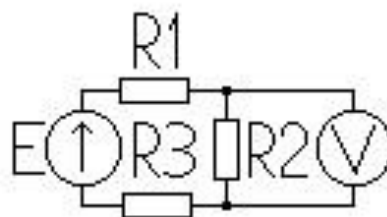
13. Оцените погрешность взаимодействия для прибора, включенного в приведенную схему, если известно, что:

$R_1 = 2 \text{ кОм}$; $R_2 = 3 \text{ кОм}$;
 $R_V > 60 \text{ кОм}$; $U_V = 500 \text{ мВ}$.



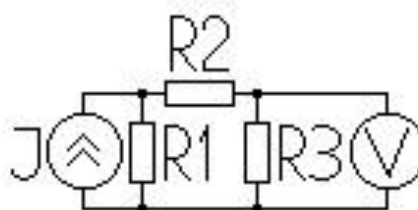
14. Оцените погрешность взаимодействия для прибора, включенного в приведенную схему, если известно, что:

$R_1 = 100 \text{ Ом}$; $R_2 = 200 \text{ Ом}$; $R_3 = 100 \text{ Ом}$;
 $R_V > 10 \text{ кОм}$; $U_V = 100 \text{ В}$.



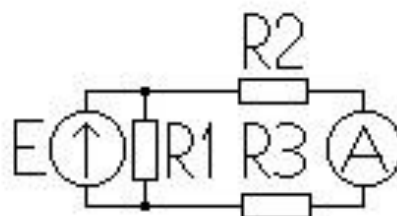
15. Оцените погрешность взаимодействия для прибора, включенного в приведенную схему, если известно, что:

$R_1 = 2 \text{ кОм}$; $R_2 = 1 \text{ кОм}$; $R_3 = 1 \text{ кОм}$;
 $R_V > 15 \text{ кОм}$; $U_V = 200 \text{ мВ}$.



16. Оцените погрешность взаимодействия для прибора, включенного в приведенную схему, если известно, что:

$R_1 = 500 \text{ Ом}$; $R_2 = 300 \text{ Ом}$; $R_3 = 200 \text{ Ом}$;
 $R_A < 5 \text{ Ом}$; $I_A = 100 \text{ мА}$.



17. Случайная погрешность измерения напряжения распределена по закону равномерной плотности и имеет нулевое математическое ожидание. Вероятность того, что значение погрешности

	превышает 1,8 мкВ, равна 0,2. Определите дисперсию погрешности. 18.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. 19.Случайная погрешность измерения напряжения распределена по закону равномерной плотности. Известны вероятности того, что значение погрешности не превышает 200 мкВ и 300 мкВ. Они, соответственно, равны 0,25 и 0,5. Определите дисперсию погрешности. 20.Случайная погрешность измерения напряжения распределена по закону равномерной плотности. Вероятность того, что значение погрешности не превышает 100 мкВ, равна 0,1. Вероятность того, что значение погрешности превышает 500 мкВ, равна 0,1. Определите математическое ожидание погрешности. 21.Случайная погрешность измерения напряжения D распределена по закону Симпсона с параметрами $m=0$, $s=0,4$ мВ. Определите вероятность попадания D в интервал $[-1,0$ мВ; $1,0$ мВ]. 22.Случайная погрешность измерения напряжения D распределена по закону Симпсона. Математическое ожидание D равняется нулю. Вероятность того, что $\frac{1}{2}D^{1/2} > 0,9$ мВ, равняется 0,01. Определите максимально возможное значение D. 23.Случайная погрешность измерения напряжения D распределена по закону Симпсона. Математическое ожидание D равняется нулю, а максимальное значение плотности вероятности – 4 мВ⁻¹. Определите дисперсию D. 24.Случайная погрешность измерения напряжения D распределена по закону Симпсона. Ее максимальное значение равняется 2,0 мВ, а математическое ожидание – нулю. Определите вероятность попадания D в интервал $[-1,0$ мВ; $1,0$ мВ].
Уметь: Производить выбор средств измерений в зависимости от характеристик исследуемых величин	1.Измерено значение напряжения $U_{ИЗМ}=23,75$ В, $R_{ИСТ} < 1$ Ом, $T=21$ °С. Данные вольтметра: $U_K=25,00$ В, к.т. 0,1/0,05, $T_N=(20\pm 5)$ °С, $T_P=10...35$ °С, $R_V=(10\pm 1)$ МОм. Рассчитать погрешность и записать результат измерения для $P=0,95$. 2.Имеются результаты измерения напряжения вольтметром: $U_{ИЗМ}=1,5$ В; $R_{ИСТ}=100$ Ом; $T=13$ °С; округление до 0,1 деления. Данные вольтметра: $U_K=3,0$ В; к.т. 0,5;

	$RV=(1\pm0,5)$ кОм; $TН=(20\pm5)$ °C, $TP=10...35$ °C. Рассчитать погрешность и записать результат для $P=1$. 3.К выходу источника постоянного тока с внутренним сопротивлением $Rи = 5$ Ом подключен амперметр, показание которого $a = 50,5$ дел. (отсчет выполнен с округлением до 1/2 дел.). Измерение выполняется при температуре окружающей среды $T = 10$ оC. Характеристики амперметра: класс точности 0,5; диапазон показаний — (0...2)А; шкала содержит 100 делений; нормальная область значений температуры — (20 ± 5) оC; рабочая область значений температуры — (10...35) оC; $RA = (0,100 \pm 0,050)$ Ом. Представить результат измерения в виде двух доверительных интервалов для доверительных вероятностей, равных 1 и 0,99. 4.К выходу источника синусоидального напряжения с внутренним сопротивлением $Rи = 5$ кОм подключен вольтметр, показание которого $U = 5,00$ В. Измерение выполняется при нормальных условиях. Характеристики вольтметра: класс точности 0,5; диапазон показаний (0...10) В; RV^3 1 МОм; $хC, V^3$ 50 кОм. Полагая, что погрешность отсчитывания пренебрежимо мала, представить результат измерения в виде доверительного интервала для доверительной вероятности, равной 1. 5.К выходу источника постоянного напряжения с внутренним сопротивлением $Rи = (100 \pm 10)$ кОм подключен цифровой вольтметр, показание которого $U = -1,5371$ В. Измерение выполняется при температуре окружающей среды $T = 35$ оC. Характеристики вольтметра: класс точности 0,1/0,05; диапазон показаний (0...–2) В; нормальная область значений температуры (20 ± 2) оC; рабочая область значений температуры (0...40) оC; $K_{вл.т} = Do.п / 20$ оC; $RV = (10,0 \pm 0,5)$ МОм. Представить результат измерения в виде двух доверительных интервалов для доверительных вероятностей, равных 1 и 0,9.
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

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: 60

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-3. Контроль освоения знаний и умений. Часть 3

Формы реализации: Выполнение 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 темами "Измерение параметров цепей постоянного и переменного тока" и "Измерение мощности и энергии".

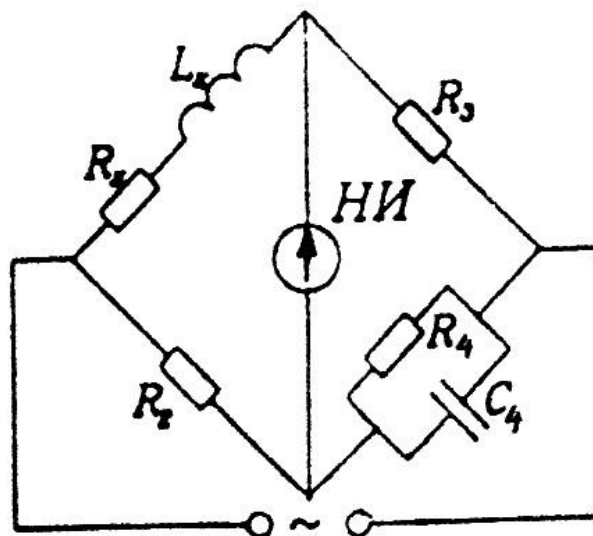
Индивидуальное задание включает в себя три вопроса на знания и два вопроса на умения.

Контрольные вопросы/задания:

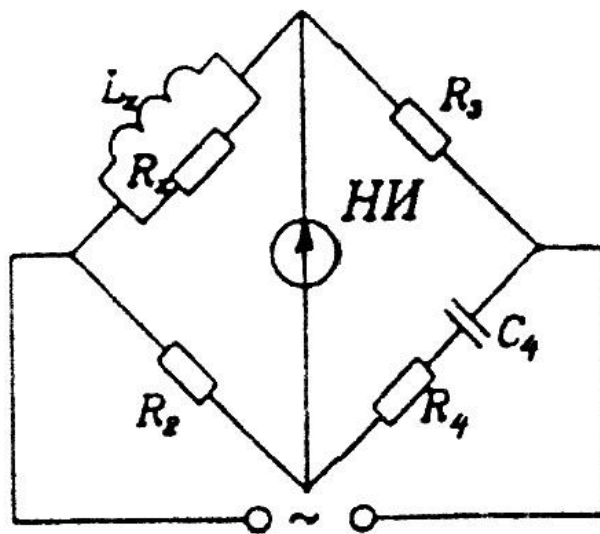
Знать: Основные принципы и методы измерения электрической мощности и энергии	1.Что собой представляет такая физическая величина, как мощность электрических колебаний? 2.Как записывается аналитическое выражение для активной мощности в случае периодического сигнала? 3.Перечислите основные методы измерения мощностей в различных частотных диапазонах. 4.Объясните принцип действия электродинамического ваттметра. 5.Какой алгоритм математических операций лежит в основе ваттметра на перемножителях? 6.Каковы особенности измерения мощности электромагнитных колебаний в диапазоне СВЧ? 7.Как строятся ваттметры поглощающей мощности для диапазона СВЧ? 8.В чем заключается терморезисторный метод измерения электрической мощности в СВЧ-диапазоне? 9.Какие типы мостов применяют при измерении электрической мощности с помощью термопар? 10.На чем основан калориметрический метод измерения мощности? 11.Как работают ваттметры проходящей мощности? Приведите примеры. 12.На каком принципе основаны измерители
---	---

	мощности, использующие преобразователь Холла? 13.Как осуществляется измерение мощности с преобразователями Холла? 14.Какие методы используются при измерениях мощности и энергии лазерного излучения? 15.Объясните принцип действия цифрового ваттметра по его упрощенной структурной схеме. 16.Какие измерители мощности и энергии для сетей электроснабжения Вам известны?
Знать: Погрешности измерений, классификация, формы нормирования, способы оценки погрешностей измерений	1.Какие методы и средства измерения сопротивлений на постоянном токе Вам известны? 2.Каков принцип действия моста постоянного тока? От чего зависит точность моста? 3.Каков принцип действия мультиметра в режиме измерения сопротивлений? 4.В чем особенности измерения малых сопротивлений? 5.Как измерить малое сопротивление с высокой точностью? 6.Как измерить большое сопротивление с высокой точностью? Каковы особенности используемых для этой цели средств измерений? 7.Каков принцип действия моста переменного тока? Какие физические величины могут быть измерены мостом переменного тока? 8.Приведите пример схемы моста переменного тока, предназначенного для измерения параметров схем замещения конденсаторов. 9.Какие методы и средства измерения параметров катушек индуктивностей Вам известны? 10.Какие методы и средства измерения параметров конденсаторов Вам известны? 11.Как измерить взаимную индуктивность двух катушек? Какова оптимальная схема проведения эксперимента на практике? Как рассчитать погрешность такого измерения? 12.Как измерить добротность - электрического контура, катушки индуктивности или конденсатора?

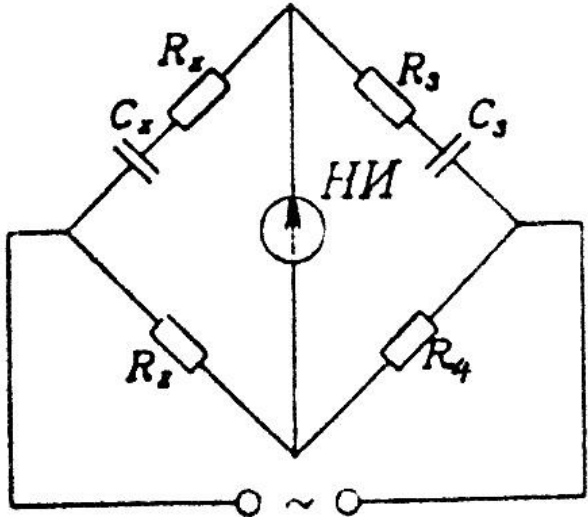
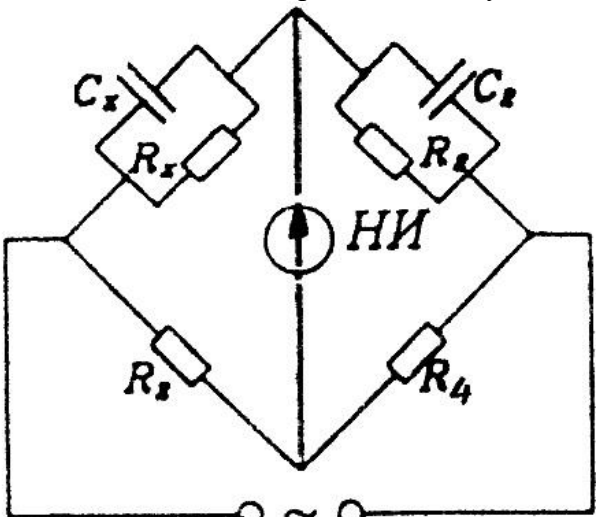
Уметь: Выбирать оптимальный метод измерений и средство измерений для конкретной измерительной задачи



1. Выведите условие равновесия для заданного моста переменного тока. При каких параметрах схемы замещения катушки индуктивности он используется?
2. Выведите условие равновесия для заданного моста переменного тока. При каких параметрах схемы замещения катушки индуктивности он используется?



3. Выведите условие равновесия для заданного моста переменного тока. При каких параметрах схемы замещения конденсатора он используется?

	 4. Выведите условие равновесия для заданного моста переменного тока. При каких параметрах схемы замещения конденсатора он используется? 
Уметь: Оценивать погрешности измерений в зависимости от выбранного метода измерений	1. Приведите схему неуравновешенного моста. Выведите формулу зависимости выходного напряжения от входной величины. 2. Приведите схем уравновешенного моста. Выведите уравнение равновесия для мостов постоянного и переменного тока.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

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: 60

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. Контроль освоения знаний и умений. Часть 4

Формы реализации: Выполнение 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. Студенты письменно решают индивидуальные контрольные задания на практические навыки и отвечают на вопросы на знания. При оформлении требуется привести теоретическое обоснование выбранного варианта решения.

Краткое содержание задания:

Контрольное мероприятие направлено на оценку освоения компетенций по вопросам, связанным с темами “Исследование формы сигналов” и “Измерение частоты и угла сдвига фаз”.

Индивидуальное задание состоит из четырех вопросов на знания и четырех вопросов на умения.

Контрольные вопросы/задания:

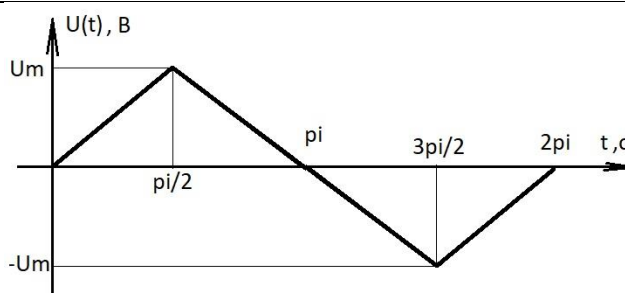
Знать: Методы и особенности измерения неэлектрических физических величин	1.Для каких целей применяют осциллографы? 2.Какие блоки входят в состав структурной схемы универсального осциллографа? Каково их назначение? 3.Для чего применяется синхронизация разверток осциллографа? Назовите основные типы синхронизации. 4.Для каких целей в осциллографах применяют калибраторы? 5.Каково назначение линейно-изменяющегося напряжения, подаваемого на горизонтальные пластины? 6.Электронно-лучевая трубка: устройство, принцип действия, основные параметры и характеристики. 7.Запоминающие осциллографы - принцип действия, параметры и основные режимы работы. 8.Каковы особенности осциллографирования импульсов наносекундной длительности? 9.В чем заключается принцип стробоскопического осциллографирования быстротекущих процессов? 10.Основные требования к “развертывающему” напряжению. Как работает генератор пилообразного напряжения? 11.Перечислите основные типы разверток и укажите их особенности.
--	--

	12.Как измеряется амплитуда сигналов с помощью осциллографов? От чего зависит погрешность измерения? 13.Как осуществляется измерение временных интервалов с помощью калиброванной развертки? 14.Какие требования предъявляются к осциллографу при измерении импульсных сигналов? 15.Из каких основных узлов состоит цифровой осциллограф? 16.Назовите основные параметры современного цифрового осциллографа.
Знать: Методы и схемы измерений фазового сдвига во всех частотных диапазонах	1.Какой смысл вложен в понятие “фаза” сигнала? 2.Что называется фазовым сдвигом двух сигналов? 3.Перечислите основные методы измерения фазового сдвига. 4.В чем состоит метод линейной развертки измерения фазового сдвига? 5.Поясните, как измеряют сдвиг фазы методом эллипса. 6.Поясните метод круговой развертки измерения фазового сдвига. 7.Сравните точностные характеристики осциллографических методов измерения фазового сдвига. 8.Как работает фазометр с преобразованием фазы в интервал времени? 9.На каком принципе работают компенсационные фазометры? 10.Как измеряют фазовый сдвиг в СВЧ-диапазоне? 11.Поясните принцип действия цифрового фазометра, измеряющего среднее значение фазы. Нарисуйте временные диаграммы. 12.Как работает цифровой фазометр на основе микропроцессора? 13.Как работает фазометр с гетеродинным преобразованием частоты? 14.В каких случаях применяются фазометры с умножением частоты? 15.Поясните принцип измерения сдвига фаз фазовым детектором.
Уметь: Использовать предоставленные средства измерений для оптимальных измерений	1.Задание 1. Амперметром класса точности 0,5 с диапазоном измерений (0..1)А, со шкалой, содержащей 100 делений, и входным сопротивлением не более 0,1 Ом в условиях, отличающихся от нормальных только температурой, значение которой составляет 300С, измеряется ток источника, имеющего выходное сопротивление не менее 10 Ом. С округлением до 0,5 дел. по шкале сделан отсчет: 75,5 дел. Представьте результат измерения с указанием погрешности для Р=1.

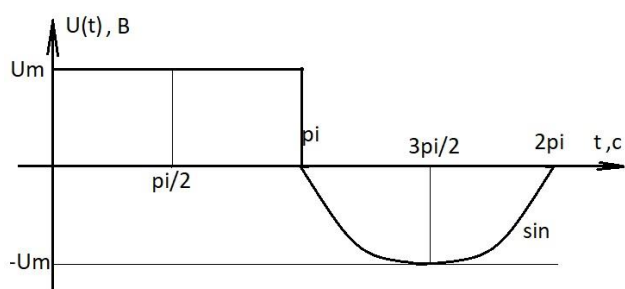
	2.Задание 2. Перед вычислением значения функции $y = f(x_1, x_2, x_3, x_4)$ значения всех аргументов были округлены: x_1, x_2 – до десятых долей, x_3, x_4 – до целых. Определите для заданной доверительной вероятности P границы доверительного интервала относительной погрешности вычисления y, обусловленной указанным выше округлением. Исходные данные: $y = (x_1 - x_2) / (x_3 - x_4)$; $x_1 = 2,0$; $x_2 = 5,0$; $x_3 = 20$; $x_4 = 50$; $P = 0,95$. 3.Задание 1. Вольтметром класса точности 0,5 с диапазоном измерений(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 $P=0,95$. 4.Задание 2. Перед вычислением значения функции $y = f(x_1, x_2, x_3, x_4)$ значения всех аргументов были округлены: x_1, x_2 – до десятых долей, x_3, x_4 – до целых. Определите для заданной доверительной вероятности P границы доверительного интервала относительной погрешности вычисления y, обусловленной указанным выше округлением. Исходные данные: $y = (x_1 + x_2 + x_3)x_4$; $x_1 = 2,0$; $x_2 = 5,0$; $x_3 = 20$; $x_4 = 50$; $P = 0,9$. 5.Задание 1. 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 35ОС, 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 $P=0,99$. 6.Задание 2. Перед вычислением значения функции $y = f(x_1, x_2, x_3, x_4)$ значения всех аргументов были округлены: x_1, x_2 – до десятых долей, x_3, x_4 – до целых. Определите для заданной доверительной вероятности P границы доверительного интервала относительной погрешности вычисления y, обусловленной
--	---

	указанным выше округлением. Исходные данные: $y = x_1/(x_2+x_3+x_4)$; $x_1 = 2,0$; $x_2 = 5,0$; $x_3 = 20$; $x_4 = 50$; $P = 1,0$. 7.Задание 1. Миллиамперметром класса точности 0,2 с диапазоном измерений (0..100)мА, со шкалой, содержащей 200 делений, и входным сопротивлением, равным 1 Ом в условиях, отличающихся от нормальных только температурой, значение которой составляет 100С С, измеряется ток источника, имеющего выходное сопротивление, равное $(10,00 \pm 0,05)$Ом. С округлением до 0,25 дел. по шкале сделан отсчет: 150,25 дел. Представьте результат измерения с указанием погрешности для $P=1$. 8.Задание 2. Перед вычислением значения функции $y = f(x_1, x_2, x_3, x_4)$ значения всех аргументов были округлены: x_1, x_2 – до десятых долей, x_3, x_4 – до целых. Определите для заданной доверительной вероятности P границы доверительного интервала относительной погрешности вычисления y, обусловленной указанным выше округлением. Исходные данные: $y = x_1x_2 - x_3x_4$; $x_1 = 2,0$; $x_2 = 5,0$; $x_3 = 20$; $x_4 = 50$; $P = 1,0$. 9.Задание 1. Цифровым вольтметром класса точности 0,01/0,005 с диапазоном измерений (0..1)В и входным сопротивлением от 9 до 11 МОм в нормальных условиях измеряется напряжение постоянного тока на зажимах источника, имеющего выходное сопротивление от 8 до 12 кОм. Измеренное значение составляет 0,50000 В. Представьте результат измерения с указанием погрешности для $P=1$. 10.Задание 2. Перед вычислением значения функции $y = f(x_1, x_2, x_3, x_4)$ значения всех аргументов были округлены: x_1, x_2 – до десятых долей, x_3, x_4 – до целых. Определите для заданной доверительной вероятности P границы доверительного интервала относительной погрешности вычисления y, обусловленной указанным выше округлением. Исходные данные: $y = x_1x_2(x_3 - x_4)$; $x_1 = 2,0$; $x_2 = 5,0$; $x_3 = 20$; $x_4 = 50$; $P = 0,99$.
--	---

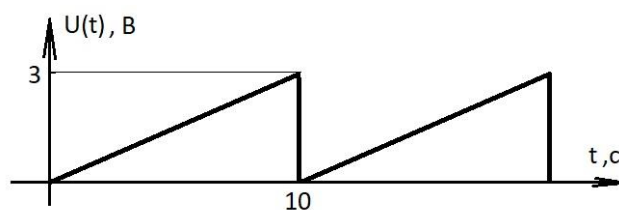
Уметь: Применять современные СИ для измерения параметров формы сигналов и производить всесторонний анализ произведенных измерений на ПК



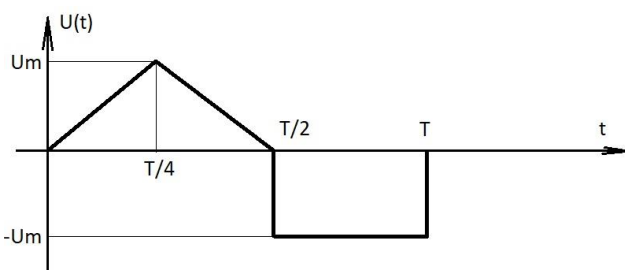
1. Выведите коэффициент формы для заданного сигнала.



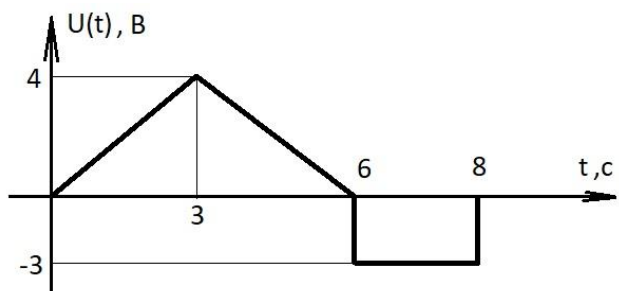
2. Выведите коэффициент формы для заданного сигнала.



3. Выведите коэффициент формы для заданного сигнала.



4. Выведите коэффициент формы для заданного сигнала.



5. Выведите коэффициент формы для заданного сигнала.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

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: 60

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. Комплекс лабораторных работ. Часть 1

Формы реализации: Смешанная форма

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты выполняют индивидуальное задание по лабораторным работам "№1. Измерение напряжений, токов и сопротивлений" и "Измеритель RLC". 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. Коллоквиум проводится одним преподавателем. Время защиты составляет не более 20 минут на одного человека. На защиту представляется выполненный индивидуальный отчет.

Краткое содержание задания:

л/р 1.

А. Магнитоэлектрические вольтметры: конструкция, принцип действия, особенности применения, погрешности.

Б. Измерено значение напряжения $U_{ИЗМ}=23,75$ В, $R_{ИСТ}< 1$ Ом, $T=21$ °С.

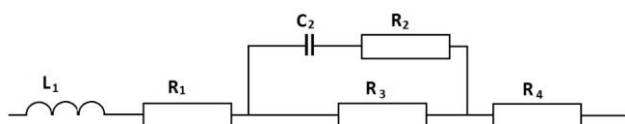
Данные вольтметра: $U_K=25,00$ В, к.т. 0,1/0,05, $T_H=(20\pm 5)$ °С, $T_P=10\ldots 35$ °С, $R_V=(10\pm 1)$ МОм.

Рассчитать погрешность и записать результат измерения для $P=0,95$.

л/р 2.

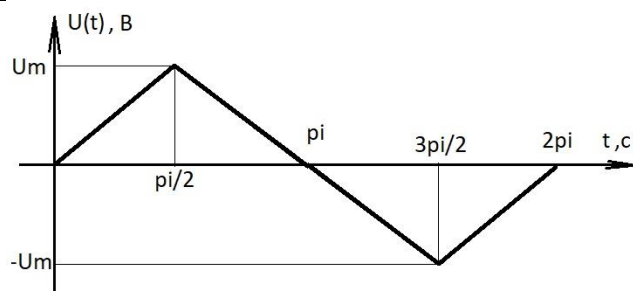
А. Измерение параметров катушек индуктивности, схемы замещения; диаграммы токов и напряжений; погрешности.

Б. Найти суммарную добротность и тангенс угла потерь для заданной цепи.

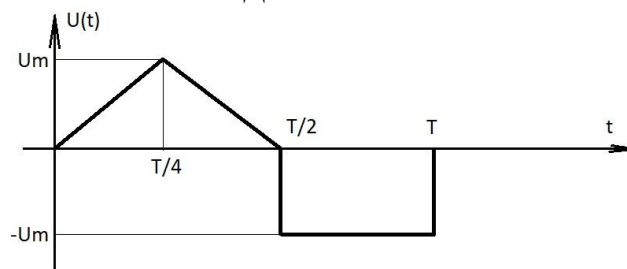


Контрольные вопросы/задания:

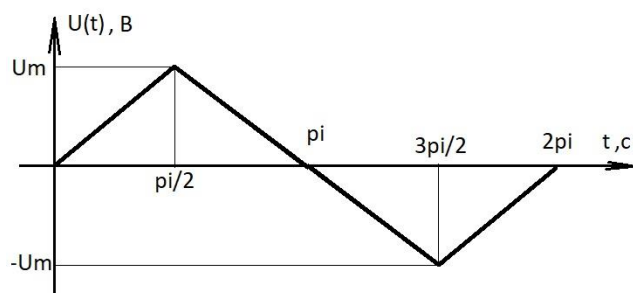
Знать: Основные методы и особенности применения универсальных RLC-измерителей	1.Измерение параметров катушек индуктивности, схемы замещения; диаграммы токов и напряжений; погрешности. 2.Измерение взаимных индуктивностей, схема, принцип проведения измерения; погрешности. 3.Измерение параметров конденсаторов; схемы замещения; диаграммы токов и напряжений; погрешности. 4.Измерение параметров электрических цепей RLC-измерителем – принцип действия прибора; основные элементы структурной схемы; расчетные выражения и формулы. 5.Измерение параметров конденсаторов; схемы замещения; диаграммы токов и напряжений; погрешности. 6.Измерение параметров электрических цепей RLC-измерителем – принцип действия прибора; основные элементы структурной схемы; расчетные выражения и формулы.
Знать: Основные свойства и характеристики современных приборов для измерения напряжений, токов и сопротивлений	1.Магнитоэлектрические вольтметры: конструкция, принцип действия, особенности применения, погрешности. 2.Вольтметры с выпрямителями: схемы выпрямителей, принцип действия, временные диаграммы измеряемых напряжений, погрешность. 3.Классификация погрешностей; нормальные условия. 4.Электромагнитные вольтметры: конструкция, принцип действия, особенности применения, погрешности. 5.Электростатические вольтметры: конструкция, принцип действия, погрешности. 6.Электромеханические измерительные механизмы: классификация, основные параметры, погрешности. 7.Амплитудные детекторы с открытым и закрытым входом: схема, принцип действия, особенности использования.
Уметь: Выбирать и использовать в конкретных условиях измерения приборы для прямых измерений электрических величин и рассчитывать погрешности измерений	1.Измерено значение напряжения $U_{ИЗМ}=23,75$ В, $R_{ИСТ}< 1$ Ом, $T=21$ °С. Данные вольтметра: $U_K=25,00$ В, к.т. 0,1/0,05, $T_N=(20\pm 5)$ °С, $T_P=10...35$ °С, $R_V=(10\pm 1)$ Мом. Рассчитать погрешность и записать результат измерения для $P=0,95$. 2.Найти значение коэффициента формы КФ для представленного напряжения.



3. Найти U_{CP} и U_D .



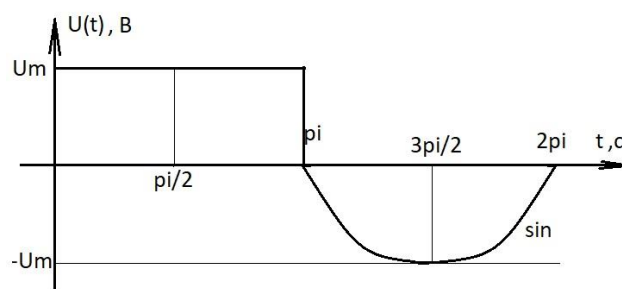
4. Дана форма измеряемого напряжения:



Измерено вольтметром с выпрямителем $U_{изм} = 3,75/\sqrt{2}$ в режиме измерения переменного напряжения.

Найти U_m и записать результат для $P=1$, если Данные вольтметра: $U_K = 5,0$ В; к.т. 1,0; $R_V = 10$ кОм; сопротивление источника $R_{ИСТ} = 1$ Ом.

5. Найти коэффициент формы КФ для следующего напряжения:

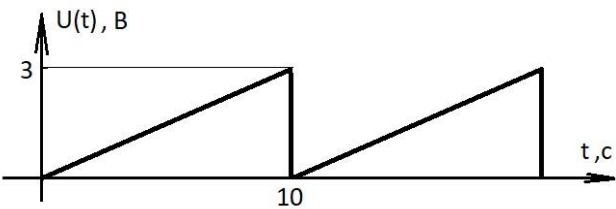
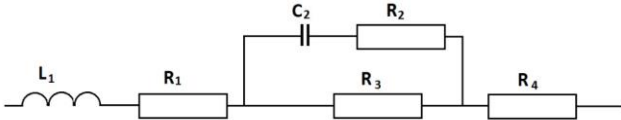
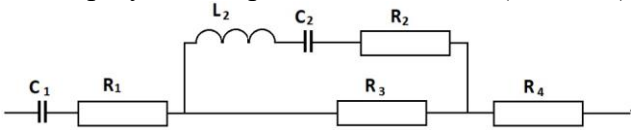
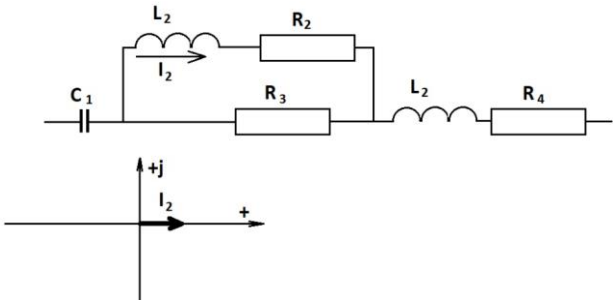
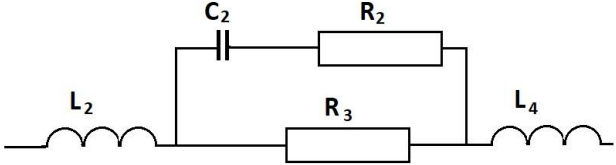
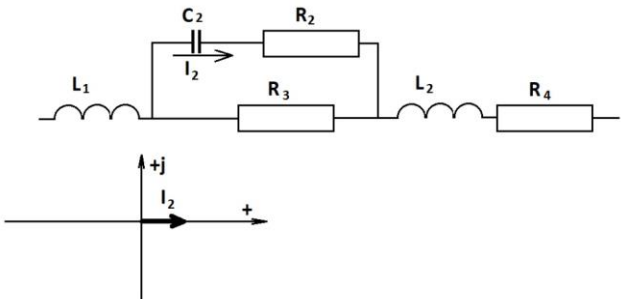


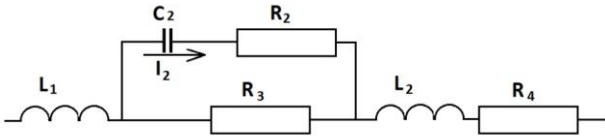
6. Имеются результаты измерения напряжения вольтметром:

$U_{изм} = 1,5$ В; $R_{ИСТ} = 100$ Ом; $T = 13$ °С; округление до 0,1 деления. Данные вольтметра: $U_K = 3,0$ В; к.т. 0,5; $R_V = (1 \pm 0,5)$ кОм; $T_H = (20 \pm 5)$ °С, $T_P = 10 \dots 35$ °С.

Рассчитать погрешность и записать результат для $P=1$.

7. Найти U_{CP} и U_D .

	
Уметь: Оценивать погрешности прямых и косвенных измерений для цепей переменного электрического тока	1. Найти суммарное комплексное сопротивление, суммарную добротность и тангенс угла потерь для цепи  2. Найти суммарное комплексное сопротивление, суммарную добротность и тангенс угла потерь для цепи при условии резонанса в ветви ($R_2L_2C_2$).  3. Найти суммарное комплексное сопротивление цепи. Построить диаграмму токов и напряжений, начиная с тока I_2.  4. Найти суммарное комплексное сопротивление, суммарную добротность и тангенс угла потерь для цепи:  5. Найти суммарное комплексное сопротивление цепи. Построить диаграмму токов и напряжений, начиная с тока I_2.  6. Найти суммарное комплексное сопротивление,

	суммарную добротность и тангенс угла потерь для цепи: 
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

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: 60

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. Комплекс лабораторных работ. Часть 2

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 "№3. 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.

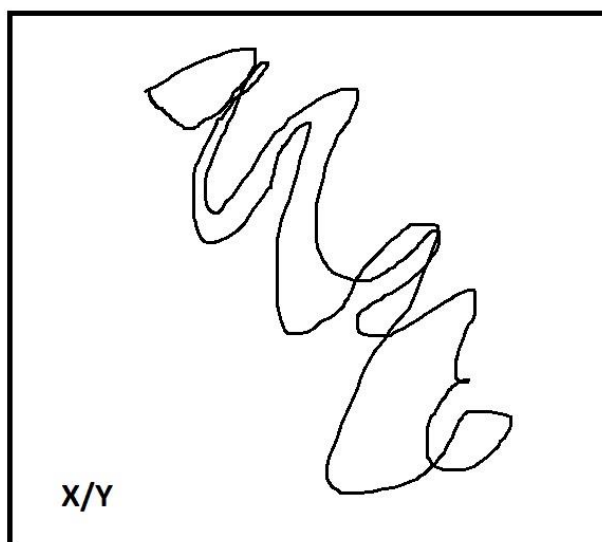
Краткое содержание задания:

Лабораторная работа №3.

Задания на защиту.

А. Устройство электронно-лучевой трубки, принцип действия.

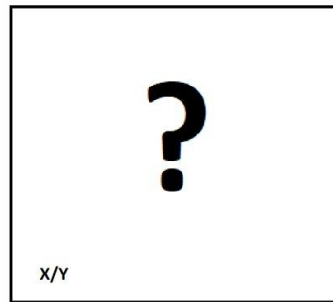
Б. Дана фигура Лиссажу:



Контрольные вопросы/задания:

Знать: Принцип действия АО и ЦО и их практического применения для измерения параметров электрических сигналов	1. Устройство электронно-лучевой трубки, принцип действия. 2. Генератор развертки, основные положения и принцип действия. Режимы синхронизации. 3. Методы измерения частоты с помощью осциллографов; погрешности. 4. Измерение мгновенных значений напряжения с помощью осциллографа: принцип действия, погрешности. 5. Аналоговые и цифровые осциллографы (АО и ЦО): основные достоинства и недостатки каждого из них. Параметры, определяющие стоимость цифровых осциллографов. 6. Основные элементы цифровых осциллографов (ЦО): основные достоинства по сравнению с аналоговыми осциллографами. Измерительные возможности, точность измерений.
Уметь: Выбирать наиболее точный метод измерения и средства измерений; рассчитывать погрешности измерений, произведенных с помощью АО и ЦО	1. Дана фигура Лиссажу: Найти f_Y, если $f_X = 1$ кГц. 2. Найти фигуру Лиссажу, если известны сигналы по

обоим входам осциллографа:

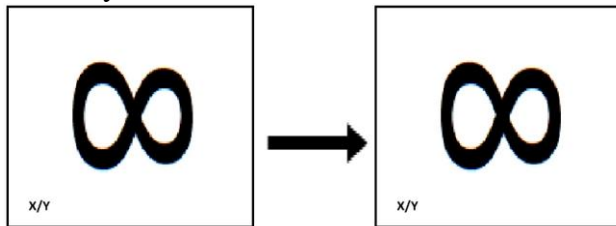


$$U_x(t) = U_m \sin \omega t$$

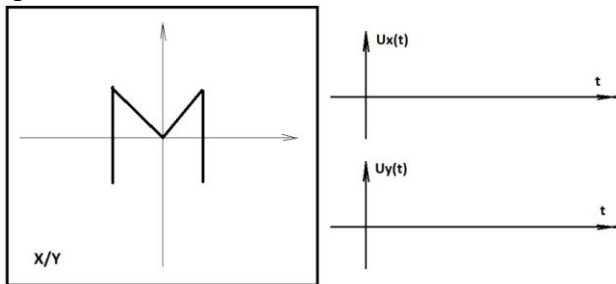
$$U_y(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi)$$

а) $\varphi = \pi$
 б) $0 < \varphi < \pi/2$
 в) $\varphi = \pi/4$

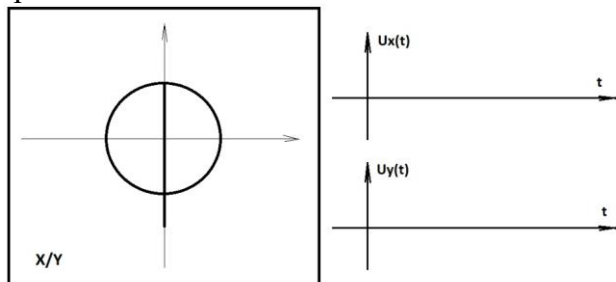
3. Что можно сделать с приборами, чтобы фигура Лиссажу изменилась?



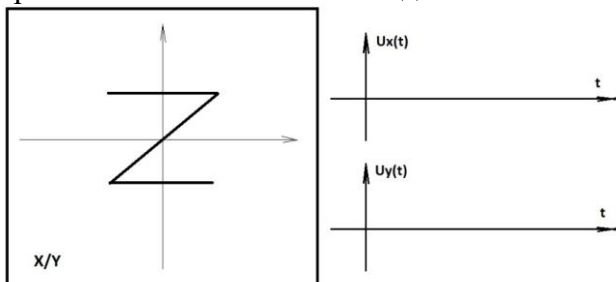
4. Дана фигура Лиссажу. Найти и нарисовать временных зависимости исходных сигналов.



5. Дана фигура Лиссажу. Найти и нарисовать временных зависимости исходных сигналов.



6. Дана фигура Лиссажу. Найти и нарисовать временных зависимости исходных сигналов.



Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

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: 60

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. Комплекс лабораторных работ. Часть 3

Формы реализации: Смешанная форма

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

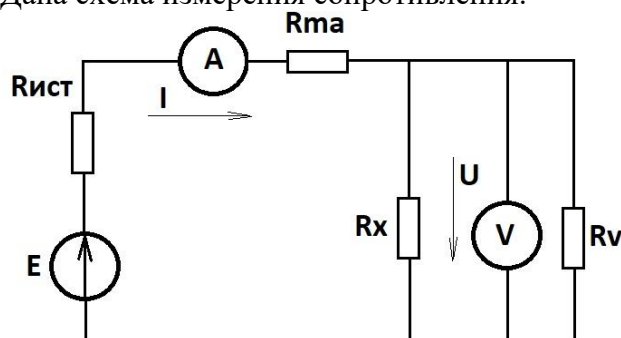
Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты выполняют индивидуальное задание по лабораторным работам "№4. Цифровой мультиметр" и "№5. Измерение температуры". 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. Коллоквиум проводится одним преподавателем. Время защиты составляет не более 25 минут на одного человека. На защиту представляется выполненный индивидуальный отчет.

Краткое содержание задания:

л/р 4.

Дана схема измерения сопротивления:



Описать метод измерения (с классификацией).

Вывести значение абсолютной методической погрешности измерения сопротивления, если используется упрощенная формула $R=U/I$.

л/р 5.

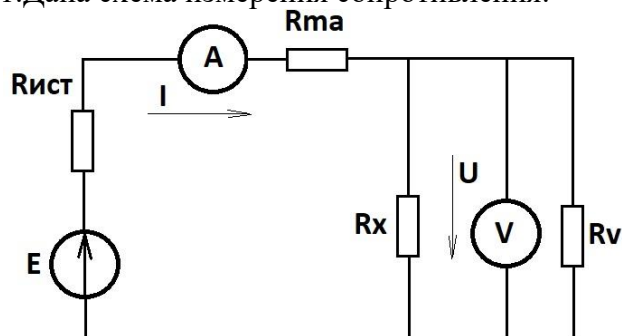
А. Принцип действия ТС: разновидности, основные требования к характеристике преобразования.

Б. Выбрать ТС для измерения температуры в диапазоне от $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Рассчитать максимальную погрешность, если класс допуска максимальный.

Контрольные вопросы/задания:

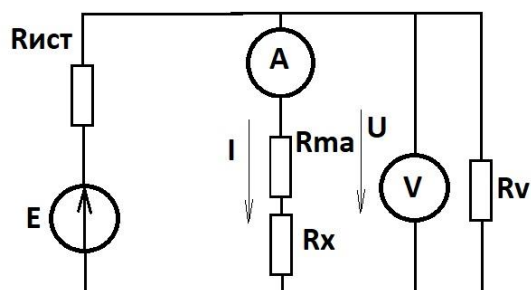
Знать: Особенности работы современных цифровых мультиметров

1. Дана схема измерения сопротивления:



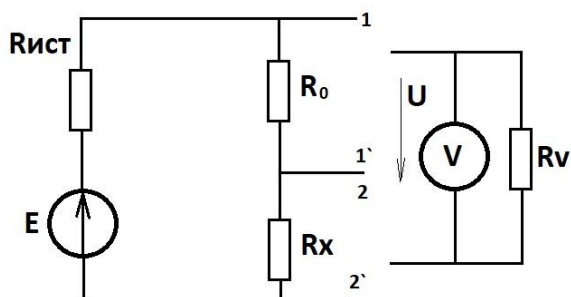
Описать метод измерения (с классификацией).

2. Дана схема измерения сопротивления:



Описать метод измерения (с классификацией).

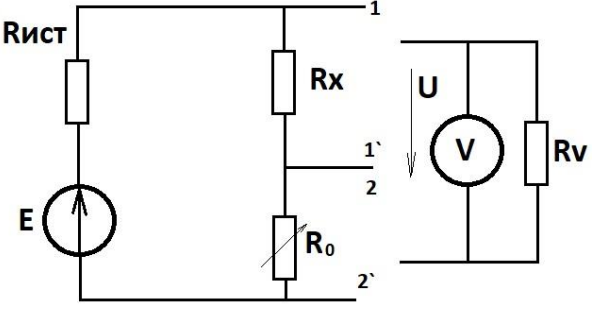
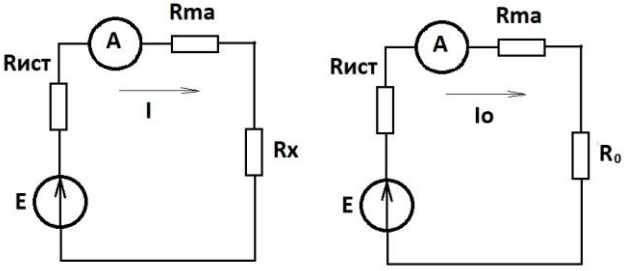
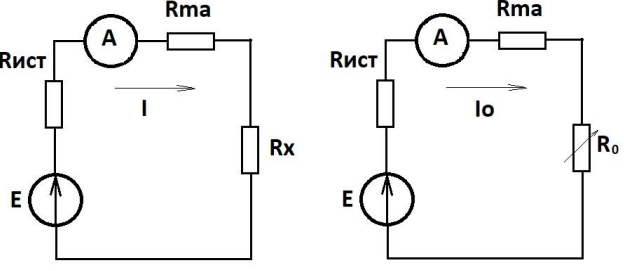
3. Дана схема измерения сопротивления:

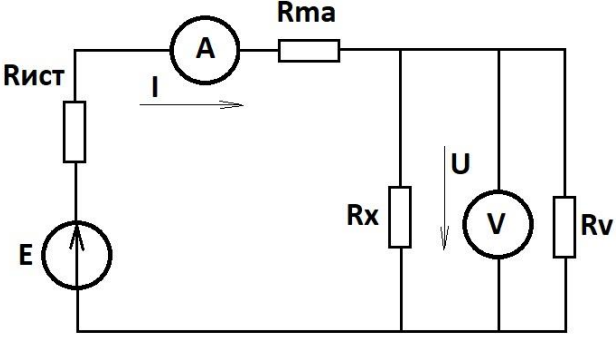
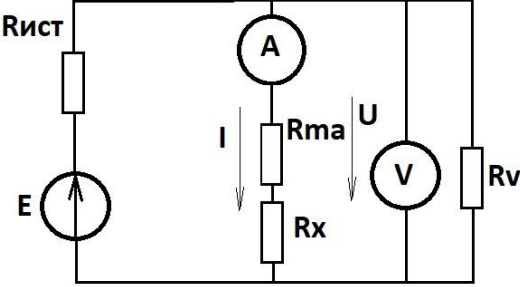


В процессе измерения вольтметр V сначала подключают к зажимам $1-1'$ (получают результат измерения U_0), затем подключают его к зажимам $2-2'$ - получают U .

Описать метод измерения (с классификацией).

4. Дана схема измерения сопротивления:

	 Описать метод измерения (с классификацией). 5. Дана схема измерения сопротивления:  Описать метод измерения (с классификацией). 6. Дана схема измерения сопротивления:  Описать метод измерения (с классификацией).
Знать: Теоретические основы и практические особенности преобразователей температуры в электрические величины	1. Принцип действия ТП, особенности применения, выходные параметры, погрешности. 2. Принцип действия ТС: разновидности, основные требования к характеристике преобразования. 3. Металлические ТС: особенности медных и платиновых ТС, характеристика преобразования, параметры, задаваемые в ГОСТах. 4. Принцип действия ТП, особенности применения, выходные параметры, погрешности. 5. Термопары: схема применения с автоматическим термостатированием, принцип действия. 6. Полупроводниковые ТС: отличия от металлических ТС, основные достоинства и недостатки, область применения, особенности расчетов. 7. Термопары: основные характеристики, расчет погрешности, внесение поправок на температуру свободных концов.
Уметь: Выбирать оптимальную схему измерений при использовании универсальных средств измерений и рассчитывать все составляющие	1. Дана схема измерения сопротивления:

погрешности измерений	 Вывести значение абсолютной методической погрешности измерения сопротивления, если используется упрощенная формула $R=U/I$. 2.Дана схема измерения сопротивления:  Вывести значение абсолютной методической погрешности измерения сопротивления, если используется формула $R=U/I$.
Уметь: Применять измерительные преобразователи для проведения контактных измерений температуры и рассчитывать вносимые ими погрешности	1.Выбрать ТС для измерения температуры в диапазоне от $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Рассчитать максимальную погрешность, если класс допуска максимальный. 2.Платиновое ТС: оценить нелинейность характеристики в диапазоне температур от 0 до $250\text{ }^{\circ}\text{C}$, класс допуска АА. 3.Медное ТС: для диапазона температур от $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ найти минимальное и максимальное значения сопротивлений и максимальную погрешность. 4.Из ГОСТа выбрать любую ТП для преобразования температур в диапазоне от 0 до $300\text{ }^{\circ}\text{C}$. Рассчитать минимальное и максимальное значения ЭДС и погрешность преобразования. 5.Платиновое ТС: оценить нелинейность характеристики в диапазоне температур от $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $750\text{ }^{\circ}\text{C}$, класс допуска В. 6.Выбрать ТС для измерения температуры человеческого тела: объяснить выбор типа ТС, оценить измеряемые значения сопротивления, чувствительность ТС. 7.Медное ТС: для диапазона температур от $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ найти минимальное и максимальное значения сопротивлений и максимальную погрешность.

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

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: 60

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. Комплекс лабораторных работ. Часть 4

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 "№6. Измерение частоты и интервалов времени". 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. Коллоквиум проводится одним преподавателем. Время защиты составляет не более 20 минут на одного человека. На защиту представляется выполненный индивидуальный отчет.

Краткое содержание задания:

л/р 6

А. Частотомер в режиме измерения частоты: схема, временные диаграммы, погрешность.

Б. Найти минимальное время счета для измерения частоты $f=27,5\text{кГц}$ для обеспечения погрешности $\Delta f \leq 0,01\%$. Данные частотомера: $f_{\text{ТАКТ}}=10\text{ МГц}$; $\Delta 0=\pm 2 \cdot 10^{-4}\%$;

$\text{ТСЧ}=(100;101;102;103;104)\text{мс}$.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: Принцип действия, конструкцию и особенности работы цифровых измерительных приборов частотно-временной группы	1.Частотомер в режиме измерения частоты: схема, временные диаграммы, погрешность. 2.Частотомер в режиме измерения периода: структурная схема, временные диаграммы работы, погрешность. 3.Вывод формулы погрешности для измерения частоты с помощью цифрового частотомера. 4.Вывод формулы для расчета погрешности измерения периода с помощью цифрового частотомера. 5.Цифровой частотомер – сравнение схемы для измерения частоты и периода; источники погрешности; ограничения максимальной точности
---	--

	измерения. 6. Цифровой частотомер – основные источники погрешности; предельные значения погрешностей; зависимость погрешностей от параметров ТСЧ и n.
Уметь: Работать с цифровыми приборами частотно-временной группы, рассчитывать их метрологические характеристики и выбирать оптимальный режим их работы	1. Найти минимальное время счета для измерения частоты $f=27,5\text{ кГц}$ для обеспечения погрешности $\Delta f \leq 0,01\%$. Данные частотомера: $f_{\text{ТАКТ}}=10\text{ МГц}$; $\Delta 0=\pm 2 \cdot 10^{-4}\%$; ТСЧ=(100;101;102;103;104)мс. 2. Найти частоту f, для которой $\Delta f = \Delta T$. Данные частотомера: $T_{\text{ТАКТ}}=10^{-6}\text{ с}$; $\Delta 0=\pm 5 \cdot 10^{-4}\%$; ТСЧ МАКС=104мс; $n_{\text{МАКС}}=104$. 3. Какое измерение точнее – косвенное или прямое – для периода $T_{\text{ИЗМ}} \approx 283\text{ мкс}$. Данные частотомера: $f_{\text{ТАКТ}}=10\text{ МГц}$; $\Delta 0=\pm 5 \cdot 10^{-4}\%$; ТСЧ МАКС=104мс; $n_{\text{МАКС}}=104$. 4. Какое измерение точнее – прямое или косвенное – для $f_{\text{ИЗМ}} \approx 50\text{ Гц}$. Данные частотомера: $f_{\text{ТАКТ}}=10\text{ МГц}$; $\Delta 0=\pm 2 \cdot 10^{-4}\%$; ТСЧ МАКС=105мс; $n_{\text{МАКС}}=105$. 5. Найти минимальное число усредняемых периодов для измерения периода $\approx 68\text{ мс}$ с погрешностью $\Delta T \leq 0,05\%$. Данные частотомера: $T_{\text{ТАКТ}}=10^{-6}\text{ с}$; $\Delta 0=\pm 5 \cdot 10^{-4}\%$; $n=(10^0; 10^1; 10^2; 10^3; 10^4)$. 6. Найти минимальное время счета ТСЧ МИН для измерения частоты $\approx 21\text{ кГц}$ с погрешностью $\Delta f \leq 0,01\%$. Данные частотомера: $T_{\text{ТАКТ}}=10^{-6}\text{ с}$; $\Delta 0=\pm 2 \cdot 10^{-4}\%$. 7. Найти частоту f, для которой $\Delta f = \Delta T$. Данные частотомера: $T_{\text{ТАКТ}}=10^{-7}\text{ с}$; $\Delta 0=\pm 2 \cdot 10^{-4}\%$; ТСЧ МАКС=$2 \cdot 10^4$мс; $n_{\text{МАКС}}=10^5$. 8. Какое измерение точнее – прямое или косвенное – для $f_{\text{ИЗМ}} \approx 250\text{ Гц}$. Данные частотомера: $f_{\text{ТАКТ}}=1\text{ МГц}$; $\Delta 0=\pm 5 \cdot 10^{-4}\%$; ТСЧ МАКС=$10^4$мс; $n_{\text{МАКС}}=10^5$.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

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: 60

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

Для курсового проекта/работы

7 семестр

I. Описание КП/КР

Задание на КР выдается на первой учебной неделе семестра. Основной темой является разработка средства измерений (СИ) неэлектрической или электрической величины с заданными метрологическими характеристиками. В задании указываются все необходимые данные для входных величин и, если, требуется, тип первичного измерительного преобразователя для неэлектрической величины. При выполнении необходимо провести анализ технического задания и выполнить метрологический синтез из предположения, что до разработки все узлы СИ вносят равные погрешности. По окончании синтеза требуется произвести выбор аналоговых компонент, привести все их технические характеристики (в том числе и метрологические) и провести анализ выполнения задания. В случае необходимости - провести корректировку выбора. Конечным итогом работы должна быть схема СИ, список его метрологических характеристик и алгоритм работы (или программа).

II. Примеры задания и темы работы

Пример задания

Задание на курсовой проект по курсу МСС

студенту гр. _____

Вариант №__1__

1. Найти ОУ фирмы Linear Technology, удовлетворяющий следующим требованиям:
 $E_{см} \leq 0.02 \text{ мВ}$; $I_{см} \leq 0.012 \text{ нА}$.
2. Техническое описание выбранного ОУ поместить в конце ТР.
3. Рассчитать номинальную статическую функцию преобразования масштабного преобразователя для идеализированного случая (идеальные резисторы и операционные усилители).
4. Определить максимальные аддитивную и мультипликативную составляющие статической погрешности преобразования для температуры +25 град.С, вызванной $E_{см}$, $I_{вх}$, $K_{у,и}$, $K_{ос,сф}$ и отклонениями сопротивлений от номинальных значений.
5. Определить максимальные аддитивную и мультипликативную составляющие температурной погрешности преобразования, вызванной влиянием температуры на $E_{см}$ и сопротивления.
6. Результаты свести в итоговую таблицу.
7. Срок представления результатов - 14 неделя.

Все резисторы С2-29В с допуском 0,1%, ТКС - 50*10-4%/0С

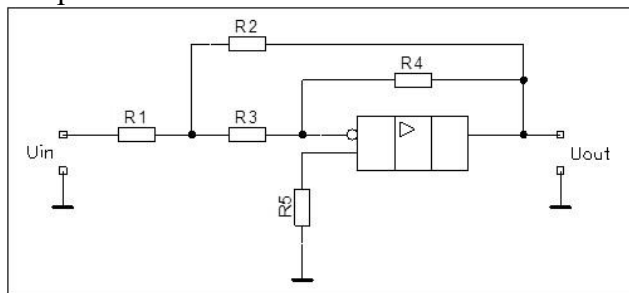
R1	10кОм
R2	100кОм
R3	10кОм
R4	1кОм
R5	100кОм
R6	1кОм
R7	1кОм

R8

1кОм

Диапазон изменения входного напряжения 0 - 0,1В

Напряжение питания ОУ +/- 15В



Тематика КП/КР:

Разработка средства измерений (СИ) неэлектрической величины с заданными метрологическими характеристиками.

Разработка средства измерений (СИ) электрической величины с заданными метрологическими характеристиками.

Разработка вычислительно-измерительной системы с заданными метрологическими характеристиками для контроля состояния технической системы с наблюдением за значением неэлектрической величины.

Разработка вычислительно-измерительной системы с заданными метрологическими характеристиками для контроля состояния технической системы с наблюдением за значением электрической величины.

КМ-1. Контрольная точка 1 (разделы 1 и 2)

Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 2 («неудовлетворительно»), если задание не выполнено

КМ-2. Контрольная точка 2 (разделы 3 и 4)

Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 2 («неудовлетворительно»), если задание не выполнено

КМ-3. Контрольная точка 3 (разделы 5 и 6)

Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 2 («неудовлетворительно»), если задание не выполнено

КМ-4. Контрольная точка 4 (разделы 6 и 7)

Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 2 («неудовлетворительно»), если задание не выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

6 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

БИЛЕТ 1.

1. Основные термины и определения метрологии.

Метрология, физическая величина, измерение, единица физической величины (кратная доляная), единство измерений, средство измерений (СИ), мера, измерительный прибор, измерительный преобразователь, вспомогательные СИ, измерительная установка, измерительная система, эталон (пример токовые весы).

2. Электронные аналоговые вольтметры. Вольтметр средневыпрямленного значения.

Структурная схема, преобразователь СВЗ, свойства вольтметра СВЗ.

Задача

Цифровым устройством с шестirazрядным индикатором измеряют интервал времени 94,256758 мс. Значение частоты образцового генератора 12 МГц, его нестабильность $\pm 2 \cdot 10^{-4} \%$. Запишите результат измерения с предельными погрешностями при $P=1$, если множитель числа измеряемых периодов может быть выбран из ряда (1, 10, 100, 1000, 10000).

Процедура проведения

Экзамен проводится по билетам, состоящим из двух теоретических вопросов и задачи. Время на подготовку ответа по теории - 40 минут. Далее - решение задачи. При решении задачи допускается использовать калькулятор. На ответ студента отводится 15-20 минут. Общая оценка выставляется по совокупности показанной подготовки. Допускается задание дополнительных теоретических вопросов по решению задачи.

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ОПК-3} Обработывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов

Вопросы, задания

1. Билет 1.

1. Основные термины и определения метрологии.

Метрология, физическая величина, измерение, единица физической величины (кратная доляная), единство измерений, средство измерений (СИ), мера, измерительный прибор, измерительный преобразователь, вспомогательные СИ, измерительная установка, измерительная система, эталон (пример токовые весы).

2. Электронные аналоговые вольтметры. Вольтметр средневыпрямленного значения.

Структурная схема, преобразователь СВЗ, свойства вольтметра СВЗ.

Задача

Цифровым устройством с шестirazрядным индикатором измеряют интервал времени 94,256758 мс. Значение частоты образцового генератора 12 МГц, его нестабильность $\pm 2 \cdot 10^{-4} \%$. Запишите результат измерения с предельными погрешностями при $P=1$, если множитель числа измеряемых периодов может быть выбран из ряда (1, 10, 100, 1000, 10000)

2.Билет 2.

1. Классификация измерений.

Статические, динамические измерения; прямые, косвенные измерения; метод непосредственной оценки, метод сравнения с мерой (противопоставления, дифференциальный, нулевой, замещения, совпадений).

2. Электронные аналоговые вольтметры. Вольтметр амплитудного значения.

Структурная схема, преобразователи АЗ с открытым и закрытым входом, свойства вольтметра АЗ.

Задача

Частотомер с семиразрядным индикатором имеет интервалы времени счета 0,01; 0,1; 1,0; 10 и 100 с. Какой из них надо выбрать при ожидаемом значении частоты 135,581467 кГц? Запишите результат измерения для $P=1$, если относительная нестабильность образцового генератора составляет $\pm 10^{-4} \%$, частота 10 МГц.

3.Билет 3.

1. Классификация погрешностей.

Методическая, инструментальная, субъективная погрешности; основная, дополнительная погрешности; аддитивная, мультипликативная, линейности погрешности; статическая, динамическая погрешности; абсолютная, относительная, приведённая погрешности; систематическая, случайная, грубая погрешности; взаимодействия (на постоянном токе для вольтметра и амперметра, на переменном токе с учётом входной ёмкости вольтметра). Понятия поправки, предельного значения погрешности.

2. Электронные аналоговые вольтметры. Вольтметр средневыпрямленного значения (СВЗ).

Структурная схема, преобразователь СВЗ, свойства вольтметра СВЗ.

Задача

С помощью осциллографа измеряется напряжение 13,6754 В частоты 2,69257 кГц. Размер экрана осциллографа 100x120 мм, ширина луча – 0,8 мм. Погрешность коэффициента отклонения 3% по горизонтали и 2,5% по вертикали. Записать результат измерения, полагая, что изображение занимает 75% экрана.

4.Билет 4.

1. Метрологические характеристики СИ.

Диапазон измерений СИ; быстродействие СИ; статическая характеристика преобразования СИ ($y=f(x)$); динамические характеристики СИ: передаточная функция СИ; чувствительность, порог чувствительности; класс точности (графики Δ , δ , γ от x для различных классов точности); погрешности аддитивные, мультипликативные, линейности.

2. Электроннолучевые осциллографы. Электроннолучевая трубка.

Задача

Предел допускаемой относительной погрешности цифрового частотомера, работающего в режиме измерения периода, определяется как,

$$\delta_{\Pi} = 2 \cdot 10^{-5} + \frac{10^{-7}}{nT}$$

где T – измеренное значение периода в секундах, n – значение коэффициента умножения периода, которое выбирается из ряда (1, 10, 100, 1000, 10000). Требуется измерить период, приблизительно равный 12,5 мс с абсолютной погрешностью, не превышающей по модулю 0,01 мкс. Определите минимально необходимое для этого значение n .

5.Билет 5.

1. Случайные погрешности.

Гистограмма, закон распределения (дифференциальная функция распределения $f(x)$, интегральная функция распределения $F(x)$). Свойства $f(x)$ и $F(x)$. Числовые характеристики случайной величины: $M(x)$, $D(x)$, s . Виды законов распределения: закон распределения Гаусса, равномерное распределение, треугольное распределение.

2. Электроннолучевые осциллографы. Структурная схема электроннолучевого осциллографа.

Задача

Измеритель сопротивления подключается к объекту измерения с помощью двухпроводной линии связи. Сопротивление каждого из проводов не превышает 10 мОм. Влияние сопротивления проводов на результаты измерений вызывает погрешность метода. Найдите нижнюю границу диапазона измерений, для которого погрешность метода по модулю не превышает 0,001%.

6.Билет 6.

1. Правила суммирования погрешностей.

Правила суммирования погрешностей при прямых измерениях для $P=1$ и $P<1$. Правила суммирования погрешностей при косвенных измерениях для $P=1$ и $P<1$.

2. Электроннолучевые осциллографы. Генератор линейной развёртки.

Структурная схема, режимы развёртки. Понятие “уровень синхронизации”.

Задача

Выполняется косвенное измерение индуктивности катушки L . Используется

$$L = \frac{U}{2\pi f \cdot I}$$

следующая расчетная формула:

где U, I – измеренные действующие значения напряжения на катушке и тока с частотой f , протекающего по ней. Активное сопротивление катушки R не учитывается, что приводит к погрешности метода. Как должно быть ограничено сопротивление R для того, чтобы относительная погрешность не превышала 0,1%, если $L \approx 150$ мкГн, а $f = 1$ МГц?

7.Билет 7.

1. Электромеханические приборы. Магнитоэлектрические приборы.

Обозначение, общая схема, схемы для измерения тока и напряжения, основные характеристики магнитоэлектрических приборов. Магнитоэлектрические измерительные приборы для измерения сопротивления постоянному току.

2. Основные термины и определения метрологии.

Метрология, физическая величина, измерение, единица физической величины (кратная, доляная), единство измерений, средство измерений (СИ), мера, измерительный прибор, измерительный преобразователь, вспомогательные СИ, измерительная установка, измерительная система, эталон (пример токовые весы).

Задача

Номинальная функция преобразования термопреобразователя сопротивления имеет следующий вид:

$$R_{t,0} = (1 + 0,00428 \cdot t) \cdot 100 \text{ Ом.}$$

Определите относительную погрешность преобразователя по входу, если в результате эксперимента получены следующие действительные значения температуры и сопротивления: $t_{\text{д}} = 20,00^\circ\text{C}$, $R_{t, \text{д}} = 109,0 \text{ Ом}$.

8.Билет 8.

1. Электромеханические приборы. Электромагнитные приборы.

Обозначение, общая схема, схемы для измерения тока и напряжения, основные характеристики магнитоэлектрических приборов.

2. Измерительные преобразователи неэлектрических величин в электрические.

Классификация: параметрические, генераторные.

Реостатный ИП.

Принцип действия, схема, измерительные цепи, область применения.

Задача

Миллиамперметром класса точности 0,2 с диапазоном измерений (0...100) мА со шкалой, содержащей 200 делений, и входным сопротивлением, равным 1 Ом, в условиях,

отличающихся от нормальных только температурой, значение которой составляет 10°C , измеряется ток источника, имеющего выходное сопротивление, равное $(10,00 \pm 0,05)\text{Ом}$. С округлением до 0,25 делений по шкале сделан отсчет: 150,25 делений. Представьте результат измерения с указанием погрешности для доверительной вероятности $P=1$.
9.Билет 9.

1. Электромеханические приборы. Электродинамические приборы.

Обозначение, общая схема, схемы для измерения тока (большого и маленького), схема для измерения напряжения, схема для измерения мощности, основные характеристики электродинамических приборов.

2. Измерительные преобразователи неэлектрических величин в электрические.

Классификация: параметрические, генераторные.

Тензорезисторный ИП.

Принцип действия, схема, измерительные цепи, область применения.

Задача

Микроамперметром класса точности 1,0 с диапазоном измерений $(0 \dots 50)\text{мкА}$ со шкалой, содержащей 100 делений, и входным сопротивлением в диапазоне $(1,0 \pm 0,1)\text{кОм}$ в условиях, отличающихся от нормальных только температурой, значение которой составляет 28°C , измеряется ток источника с выходным сопротивлением, равным 15кОм . С округлением до 1 деления по шкале сделан отсчет: 50 делений. Представьте результат измерения с указанием погрешности для доверительной вероятности $P=0,9$.
10.Билет 10.

1. Электромеханические приборы. Электромагнитные приборы.

Обозначение, общая схема, схемы для измерения тока и напряжения, основные характеристики магнитоэлектрических приборов.

2. Измерительные преобразователи неэлектрических величин в электрические.

Классификация: параметрические, генераторные.

Терморезисторный ИП.

Принцип действия, схема, измерительные цепи, область применения.

Задача

Цифровым омметром класса точности $0,02/0,01$ с диапазоном измерений $(0 \dots 200)\text{Ом}$ в условиях, отличающихся от нормальных только температурой, значение которой составляет 28°C , измеряется сопротивление объекта, соединенного с прибором двухпроводной линией связи. Сопротивление каждого из проводов не превышает $0,05\text{Ом}$. Измеренное значение сопротивления составляет $150,00\text{Ом}$. Представьте результат измерения с указанием погрешности для доверительной вероятности $P=0,99$.
11.Билет 11.

1. Измерение частоты и интервалов времени цифровыми частотомерами.

Частотомер в режиме измерения частоты. Структурная схема, временные диаграммы работы. Погрешность измерения частоты цифровым частотомером.

2. Измерительные преобразователи неэлектрических величин в электрические.

Классификация: параметрические, генераторные.

Индуктивный ИП.

Принцип действия, схема, измерительные цепи, область применения.

Задача

Вольтметром класса точности 1,5 с диапазоном измерений (0...600)В и входным сопротивлением от 180 до 220 кОм в условиях, отличающихся от нормальных только температурой, значение которой составляет 15°C, измеряется напряжение постоянного тока на зажимах источника, имеющего выходное сопротивление 25 кОм. Измеренное значение составляет 500 В. Погрешность отсчитывания пренебрежимо мала. Представьте результат измерения с указанием погрешности для доверительной вероятности, равной 1.

Материалы для проверки остаточных знаний

1.Погрешность взаимодействия....

Отметьте только верные утверждения.

Ответы:

- а. Погрешность взаимодействия присходит из-за влияния средства измерения на объект измерения
- б. Погрешность взаимодействия может задаваться в процентах
- в. Погрешность взаимодействия всегда задается в единицах измеряемой величины
- г. Погрешность взаимодействия является разновидностью методической погрешности
- д. Погрешность взаимодействия описывает влияние экспериментатора на результат измерения
- е. Чем больше входное сопротивление вольтметра, тем ниже его погрешность взаимодействия
- ж. Чем больше собственное электрическое сопротивление амперметра, тем ниже его погрешность взаимодействия

Верный ответ: а,б,г,е.

2.Сферы распространения государственного метрологического контроля и надзора

Ответы:

- а. торговые операции
- б. процесс обучения
- в. здравоохранение
- г. измерение времени наручными часами
- д. измерение температуры бытовыми термометрами

Верный ответ: а, в.

3.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

4.Прямые измерения

Ответы:

- а. Результат измерения получается непосредственно из опытных данных
- б. Средство измерений располагается непосредственно перед экспериментатором
- в. Шкала измерительного прибора линейная
- г. Результат измерения связан с опытными данными прямо-пропорциональной зависимостью

Верный ответ: а

5.К какому виду измерений можно отнести измерение вольтметром напряжения

Ответы:

- а. прямое

- б. косвенное
- в. совокупное
- г. совместное
- д. поверочное

Верный ответ: а

6. Абсолютная погрешность....

Отметьте только верные утверждения

Ответы:

- а. Абсолютная погрешность есть абсолютное значение относительной погрешности
- б. Абсолютная погрешность имеет размерность измеряемой величины
- в. Абсолютная погрешность есть погрешность при нормальных условиях измерения
- г. Абсолютная погрешность определяется при нулевой абсолютной температуре
- д. Абсолютная погрешность всегда больше приведенной погрешности
- е. Абсолютная погрешность равна относительной погрешности, умноженной на результат измерения
- ж. Среди предложенных вариантов нет верного

Верный ответ: б, е.

7. Относительная погрешность

Отметьте только верные утверждения

Ответы:

- а. Относительная погрешность имеет ту же размерность, что приведенная
- б. Относительная погрешность обычно задается в процентах
- в. Относительная погрешность может выражаться безразмерным числом
- г. Относительная погрешность есть отношение абсолютной погрешности к приведенной
- д. Произведение относительной погрешности на нормирующее значение равно абсолютной погрешности
- е. Относительная погрешность определяется как отношение двух абсолютных погрешностей

Верный ответ: а, б, в

8. Назначение генератора развертки в электронно-лучевом осциллографе - это

Ответы:

- а. обеспечить наблюдение на экране временную диаграмму сигнала
- б. увеличить точность измерения мгновенных значений сигнала
- в. погасить обратный ход луча
- г. уменьшить нестабильность изображения на экране

Верный ответ: а

9. Основная погрешность

Отметьте только верные утверждения.

Ответы:

- а. Основная погрешность описывает исключительно систематическую погрешность
- б. Основная погрешность может задаваться в процентах
- в. Основная погрешность есть синоним детерминированной погрешности
- г. Основная погрешность есть отношение абсолютной погрешности к нормирующему значению
- д. Основная погрешность определяет работу прибора в нормальных условиях
- е. Основная погрешность есть погрешность отсчитывания при отсутствии параллакса
- ж. Основная погрешность определяется при горизонтальном положении измерительного прибора

Верный ответ: б, д

10. Федеральный закон "Об обеспечении единства измерений" в настоящее время:

Ответы:

- а. действует
- б. идёт подготовка содержания закона
- в. такого закона нет. Имеются разнообразные методические рекомендации по проведению измерений Госстандарта России.

Верный ответ: а

11. Какие параметры каких элементов можно измерить с помощью измерительного моста переменного тока?

Ответы:

- а. сопротивление резистора
- б. емкость конденсатора
- в. добротность катушки индуктивности
- г. сопротивление утечки конденсатора
- д. индуктивность катушки индуктивности
- е. напряжение источника питания
- ж. ток в обмотке трансформатора
- з. деформацию витков катушки индуктивности
- и. тангенс угла диэлектрических потерь конденсатора

Верный ответ: а,б,в,г,д,и

12. Форма сигнала для аналоговых электроизмерительных устройств...

Отметьте только верные утверждения

Ответы:

- а. При измерении среднего значения периодического напряжения треугольной формы следует предпочесть магнитоэлектрический вольтметр электромагнитному
- б. При измерении действующего значения периодического напряжения прямоугольной формы следует предпочесть выпрямительный вольтметр электромагнитному
- в. При измерении действующего значения периодического напряжения неизвестной формы следует предпочесть электронный вольтметр электромеханическому вольтметру
- г. Для измерения действующего значения периодического напряжения неизвестной формы годятся только электронные вольтметры
- д. Для измерения действующего значения переменного напряжения прямоугольной формы нужны вольтметры истинно среднеквадратического значения
- е. Для измерения действующего значения периодического напряжения прямоугольной формы не пригоден магнитоэлектрический вольтметр

Верный ответ: а,д,е.

13. Почему электромагнитный измерительный механизм не применяется в цепях постоянного тока:

Ответы:

- а. низкая точность
- б. не реагирует на постоянный ток
- в. неравномерность шкалы
- г. дороговизна
- д. недостаточная чувствительность

Верный ответ: а,в,д.

14. Каково назначение аналогово-цифровых преобразователей?

Ответы:

- а. преобразование двоичного кода в двоично-десятичный
- б. преобразование измеряемой величины в форму удобную для дальнейшего преобразования
- в. преобразование измеряемой величины в код
- г. преобразование неэлектрической величины в электрическую

Верный ответ: в

15. Каково максимальное значение погрешности квантования?

Ответы:

- а. +/- квант
- б. +/- 0,5 кванта
- в. +/- 2 кванта
- г. +/- 0,1 кванта
- д. +/- 0,2 кванта

Верный ответ: б

16. Что такое квант при аналого-цифровом преобразовании (АЦП)?

Ответы:

- а. Изменение входной величины, приводящее к изменению кода на +/-1
- б. Наименьшее изменение входной величины, приводящее к изменению кода на +/-1
- в. Значение верхнего предела измерения деленное на максимальное значение выходного кода
- г. среднее значение диапазона преобразования АЦП

Верный ответ: б

17. Наиболее точные измерительные приборы постоянного напряжения:

Ответы:

- а. магнитоэлектрический вольтметр
- б. цифровой вольтметр
- в. электромагнитный вольтметр
- г. электронно-лучевой осциллограф

Верный ответ: б

18. Приведенная погрешность

Отметьте только верные утверждения.

Ответы:

- а. Приведенная погрешность всегда меньше абсолютной
- б. Приведенная погрешность может задаваться в процентах
- в. Размерность приведенной погрешности совпадает с размерностью абсолютной
- г. Приведенная погрешность есть отношение абсолютной погрешности к приведенной величине
- д. Приведенная погрешность есть отношение абсолютной погрешности к нормирующему значению
- е. Приведенная погрешность обратно пропорциональна абсолютной погрешности

Верный ответ: б, д

19. Класс точности....

Отметьте только верные утверждения.

Ответы:

- а. Классы точности обозначаются только латинскими буквами
- б. Если класс точности обозначен двумя числами, то первое из них определяет относительную погрешность в начале шкалы, а второе -- в конце шкалы
- в. Класс точности определяет предельные значения основной погрешности и дополнительных погрешностей
- г. Если класс точности обозначен просто числом, то оно задает предельное значение основной приведенной погрешности в процентах
- д. Класс точности определяет предельную погрешность прибора в условиях, называемых рабочими
- е. Класс точности определяет предельную погрешность прибора, включая погрешность отсчитывания
- ж. Класс точности определяет пределы изменения инструментальной погрешности

Верный ответ: в,г,ж.

20.Какими свойствами должен обладать цифровой сигнал?

Ответы:

- а. только непрерывный по значениям
- б. только непрерывный по времени
- в. только дискретный по времени
- г. только дискретный по значениям
- д. одновременно дискретный по времени и по значениям

Верный ответ: д

21.Как можно квалифицировать измерительный сигнал – напряжение электрической сети в реальных условиях?

Ответы:

- а. периодический
- б. случайный
- в. детерминированный

Верный ответ: б

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

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: 60

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. на вопросы углубленного уровня

Оценка: 2

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

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

Для курсового проекта/работы:

7 семестр

Форма проведения: Защита КП/КР

I. Процедура защиты КП/КР

Защита курсового проекта проходит в комиссии из двух преподавателей. Студент презентует результаты своей работы: докладывает задание, основные этапы разработки, подробно - метеорологический расчет. На доклад отводится до 7 минут. По окончании доклада преподаватели задают вопросы (до 3-4) по темам, затронутым в работе.

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

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: 60

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. на вопросы углубленного уровня

Оценка: 2

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

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.