

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический
университет»
(НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)



Заместитель директора по УР

Н. И. Никифорова

30 мая 2022 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине (модулю)

Б1.В.ДВ.03.02 «Метрология, электрические и теплотехнические измерения»
(наименование дисциплины (модуля))

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
(код и наименование направления подготовки/ специальности)

«Электроснабжение»
(наименование профиля/программы/направленности/специализации)

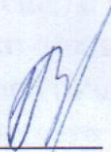
Бакалавр
квалификация

очная/очно-заочная/заочная
форма обучения

Нижекамск, 2022 г.

Составитель ФОС:


Зав. кафедрой



Е. В. Тумаева

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры ЭТЭОП,
протокол № 8 от 21.04.2022 г.

Зав. кафедрой



Е. В. Тумаева

Эксперт:

Руководитель ООП Тумаева Е.В., зав. кафедрой ЭТЭОП НХТИ

Ф.И.О., должность, организация, подпись



Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием этапов формирования в процессе освоения дисциплины

Компетенции:

ПК-1 Способен разрабатывать отдельные разделы проекта на различных стадиях проектирования системы электроснабжения и оформлять техническую документацию.

Индикаторы достижения компетенции:

ПК-1.1 Знает основные нормы, правила и положения, используемые при проектировании системы электроснабжения; классификацию, конструкции, технические характеристики оборудования системы электроснабжения.

ПК-1.2 Умеет проводить технико-экономическую оценку разработанной системы электроснабжения; использовать теоретические знания на практике при проектировании системы электроснабжения.

ПК-1.3 Владеет базовыми знаниями в области систем электроснабжения; навыками использования основных методов расчета для проектирования систем электроснабжения.

ПК-5 Способен выполнять работы по энергетическому обследованию оборудования электротехнических систем.

Индикаторы достижения компетенции:

ПК-5.1 Знает основное оборудование объектов профессиональной деятельности, его параметры и характеристики, режимы работы.

ПК-5.2 Умеет применять теоретические и практические методы определения основных параметров электрооборудования и режимов работы электротехнических систем.

ПК-5.3 Владеет методами определения основных параметров электрооборудования и режимов работы электроэнергетических систем.

Для очного/очно-заочного отделения

Индикаторы достижения компетенции	Этапы формирования в процессе освоения дисциплины				Наименование оценочного средства
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Курсовой проект (работа)	
ПК-1.1	Темы 1-2	Темы 1-2	-	-	Практическая работа
ПК-1.2	Темы 1-2	Темы 1-2	-	-	Практическая работа
ПК-1.3	Темы 1-2	Темы 1-2	-	-	Практическая работа
ПК-5.1	Темы 1-2	Темы 1-2	-	-	Практическая работа

ПК-5.2	Темы 1-2	Темы 1-2	-	-	<i>Практическая работа</i>
ПК-5.3	Темы 1-2	Темы 1-2	-	-	<i>Практическая работа</i>

Для заочного отделения

Индикаторы достижения компетенции	Этапы формирования в процессе освоения дисциплины				<i>Наименование оценочного средства</i>
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Курсовой проект (работа)	
ПК-1.1	Темы 1-2	Темы 1-2	-	-	<i>Контрольная работа</i>
ПК-1.2	Темы 1-2	Темы 1-2	-	-	<i>Контрольная работа</i>
ПК-1.3	Темы 1-2	Темы 1-2	-	-	<i>Контрольная работа</i>
ПК-5.1	Темы 1-2	Темы 1-2	-	-	<i>Контрольная работа</i>
ПК-5.2	Темы 1-2	Темы 1-2	-	-	<i>Контрольная работа</i>
ПК-5.3	Темы 1-2	Темы 1-2	-	-	<i>Контрольная работа</i>

Перечень оценочных средств по дисциплине (модулю)

Для очного отделения

Оценочные средства	Кол-во	Min, баллов	Max, баллов
Практическая работа	3	36	60
Зачет	1	24	40
Итого:		60	100

Для очно-заочного отделения

Оценочные средства	Кол-во	Min, баллов	Max, баллов
Практическая работа	3	36	60
Зачет	1	24	40
Итого:		60	100

Для заочного отделения

Оценочные средства	Кол-во	Min, баллов	Max, баллов
Контрольная работа	2	36	60
Зачет	1	24	40
Итого:		60	100

Шкала оценивания

Цифровое выражение	Выражение в баллах:	Словесное выражение	Критерии оценки индикаторов достижения при форме контроля:	
			экзамен / зачет с оценкой	зачет
5	87 - 100	Отлично (зачтено)	Оценка «отлично» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний; использует в ответе дополнительный материал все предусмотренные программой задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному; анализирует полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий	Оценка «зачтено» выставляется студенту, если ответы на вопросы по темам дисциплины последовательны, логически изложены, допускаются незначительные недочеты в ответе студента, такие как отсутствие самостоятельного вывода, речевые ошибки и пр
4	74 - 86	Хорошо (зачтено)	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, необходимые практические компетенции в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое. Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.	
3	60 - 73	Удовлетворительно (зачтено)	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, большинство предусмотренных программой заданий выполнено, но в них имеются ошибки, при ответе на поставленный вопрос студент допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении программного материала.	
2	Ниже 60	Неудовлетворительно (незачтено)	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы, необходимые практические компетенции не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному	Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если студент не знает основных понятий темы дисциплины, не отвечает на дополнительные и наводящие вопросы преподавателя.

Краткая характеристика оценочных средства

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	2	3	4
1	Индивидуальная контрольная работа	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.	Комплект контрольных заданий по вариантам
2	Практическое занятие	В ходе практических работ студенты овладевают умениями пользоваться работать с нормативными документами и инструктивными материалами, справочниками, составлять техническую документацию; выполнять чертежи, схемы, таблицы, решать разного рода задачи, делать вычисления, определять характеристики различных веществ, объектов, явлений. Цель практических занятий заключается в выработке у студентов навыков применения полученных знаний для решения практических задач в процессе совместной деятельности с преподавателями.	Темы практических занятий; контрольные вопросы и задания по теме практического занятия, вопросы коллоквиума

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический
университет»
(НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

*Факультет информационных технологий
Кафедра электротехники и энергообеспечения предприятий*

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Профиль/ Программа «Электроснабжение»

Контрольная работа
по дисциплине «Метрология, электрические и теплотехнические измерения»

1 Вариант.

1. Изобразить условно-графическое следующих элементов:
 - a. Амперметр регистрирующий
 - b. Частотомер показывающий
 - c. Трансформатор тока нулевой последовательности.
 - d. Вольтметр регистрирующий
2. Дать определение терминам:
 - a. Измерение – это ...
 - b. Средство измерения – это ...
 - c. Эталон единицы величины – это ...
3. Определить:
 - a. расход электроэнергии для трехфазного счётчика электрической энергии подключенного к сети напрямую 0,4 кВ, если текущее показание счётчика 983,1, а предыдущее показание 851,5.
 - b. расход электроэнергии для трехфазного счетчика электрической энергии подключенного к сети 6,3 кВ через трансформаторы тока с коэффициентом трансформации 60 и через трансформаторы напряжения с коэффициентом трансформации 80, если текущее показание счётчика 1521, а предыдущее показание 1455.
 - c. предыдущее показание однофазного счетчика электрической энергии подключенного к сети 0,4 через трансформаторы тока с коэффициентом трансформации 50, если текущее показание 6545, а расход за расчётный период равен 65 650 кВт*ч.
4. Изобразить схему:
 - a. подключения шунта к вольтметру
 - b. подключение амперметра через трансформатор тока к однофазной сети

5. Требование к СИ в сфере государственного регулирования по ФЗ №102
6. Расшифровать СИ по шаблону: тип прибора, диапазон измерений, класс точности, рабочее положение, род применяемого тока, тип системы, класс изоляции.



2 Вариант.

1. Изобразить условно-графическое следующих элементов:
 - a. Вольтметр показывающий
 - b. Счетчик активной электроэнергии
 - c. Трансформатор напряжения трехфазный
 - d. Амперметр регистрирующий
2. Дать определение терминам:
 - a. Неопределенность – это ...
 - b. Шкала величины – это ...
 - c. Технические системы и устройства с измерительными функциями – это ...
3. Определить:
 - a. расход электроэнергии для однофазного счётчика электрической энергии подключенного к сети напрямую 0,4 кВ, если текущее показание счётчика 1123, а предыдущее показание 978.
 - b. расход электроэнергии для трехфазного счетчика электрической энергии подключенного к сети 10 кВ через трансформаторы тока с коэффициентом трансформации 40 и через трансформаторы напряжения с коэффициентом трансформации 30, если текущее показание счётчика 8961, а предыдущее показание 8827.
 - c. предыдущее показание однофазного счетчика электрической энергии подключенного к сети 0,4 через трансформаторы тока с коэффициентом трансформации 60, если текущее показание 1241, а расход за расчётный период равен 13 740 кВт*ч.

4. Изобразить схему:
 - а. подключения шунта к амперметру
 - б. подключение вольтметра через трансформатор напряжения к однофазной сети
5. Измерения, относящиеся в сфере государственного регулирования из приказа Минэнерго № 179.
6. Расшифровать СИ по шаблону: тип прибора, диапазон измерений, класс точности, рабочее положение, род применяемого тока, тип системы, класс изоляции.



3 Вариант.

1. Изобразить условно-графическое следующих элементов:
 - а. Ваттметр показывающий
 - б. Счетчик реактивной электроэнергии
 - с. Трансформатор тока
 - д. Варметр регистрирующий
2. Дать определение терминам:
 - а. Погрешность – это ...
 - б. Поверка – это ...
 - с. Методика измерений – это ...
3. Определить:
 - а. расход электроэнергии для однофазного счётчика электрической энергии подключенного к сети напрямую 0,4 кВ, если текущее показание счётчика 3433, а предыдущее показание 2690.
 - б. расход электроэнергии для трехфазного счетчика электрической энергии подключенного к сети 110 кВ через трансформаторы тока с коэффициентом трансформации 300 и через трансформаторы напряжения с коэффициентом трансформации 1100, если текущее показание счётчика 5,42, а предыдущее показание 5,34.
 - с. предыдущее показание трехфазного счетчика электрической энергии подключенного к сети 6 кВ через трансформаторы тока с

коэффициентом трансформации 80 и через трансформаторы напряжения с коэффициентом трансформации 60, если текущее показание 2452,3, а расход за расчётный период равен $2\,819,04 \cdot 10^3$ кВт*ч.

4. Изобразить схему:

- а. подключения шунта к вольтметру
- б. подключение вольтметра через трансформатор напряжения к однофазной сети

5. Статья 13 ФЗ-102 «Поверка СИ»

6. Расшифровать СИ по шаблону: тип прибора, диапазон измерений, класс точности, рабочее положение, род применяемого тока, тип системы, класс изоляции.



4 Вариант.

1. Изобразить условно-графическое следующих элементов:

- а. Варметр регистрирующий
- б. Вольтметр показывающий
- с. Трансформатор напряжения трехфазный
- д. Трансформатор тока нулевой последовательности.

2. Дать определение терминам:

- а. Сила тока – это ...
- б. Первичная поверка – это ...
- с. Случайная погрешность – это ...

3. Определить:

а. расход электроэнергии для однофазного счётчика электрической энергии подключенного к сети напрямую 0,4 кВ, если текущее показание счётчика 5674, а предыдущее показание 3456

б. расход электроэнергии для трехфазного счетчика электрической энергии подключенного к сети 35 кВ через трансформаторы тока с коэффициентом трансформации 50 и через трансформаторы напряжения с коэффициентом трансформации 70, если текущее показание счётчика 9,89, а предыдущее показание 8,87.

с. предыдущее показание трехфазного счетчика электрической энергии подключенного к сети 110 кВ через трансформаторы тока с коэффициентом трансформации 80 и через трансформаторы напряжения с коэффициентом трансформации 1100, если текущее показание 2452,3, а расход за расчётный период равен $3541,347 \cdot 10^3$ кВт*ч.

4. Изобразить схему:

а. подключения шунта к амперметру

б. подключение амперметра через трансформатор тока к однофазной сети

5. КоАП ст. 19.19

6. Расшифровать СИ по шаблону: тип прибора, диапазон измерений, класс точности, рабочее положение, род применяемого тока, тип системы, класс изоляции.



Максимальный балл за контрольную работу составляет 40, минимальный балл-24.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический
университет»
(НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

*Факультет информационных технологий
Кафедра электротехники и энергообеспечения предприятий*

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Профиль/ Программа «Электроснабжение»

Практическая работа

по дисциплине «Метрология, электрические и теплотехнические измерения»

Практическая работа № 1

Определение цены деления многопредельных приборов.

Цель работы: Изучить руководство по эксплуатации и паспорт мегомметра М4100, научиться определять цену деления многопредельных приборов.

Нормативная база.1. РМГ 29-2013 «ГСИ. Метрология. Основные термины и определения»

3. ГОСТ 5365-83

Термины и определения: 1. **Величина** – свойство материального объекта или явления, общее в качественном отношении для многих объектов и явлений, но в количественном в отношении индивидуальное для каждого из них.

2. **Размер величины** – количественная определённость величины, присущая конкретному материальному объекту или явлению.

3. **Значение величины** – выражение размера величины в виде некоторого числа принятых единиц, или чисел, баллов по соответствующей шкале.

4. **Шкала (значений) величины**; шкала измерений – упорядоченная совокупность значений величины, служащая основой для измерений данной величины.

5. **Единица величины** - фиксированное значение величины, которое принято за единицу данной величины и применяется для количественного выражения однородных с ней величин

6. **Циферблат** - часть отсчетного устройства средств измерений, содержащая шкалу (шкалы) и условные обозначения, необходимые для отсчитывания значений измеряемой величины.

7. **Однострочная шкала** - шкала, в которой диапазон показаний или

измерений расположен в одной строке.

8.Многострочная шкала - шкала, в которой диапазон показаний или измерений расположен в двух или более строках.

9.Многодиапазонный прибор - прибор с несколькими (двумя и более) диапазонами измерений или несколькими номинальными значениями.

10.Комбинированный прибор - прибор, предназначенный для измерений трех и более электрических и неэлектрических величин различного рода.

Приборы и инструменты: 1. Мегаомметр М4100

2. Амперметр

3. Вольтметр

Теоретическая часть.

Циферблаты и шкалы приборов должны быть изготовлены в соответствии с требованиями настоящего стандарта ГОСТ 5365-83, стандартов и (или) технических условий на приборы конкретного вида (типа) и по рабочим чертежам, утвержденным в установленном порядке.

Циферблаты в зависимости от числа шкал подразделяют на одношкальные и многошкальные. Шкалы, наносимые на циферблаты, подразделяют:

- по форме - на прямолинейные (горизонтальные и вертикальные), секторные (размах шкалы до 180° включ.) и круговые (размах шкалы более 180°);
- по соотношению длин делений в пределах одной шкалы по ГОСТ 8.401 - на равномерные и неравномерные;
- по количеству строк в одной шкале - на однострочные и многострочные;
- по светотехническим характеристикам - на светоотражающие и светоизлучающие.

Допускается в зависимости от функционального назначения прибора и условий работы оператора изготавливать лицевую поверхность циферблата иного цветофактурного решения, а также со светоизлучающей поверхностью (временного или постоянного действия). При этом контраст между цветом циферблата и цветом элементов, описывающих шкалу (п.9), должен быть не менее 0,6. Отметки, цифры, условные обозначения и другие элементы, описывающие шкалу, должны иметь:

- черную матовую поверхность при светлом цвете лицевой поверхности циферблата или соответствовать кодовым цветам, принятым в отрасли;
- белую матовую поверхность при темном цвете лицевой поверхности циферблата или соответствовать кодовым цветам, принятым в отрасли.

Допускается в зависимости от функционального назначения прибора или внешних условий деятельности оператора выделять отдельные элементы, описывающие шкалу, ярким цветом (зеленым, желтым, красным и т.п.). При этом, как правило, желтым цветом выделяют выход измеряемого параметра из нормы, а красным цветом - его аварийное значение.

Одним из распространённых видом измерений на электроустановках является измерение величины сопротивления изоляции.

Измерение величины сопротивления изоляции всех элементов

электрооборудования электрических сетей всех напряжений осуществляется мегаомметром. Мегаомметр – это генератор, в котором полупроводниковая схема превращает напряжение аккумулятора или батареи 9 В в высокое напряжение: 100, 250, 500, 1000, 2500 В постоянного тока, а при измерениях по шкале прибора отсчитывают сопротивление изоляции в мегаомах (МОм) или килоомах (кОм). В старых мегомметрах такие напряжения получали от генератора постоянного тока с ручным приводом. Для выбора мегаомметра необходимо ориентироваться в сопротивлении изоляции объектов, величины которых чаще всего укладываются в пределы: силовые кабели – 1 000 Мом, коммутационная аппаратура – 1000...5000 Мом, силовые трансформаторы 10...20 000 Мом, фарфоровые изоляторы – 100 ... 10 000 МОм.

Для измерения сопротивления изоляции оборудования с номинальным напряжением до 1000 В используются мегаомметры на 100, 250, 500 и 1000 В. Для электроустановок свыше 1000 В используются мегаомметры на 1000 и 2500 В.

При проведении измерений рекомендуется такой порядок операции.

1. Проверить пригодность испытательной установки по дате следующей поверки.

2. Измерить сопротивление изоляции соединительных проводов с изолированными ручками, значение которого должно быть не меньше верхнего предела измерений мегаомметра.

3. Установить предел измерения. Если значение сопротивления изоляции предыдущих измерений неизвестно, нужно начинать с верхнего предела измерений.

4. Убедиться в отсутствии напряжения на проверяемом объекте.

5. Отключить либо закоротить все детали с пониженной изоляцией. (конденсаторы, полупроводниковые приборы)

6. На время подключения прибор заземлить.

7. Зафиксировать сопротивление изоляции по шкале прибора.

Для трехфазных двигателей сопротивление изоляции проверяется пофазно, при этом две другие фазы соединяются с корпусом. Тогда одновременно измеряется сопротивление между фазой и корпусом и между фазами.

Ход работы.

1. Изучить паспорт и руководство по эксплуатации мегаомметра.

2. Выписать таблицу диапазонов измерений, класс точности и правила использования

3. Начертить схему электрическую принципиальную мегаомметра М4100/4.

4. Вычислить цену деления мегомметра в режиме мегаомметра и в режиме километра.

Формула для расчёта шкалы прибора (цены деления - ЦД)

$$ЦД = (x_{\max} - x_{\min}) / n, \text{ где}$$

x_{\max} – максимальный предел измерений

x_{\min} - минимальный предел измерений

n – количество делений между x_{\max} и x_{\min}

5. Заполнить таблицу.

Режим работы прибора	Максимальный предел измерений (x_{\max})	Минимальный предел измерений (x_{\min})	Цена деления
Километр			
Мегаомметр			
Амперметр			
Вольтметр			

Контрольные вопросы.

1. Дать определение термину «величина»
2. Дать определение термину «значение величины»
3. Дать определение термину «единица величины»
4. Что такое мегаомметр и каков принцип его действия?
5. Как производится измерение сопротивления изоляции трехфазного двигателя?
6. Дать классификацию шкалы мегаомметра М4100 по изученным признакам.

Практическая работа №2

Оценка погрешности прямых измерений

Цель работы: произвести замеры напряжения в однофазной сети, анализ экспериментальных данных и определение пределов вблизи среднего значения, в которых находится истинное значение измеряемой величины при заданной доверительной вероятности α .

Нормативная база.

1. Термины и определения в данной лабораторной работы взяты из **РМГ 29-2013 «ГСИ. Метрология. Основные термины и определения»**

Термины и определения

1. **Погрешность (результата измерения):** Разность между измеренным значением величины и опорным значением величины.

2. **Случайная погрешность (измерения):** Составляющая погрешности измерения, изменяющаяся случайным образом (по знаку и значению) при повторных измерениях, проведенных в определенных условиях.

3. **Среднее квадратическое отклонение; стандартное отклонение:** Параметр функции распределения измеренных значений или показаний, характеризующий их рассеивание и равный положительному корню квадратному из дисперсии этого распределения.

4. **Систематическая погрешность (измерения):** Составляющая погрешности измерения, остающаяся постоянной или же закономерно изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же величины.

Ход работы.

1. Мультиметром DT произвести замеры напряжения в однофазной сети.

2. Занести результаты в таблицу.

Номер замера	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Показание СИ										

3. Вычислить среднеарифметическое значение

$$U_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U_i$$

4. Вычислить абсолютную погрешность i-того вычисления.

$$\Delta U_i = |U_{cp} - U_i|$$

5. Занести результаты в таблицу

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Абсолютная погрешность (ΔU_i)										

6. Рассчитать среднюю погрешность вычисления.

$$\Delta U_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta U_i$$

Истинное значение измеряемой величины x будет находиться в интервале от $(U_{cp} - \Delta U_{cp})$ до $(U_{cp} + \Delta U_{cp})$.

7. Определить среднюю квадратичную ошибку (называемая также средним

квадратичным отклонением) среднего арифметического

$$S_U = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta U_i^2)}{n \times (n-1)}}$$

Задается значение доверительной вероятности α . Случайные ошибки вызываются случайными причинами, то точно указать интервал, в котором заключена измеряемая величина, принципиально невозможно. Этот интервал можно указать лишь с определенной вероятностью α , называемой доверительной вероятностью. В практике учебной работы значение α выбирается равным $0,90 \div 0,95$, а в ответственных случаях – $0,99$ и более.

7. По выбранной доверительной вероятности α и числу проведенных измерений n с помощью таблицы определяется коэффициент Стьюдента $t_\alpha(n)$

Коэффициенты Стьюдента

$n \backslash \alpha$	0,9	0,95	0,98	0,99
2	6,3	12,7	31,8	63,7
3	2,9	4,3	7,0	9,9
4	2,4	3,2	4,5	5,8
5	2,1	2,8	3,7	4,6
6	2,0	2,6	3,4	4,0
7	1,9	2,4	3,1	3,7
8	1,9	2,4	3,0	3,5
9	1,9	2,3	2,9	3,4

10	6,3	2,3	2,8	3,3
----	-----	-----	-----	-----

8. Вычислить доверительный интервал ΔU :

$$\Delta U = t_{\alpha}(n) \times S_u$$

9. Записать результат в виде.

$$U = U_{cp} \pm \Delta U_{c} \alpha = \dots$$

$$E = \frac{\Delta U}{U_{cp}},$$

где E- относительная ошибка измерений

10. Сделать вывод по работе.

Контрольные вопросы.

1. Дать определение «погрешности измерения»
2. Дать определение «случайной погрешности измерения»
3. Дать определение «стандартному отклонению»
4. Что означает доверительная вероятность?

Практическая работа № 3

Оценивание неопределённости измерения сопротивления изоляции трансформатора и асинхронного двигателя

Цель работы: научиться оценивать неопределённости измерений по типу А, типу В и стандартную неопределённость. Сравнить неопределённости, полученные при измерениях сопротивлений изоляции АД и ТР мультиметром и МРІ и сделать вывод.

Нормативная база. 1. Методика оценки неопределённости основана на методике, описанной в РМГ 115-2019 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Калибровка средств измерений. Алгоритмы обработки результатов измерений и оценивания неопределённости»

2. Термины и определения в данной лабораторной работы из РМГ 29-2013 «ГСИ. Метрология. Основные термины и определения»

Основные термины и определения:

1. Неопределенность (измерений): Неотрицательный параметр, характеризующий рассеяние значений величины, приписываемых измеряемой величине на основании измерительной информации.

2. Стандартная неопределенность (измерений): Неопределенность измерений, выраженная в виде стандартного отклонения.

3. Оценивание (неопределенности измерений) по типу А: Оценивание составляющей неопределенности измерений путем статистического анализа измеренных значений величины, получаемых при определенных условиях измерений.

4. Оценивание (неопределенности измерений) по типу В: Оценивание составляющей неопределенности измерений способами, отличными от оценивания неопределенности измерений по типу А.

Приборы и инструменты:

1. Мультиметр DT
2. Измеритель сопротивления МРІ
3. Трансформатор
4. Асинхронный двигатель.

Теоретическая часть. Термины – «погрешность» и «неопределенность» - это выражение в разных терминах, одного и того же понятия – «точность измерений».

В России исторически сложилось так, что при оценке достоверности произведенного измерения использовали погрешность.

За рубежом исходно существовало понятие «error of measurement» - «ошибка измерения». Одной из целей при разработке стандарта качества ISO 9000 было обеспечение безошибочного выполнения всех производственных функций. В рамках ISO 9000 было разработано «Руководство по вычислению неопределенности в измерении» - «Guide to the expression of uncertainty in measurement», в котором описано понятие неопределенности измерений и способы ее вычисления.

Сейчас все чаще требуется оценивать точность проведения измерений (например, такое требование предъявляется при аккредитации лабораторий) в терминах «неопределенности». В связи с вступлением России в ВТО, принято решение перевести правила проведения и оценки качества работ (в том числе и метрологических) в соответствие с международными стандартами ИСО. Все измерительные лаборатории стран-членов ВТО должны оценивать точность результатов измерений в терминах неопределенности. В России о необходимости расчета неопределенности измерений в соответствии с ГОСТ Р ИСО 10576-1-2006 говорится в письме Роспотребнадзора 01/6620-12-32 от 13.06.2012. «Неопределенность измерений стоило выдумать хотя бы для того, чтобы теперь разъяснять, чем погрешность отличается от неопределенности». Понятие «uncertainty» возникло из дословного перевода документа «Guide to the expression of uncertainty in measurement», ISO-1993

Документ РМГ 91-2009 «Совместное использование понятий «погрешность измерения» и «неопределенность измерения» детально разъясняет соответствие терминов «погрешность» и «неопределенность».

Термин «погрешность» привязан к истинному значению измеряемой величины. Однако, это исходное «истинное значение» неизвестно. И при проведении измерений указывают интервал, в котором это «истинное значение» находится с определенным уровнем вероятности – $X = A \pm \Delta$, $P = 0,95$ (где P – доверительная вероятность).

То есть, интервал от $(A - \Delta)$ до $(A + \Delta)$ с вероятностью P содержит в себе:

- 1) «истинное» значение измеряемой величины.
- 2) погрешность измерений величины

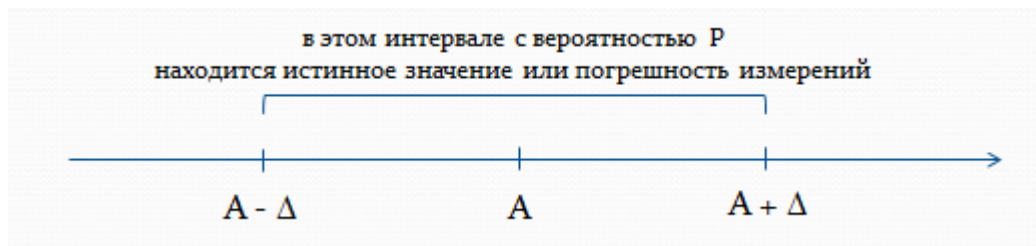


Рис.1. Диапазон возможных значений при погрешности

Термин «неопределенность» привязан к измеренному значению величины A , а не к ее абстрактному «истинному» значению. Также, как для «погрешности», результат измерения записывается в виде интервала $X = A \pm \Delta$, $P = 0,95$ (P – вероятность охвата).

То есть, интервал от $(A - U)$ до $(A + U)$ содержит большую долю (P) значений, которые могли бы быть приписаны к измеряемой величине.

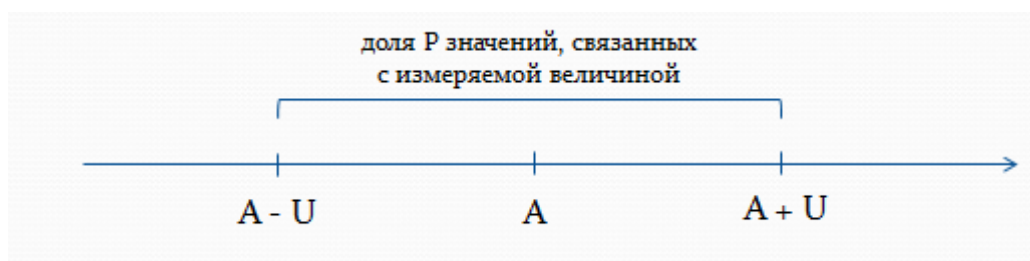


Рис.2. Диапазон возможных значений при неопределенности

При оценке точности измерений в терминах "неопределенности" считается, что измеренная величина принадлежит к указанному интервалу значений (например, диапазон оптимальных или допустимых уровней), если она с учетом указанной неопределенности («величина – неопределенность» и «величина + неопределенность») не выходит за пределы этого диапазона.

Ход работы. 1. Необходимо 5 раз произвести измерение сопротивления изоляции трансформатора обмотка-корпус мультиметров DT, а затем повторить операцию измерителем сопротивления MPI.

Результаты занести в таблицу.

№	Показания мультиметра DT, МОм	Показания измерителя сопротивления MPI.МОм
1		
2..
n	R_{iDT}	R_{iMPI}

2. Произвести оценку неопределённости по типу A для каждого средства измерений.

- вычисляем среднее арифметическое значение сопротивлений

$$R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i$$

- для источников неопределённости случайного характера вычисляем

неопределённость по типу А

$$u_A(R) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - R)^2}{n(n-1)}}$$

- получить процентное выражение неопределённости по типу А

$$\frac{u_A(R)}{R} \times 100\%$$

3. Произвести оценку неопределённости по типу В для каждого средства измерений.

$$u_B(R) = \frac{\Delta R}{\sqrt{3}},$$

где ΔR - произведение среднеарифметического значения сопротивления и класса точности средства измерения.

- получить процентное выражение неопределённости по типу В

$$\frac{u_B(R)}{R} \times 100\%$$

4. Вычислить суммарную стандартную неопределённость.

$$u_C(R) = \sqrt{u_A^2(R) + u_B^2(R)}$$

- получить суммарной стандартной неопределённости.

$$\frac{u_C(R)}{R} \times 100\%$$

5. Полученные результаты занести в таблицу.

Тип неопределённости	Среднее арифметическое значение сопротивлений (R)	Тип А (u _А)%	Тип В (u _В)%	Суммарная стандартная неопределённости (u _С)%
Мультиметр DT				
Измерителя сопротивления МРІ				

6. Повторить пункты 1-5, замеры изоляции произвести на асинхронном двигателе.

7. Сделать вывод.

Контрольные вопросы.

1. Дать определение неопределённости измерений
2. Дать определение неопределённости типа А
3. Дать определение неопределённости типа В
4. Дать определение суммарной стандартной неопределённости
5. Какой документ в РФ даёт детальное определение терминам «погрешность» и «неопределённость»?
6. Из перевода какого документа появился термин «неопределённость»?

7. Объяснить разницу между погрешностью и неопределенностью.

***Максимальный балл за практическую работу составляет 40,
минимальный балл-24.***