Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Бутакова Оксана Стефановна
Должность: директор
Дата подписания: 06.11.2025 05:07:07
Уникальный программный ключ:
92ebe478f3654efe030354ec9c160360cb17a169

Министерство образования и науки Республики Саха (Якутия)
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
Республики Саха (Якутия) «Ленский технологический техникум»

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Междисциплинарный курс: МДК.02.01 Организация и технология проверки электрооборудования

Профессия: 13.01.10 Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования (по отраслям)

г. Ленск, 2023

Методические рекомендации по выполнению практических занятий составлены на основе требований Федерального государственного образовательного стандарта по профессии 13.01.10 Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования (по отраслям) к содержанию и уровню подготовки выпускника в соответствии учебным планом и рабочей программой междисциплинарного курса МДК.02.01 Организация и технология проверки электрооборудования, утвержденных ГБПОУ РС (Я) «Ленский технологический техникум».

РЕКОМЕНДОВАНО

Учебно-методическим советом

ГБПОУ РС (Я) «Ленский технологический техникум»

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение Республики Саха (Якутии) «Ленский технологический техникум» Учебно методический совет Протокол № 11 «30» июня 2023 г.

Рассмотрена и рекомендована на заседании ПЦК «Профессиональной подготовки»

Протокол № 10 от «7» июня 2023

Председатель ПЦК Лучина Г.А

Дьячков Юрий Юрьевич, мастер производственного обучения

Оглавление

Пояснительная записка 4
Практическое занятие №1 8
Практическое занятие №2 11
Практическое занятие №3 14
Практическое занятие №4 18
Практическое занятие №5 23
Практическое занятие №6 27
Практическая работа №7 32
Практическая работа №8 35
Практическая работа №9 39
Практическая работа №10 43
Литература: 48

Пояснительная записка

Методические указания к выполнению практических работ, обучающихся по междисциплинарному курсу **МДК.02.01 Организация и технология проверки электрооборудования** предназначены для обучающихся по профессии 13.01.10 Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования (по отраслям).

Цель методических указаний: оказание помощи обучающимся в выполнении практических работ по междисциплинарному курсу МДК.02.01 Организация и технология проверки электрооборудования **в** учреждениях среднего профессионального образования.

В связи с введением в образовательный процесс нового Федерального государственного образовательного стандарта, который ориентирован на выработку у студентов общих и профессиональных компетенций – набора знаний, умений, навыков и личностных качеств, которые позволят выпускнику стать конкурентоспособным на рынке труда, все более актуальной становится задача организации практической работы студентов.

Практические занятия являются важной формой образовательного процесса и направлены на экспериментальное подтверждение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений, они составляют важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки.

Цели практических занятий:

-помочь студентам систематизировать, закрепить и углубить знания теоретического характера;

-научить студентов приемам решения практических задач, способствовать овладению навыками и умениями составления служебных документов;

-научить их пользоваться справочной литературой и таблицами;

-формировать умение учиться самостоятельно, т. е. овладевать методами, способами и приемами самообучения, саморазвития и самоконтроля.

Настоящие методические указания содержат работы, которые позволят обучающимся самостоятельно овладеть фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по междисциплинарному курсу, опытом творческой и исследовательской деятельности и направлены на формирование следующих умений и знаний:

Уметь:

У.1. Выполнять испытания и наладку осветительных электроустановок;

У.2. Проводить электрические измерения;

У.3. Снимать показания приборов;

У.4. Проверять электрооборудование на соответствие чертежам, электрическим схемам, техническим условиям

Знать:

З1. - общую классификацию измерительных приборов;

З2. - схемы включения приборов в электрическую цепь;

З3. - документацию на техническое обслуживание приборов;

З4. - систему эксплуатации и поверки приборов; общие правила технического обслуживания измерительных приборов.

Результатом освоения МДК.02.02 Контрольно-измерительные приборы является овладение обучающимися общих компетенций (ОК) и профессиональных компетенций (ПК):

ОК.01: Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес

ОК.02: Организовать собственную деятельность, исходя из цели и способов её достижения, определенных руководителем.

ОК.03: Анализировать рабочую ситуацию, осуществлять текущий и итоговый контроль, оценку и коррекцию собственной деятельности, нести ответственность за результаты своей работы.

ОК.04: Осуществлять поиск информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач.

ОК.05: Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК.06: Работать в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, клиентами.

ОК.07: Исполнять воинскую обязанность, в том числе с применением полученных профессиональных знаний (для юношей).

ВД 1 Сборка, монтаж, регулировка и ремонт узлов и механизмов оборудования, агрегатов, машин, станков и другого электрооборудования промышленных организаций

ВД 2 Проверка и наладка электрооборудования

ПК 2.1 Принимать в эксплуатацию отремонтированное электрооборудование и включать его в работу.

ПК 2.2 Производить испытания и пробный пуск машин под наблюдением инженерно-технического персонала.

ПК 2.3 Настраивать и регулировать контрольно-измерительные приборы и инструменты

Критериями оценки результатов внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся являются:

уровень освоения учебного материала;

уровень умения использовать теоретические знания при выполнении практических задач;

уровень умения активно использовать электронные образовательные ресурсы, находить требующуюся информацию, изучать ее и применять на практике;

обоснованность и четкость изложения материала;

оформление материала в соответствии с требованиями стандарта предприятия;

уровень умения ориентироваться в потоке информации, выделять главное;

уровень умения четко сформулировать проблему, предложив ее решение, критически оценить решение и его последствия;

уровень умения определить, проанализировать альтернативные возможности, варианты действий;

уровень умения сформулировать собственную позицию, оценку и аргументировать ее.

К категории *существенных ошибок* следует отнести ошибки, связанные с незнанием, непониманием учащимися основных положений теории и с неправильным применением методов, способов, приемов решения практических заданий, предусмотренных программой.

К категории *несущественных ошибок* следует отнести погрешности, связанные с небрежным выполнением записей, рисунков, графиков, чертежей, а также погрешности и недочеты, которые не приводят к искажению смысла задания и его выполнения.

При наличии существенной ошибки задание считается невыполненным.

Практические работы представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Перечень видов практических работ

Номер и наименование темы	**Наименование (содержание) практической работы**	**Кол-во час**	**Коды формируемых компетенций**	**Форма контроля**
Тема 1.2 Наладка аппаратов напряжения до 1000В	**Практическое занятие №1.** Наладка автоматических выключателей: измерение	4	ПК.1.2, ОК 02	Текущий контроль

	сопротивления изоляции, проверка повышенным и пониженным напряжением **Практическое занятие №2.** Наладка тепловых реле, пускателей и контакторов: внешний осмотр и проверка аппаратов.			
Тема 1.3 Проверка, профилактические испытания и эксплуатация силовых трансформаторов	**Практическое занятие №3.** Силовые трансформаторы: нормы приемо-сдаточных испытаний **Практическое занятие №4.** Испытание повышенным напряжением. Маркировка трансформаторов	4	ПК.2.3, ОК 01	Текущий контроль
Тема 1.4 Испытание и проверка кабельных линий электропередач	**Практическое занятие №5.** Определить активное сопротивление жил кабеля и рабочих емкостей (для кабеля напряжением 20кВ и выше) **Практическое занятие №6.** Оформление документации на каждую кабельную линию **Практическое занятие №7.** Проверка работы электродвигателя на холостом ходу **Практическое занятие №8.** Расчет обмоток однофазного электродвигателя при перемотке его из трехфазного **Практическое занятие №9.** Расчет обмотки статора, не имеющего паспортных данных, на новую частоту вращения **Практическое занятие №10.** Оформление документации по профилактическим испытаниям электродвигателей, генераторов	12	ПК.2.1, ОК 01, ПК.2.2	Текущий контроль
Итого:		22		

Практическое занятие №1

по МДК.02.01 «Организация и технология проверки электрооборудования»

для профессии: «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования»

Тема: Наладка аппаратов напряжения до 1000 В

Практическое занятие №1: Наладка автоматических выключателей: измерение сопротивления изоляции, проверка повышенным и пониженным напряжением

Продолжительность: 2 часа

Цель занятия:

Освоить методику наладки автоматических выключателей напряжением до 1000 В, включая измерение сопротивления изоляции и проверку работоспособности при пониженном и повышенном напряжении.

Учебные задачи:

1. Изучить устройство и принцип действия автоматических выключателей до 1000 В.
2. Освоить методику измерения сопротивления изоляции автоматических выключателей.
3. Научиться проверять работоспособность автоматических выключателей при пониженном и повышенном напряжении.
4. Соблюдать требования охраны труда и техники безопасности при выполнении работ.

Материально-техническое обеспечение:

- Автоматические выключатели (АВ) до 1000 В (например, ВА47-29, АЕ2000, ВА51-35 и др.)
- Мегаомметр (например, М4100/1 или аналог)
- Лабораторный автотрансформатор (ЛАТР)
- Вольтметр переменного тока
- Амперметр
- Испытательная установка для проверки тепловых и электромагнитных расцепителей (при наличии)
- Измерительные провода, зажимы «крокодил»
- Средства индивидуальной защиты (диэлектрические перчатки, коврик, очки)
- Инструкции по эксплуатации автоматических выключателей

- Журнал испытаний электрооборудования

Теоретическая часть (15–20 мин):

1. Назначение и устройство автоматических выключателей до 1000 В

Автоматические выключатели — это коммутационные аппараты, предназначенные для защиты электроустановок от токов перегрузки и короткого замыкания, а также для оперативного отключения цепи вручную.

Основные элементы:

- Контактная система
- Дугогасительная камера
- Расцепители:

Тепловой — реагирует на перегрузку (длительный ток выше номинального)

Электромагнитный — реагирует на короткое замыкание (мгновенное срабатывание при высоком токе)

2. Нормативные требования

Согласно ПУЭ (п. 1.8.38), ПТЭЭП и ГОСТ Р 50345-2010, автоматические выключатели подлежат:

- Проверке сопротивления изоляции
- Проверке работоспособности расцепителей
- Испытаниям при пониженном и повышенном напряжении (для аппаратов с независимыми расцепителями)

Практическая часть (90–100 мин):

Задание 1. Измерение сопротивления изоляции автоматического выключателя

Порядок выполнения:

1. Отключить автоматический выключатель от сети и убедиться в отсутствии напряжения.
2. Подготовить мегаомметр: проверить его работоспособность, установить на ровную поверхность.
3. Подключить один щуп мегаомметра к корпусу (или заземляющему болту), другой — к силовым контактам (поочередно между фазами и между фазами и корпусом).
4. Произвести измерение при напряжении 500 В (для аппаратов до 1000 В).
5. Зафиксировать показания.

Норма: сопротивление изоляции ≥ 1 МОм.

Внимание:

- Не касаться токоведущих частей во время измерения!
- После измерения разрядить возможный остаточный заряд.

Задание 2. Проверка работоспособности при пониженном и повышенном напряжении

Примечание: Проверка проводится только для автоматических выключателей с независимым расцепителем минимального напряжения.

Порядок выполнения:

1. Собрать схему подключения:

- Источник регулируемого напряжения (ЛАТР) → вольтметр → независимый расцепитель АВ.

2. Установить номинальное напряжение (например, 220 В) — выключатель должен оставаться во включенном состоянии.

3. Плавно снижать напряжение до 70–35% от номинального (в зависимости от типа расцепителя).

Норма: при снижении напряжения до 35% Uном расцепитель должен сработать (отключить АВ).

4. Повысить напряжение до 110% Uном — выключатель должен оставаться включенным (если нет защиты от перенапряжения).

5. Зафиксировать результаты в таблице.

Форма отчета (заполняется студентом):

Параметр	**Норма**	**Результат измерения**	**Вывод**
Сопротивление изоляции (МОм)	≥1 МОм	…	Годен / Не годен
Напряжение срабатывания минимального расцепителя (В)	≤77 В (при Uном=220 В)	…	Соответствует / Не соответствует
Повышенное напряжение (110% Uном)	Без отключения	…	Устойчив / Не устойчив

Требования безопасности:

- Работать только в диэлектрических перчатках и на резиновом коврике.
- Перед началом работ убедиться в отсутствии напряжения.
- Не оставлять без присмотра включенную испытательную установку.

- Запрещено прикасаться к токоведущим частям под напряжением.

Контрольные вопросы:

1. Какие виды расцепителей применяются в автоматических выключателях?
2. Какое минимальное сопротивление изоляции допустимо для АВ до 1000 В?
3. При каком напряжении должен срабатывать минимальный расцепитель?
4. Почему важно проверять АВ при пониженном напряжении?
5. Какие приборы используются для измерения сопротивления изоляции?

Практическое занятие №2

по МДК.02.01 «Организация и технология проверки электрооборудования»

для профессии: «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования»

Тема: Наладка аппаратов напряжения до 1000 В

Практическое занятие №2: Наладка тепловых реле, пускателей и контакторов: внешний осмотр и проверка аппаратов

Продолжительность: 2 часа

Цель занятия:

Освоить методику наладки тепловых реле, магнитных пускателей и контакторов напряжением до 1000 В, включая внешний осмотр, проверку механической и электрической исправности, а также функциональную проверку их работы.

Учебные задачи:

1. Изучить устройство и принцип действия тепловых реле, магнитных пускателей и контакторов.
2. Научиться проводить визуальный и механический осмотр аппаратов.
3. Освоить методику проверки электрической исправности (измерение сопротивления катушек, контактов, проверка срабатывания).
4. Соблюдать требования охраны труда и техники безопасности при выполнении работ.

Материально-техническое обеспечение:

- Тепловые реле (например, РТЛ, ТРН, РТТ)
- Магнитные пускатели (ПМЛ, ПМА и др.)
- Контакторы переменного тока до 1000 В (КТ, КМИ и др.)
- Мультиметр (или омметр)

- Мегаомметр (М4100/1 или аналог)
- Лабораторный автотрансформатор (ЛАТР)
- Вольтметр переменного тока
- Набор отверток, пассатижей, ключей
- Средства индивидуальной защиты (диэлектрические перчатки, коврик, очки)
- Инструкции по эксплуатации аппаратов
- Журнал испытаний электрооборудования

Теоретическая часть (15–20 мин):

1. Назначение и устройство аппаратов:

- **Тепловое реле** — защищает электродвигатель от перегрузки по току. Срабатывает при длительном превышении номинального тока за счёт нагрева биметаллической пластины.
- **Магнитный пускатель** — коммутационный аппарат для дистанционного пуска, остановки и реверса электродвигателей. Состоит из контактора и теплового реле.
- **Контактор** — электромагнитный коммутационный аппарат для частых включений/отключений силовых цепей. Не имеет защиты от перегрузки.

2. Основные элементы:

- Катушка управления
- Главные и вспомогательные контакты
- Дугогасительные камеры
- Возвратная пружина
- Блокировочные элементы

3. Нормативные требования:

Согласно ПУЭ, ПТЭЭП и ГОСТ 17703–72, при наладке необходимо:

- Проверить целостность корпуса и отсутствие механических повреждений
- Убедиться в свободном ходе подвижных частей
- Измерить сопротивление изоляции и обмоток
- Проверить срабатывание при номинальном напряжении

Практическая часть (90–100 мин):

Задание 1. Внешний и механический осмотр аппаратов

Порядок выполнения:

1. Визуально осмотреть корпус на наличие трещин, оплавлений, коррозии.
2. Проверить состояние контактов:

- Отсутствие нагара, выгорания, оплавления
- Чистота контактных поверхностей

3. Проверить свободный ход якоря (подвижной части):

- Движение должно быть плавным, без заеданий
- Пружины не должны быть деформированы

4. Убедиться в надежности крепления всех элементов и выводов.
5. Зафиксировать результаты в таблице.

Задание 2. Электрическая проверка

2.1. Измерение сопротивления изоляции

1. Отключить аппарат от сети.
2. Подключить мегаомметр:

- Один щуп — к корпусу (или заземляющему болту)
- Другой — к силовым и вспомогательным контактам

3. Измерить сопротивление при 500 В.

Норма: ≥ 1 МОм.

2.2. Проверка целостности катушки управления

1. Использовать мультиметр в режиме измерения сопротивления.
2. Подключить щупы к выводам катушки.
3. Сравнить полученное сопротивление с паспортным значением (обычно от 100 Ом до нескольких кОм).

Отклонение более 15% — признак неисправности.

2.3. Проверка контактов

- В **разомкнутом** состоянии: сопротивление между контактами → ∞ (обрыв).
- В **замкнутом** состоянии: сопротивление → близко к 0 Ом (не более 0,1 Ом).
- При наличии подгоревших контактов — зачистить напильником или заменить.

2.4. Функциональная проверка срабатывания

1. Собрать схему:

- ЛАТР → вольтметр → катушка пускателя/контактора

2. Подать номинальное напряжение (например, 220 В или 380 В).
3. Убедиться, что якорь притягивается, контакты замыкаются.
4. Плавно снижать напряжение до 85% Uном — аппарат должен оставаться включённым.

5. При снижении ниже 70% Uном — должен отключиться (для большинства типов).

6. Для теплового реле:

- Подключить через нагрузочный трансформатор или резисторы
- Создать ток 1,5 × Iном — реле должно сработать через 2–5 минут (в зависимости от уставки)

Форма отчета (заполняется студентом):

Аппарат	**Повреждения корпуса**	**Состояние контактов**	**Rизоляция (МОМ)**	**Rкатушки (ОМ)**	**Срабатывание при Uном**	**Вывод**
Тепловое реле РТЛ-10	Нет / Есть	Чистые / Подгоревшие	…	…	…	Годен / Не годен
Пускатель ПМЛ-1100	…	…	…	…	Да / Нет	…
Контактор КМИ-220	…	…	…	…	Да / Нет	…

Требования безопасности:

- Все работы проводить при **полностью снятом напряжении.**
- Использовать СИЗ: диэлектрические перчатки, коврик, защитные очки.
- Не включать аппараты без разрешения преподавателя.
- Не прикасаться к токоведущим частям под напряжением.

Контрольные вопросы:

1. Какова функция теплового реле в схеме управления двигателем?
2. Чем отличается контактор от магнитного пускателя?
3. Как проверить исправность катушки управления?
4. Какое минимальное сопротивление изоляции допустимо для аппаратов до 1000 В?
5. Почему важно проверять свободный ход якоря?

Домашнее задание:

Подготовить письменный отчёт по практической работе, включая схему подключения пускателя с тепловым реле и анализ неисправностей, выявленных в ходе проверки.

Практическое занятие №3

по МДК.02.01 «Организация и технология проверки электрооборудования»

для профессии: «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования»

Тема: Проверка, профилактические испытания и эксплуатация силовых трансформаторов

Практическое занятие №3: Силовые трансформаторы: нормы приемо-сдаточных испытаний

Продолжительность: 2 часа

Цель занятия:

Изучить и освоить основные виды приемо-сдаточных испытаний силовых трансформаторов напряжением до 1000 В и выше, в соответствии с требованиями нормативных документов (ПУЭ, ПТЭЭП, ГОСТ), а также научиться оформлять протоколы испытаний.

Учебные задачи:

1. Изучить назначение и устройство силовых трансформаторов.
2. Ознакомиться с перечнем и нормами приемо-сдаточных испытаний.
3. Освоить методики измерения сопротивления изоляции, сопротивления обмоток постоянному току, проверки коэффициента трансформации и группы соединения обмоток.
4. Научиться интерпретировать результаты испытаний и делать выводы о пригодности трансформатора к эксплуатации.
5. Соблюдать требования охраны труда при работе с испытательным оборудованием.

Материально-техническое обеспечение:

- Силовой трансформатор (до 1000 В, например ТМГ-25/10 или лабораторный однофазный трансформатор 220/36 В)
- Мегаомметр (на 1000–2500 В, например М4100/4)
- Микроомметр или мост постоянного тока (Р333, Р366 или аналог)
- Вольтметры переменного тока (2 шт.)
- Лабораторный автотрансформатор (ЛАТР)
- Измеритель коэффициента трансформации (при наличии)
- Средства индивидуальной защиты (диэлектрические перчатки, коврик, очки)
- Набор измерительных проводов и зажимов
- Паспорт трансформатора

- Журнал (протокол) испытаний
- Действующие нормативные документы: ПУЭ (гл. 1.8), ПТЭЭП, ГОСТ 11677-85

Теоретическая часть (20 мин):

1. Назначение силовых трансформаторов

Силовые трансформаторы предназначены для преобразования электрической энергии переменного тока одного напряжения в энергию другого напряжения той же частоты с целью передачи, распределения и питания потребителей.

2. Основные виды приемо-сдаточных испытаний (согласно ПУЭ, п. 1.8.37):

Внешний осмотр – проверка комплектности, маркировки, отсутствия механических повреждений.

Измерение сопротивления изоляции обмоток.

Измерение сопротивления обмоток постоянному току – для выявления обрывов, плохих контактов.

Проверка коэффициента трансформации – соответствие паспортным данным.

Проверка группы соединения обмоток (для трехфазных трансформаторов).

Испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты (проводится при вводе в эксплуатацию после монтажа).

Примечание: *Для трансформаторов до 1000 В испытание повышенным напряжением может не проводиться в учебных целях по соображениям безопасности.*

Практическая часть (90–100 мин):

Задание 1. Внешний осмотр и проверка комплектности

- Проверить наличие паспорта, таблички с техническими данными.
- Убедиться в отсутствии подтеков масла (для масляных), трещин, коррозии.
- Проверить надежность заземления корпуса.

Задание 2. Измерение сопротивления изоляции

Порядок выполнения:

1. Отключить трансформатор от сети и заземлить обмотки.
2. Подключить мегаомметр:
   - Один щуп — к обмотке ВН (высшего напряжения)
   - Другой — к обмотке НН (низшего напряжения) и корпусу
3. Повторить измерения между всеми обмотками и корпусом.
4. Продолжительность измерения — 1 минута.

Норма (для сухих трансформаторов до 1000 В): ≥ 1 МОм.

Для масляных трансформаторов: ≥ 100 МОм (при 20°C).

Задание 3. Измерение сопротивления обмоток постоянному току

1. Использовать микроомметр или мост постоянного тока.
2. Измерить сопротивление каждой обмотки (ВН и НН).
3. Сравнить с паспортными данными или между фазами (для трехфазных).

Допустимое отклонение между фазами: не более 2%.

Цель: выявить обрывы, плохие пайки, неправильное сечение провода.

Задание 4. Проверка коэффициента трансформации (КТ)

Метод вольтметра:

1. Подключить ЛАТР к обмотке ВН.
2. Подать пониженное напряжение (10–30% от номинального).
3. Измерить напряжение на ВН (U_1) и НН (U_2).
4. Рассчитать: $$K_T = \frac{U_1}{U_2}$$
5. Сравнить с паспортным значением.

Допустимое отклонение: ±2%.

Задание 5. Проверка группы соединения обмоток (для трехфазных трансформаторов)

- Выполняется методом двух вольтметров или по схеме «нулевой точки».
- В учебных целях допускается ознакомление с методикой без выполнения (из-за сложности).

Форма отчета (заполняется студентом):

Вид испытания	**Норма**	**Результат**	**Вывод**
Сопротивление изоляции (МОм)	≥1 МОм	…	Годен / Не годен
Сопротивление обмотки ВН (Ом)	Паспорт: …	…	Соответствует
Сопротивление обмотки НН (Ом)	Паспорт: …	…	Соответствует
Коэффициент трансформации	Паспорт: …	Расчёт: …	Отклонение: …%

Требования безопасности:

- Все измерения проводить **только при снятом напряжении**.
- Перед измерением разрядить обмотки (замкнуть на корпус на 1–2 мин).
- При работе с ЛАТРом — использовать диэлектрические перчатки и коврик.
- Не оставлять включённое оборудование без присмотра.
- Запрещено прикасаться к токоведущим частям под напряжением.

Контрольные вопросы:

1. Какие испытания входят в перечень приемо-сдаточных для силовых трансформаторов?
2. Какова цель измерения сопротивления обмоток постоянному току?
3. Как определить коэффициент трансформации экспериментально?
4. Какие нормы сопротивления изоляции установлены для трансформаторов до 1000 В?
5. Почему важно проверять группу соединения обмоток у трехфазных трансформаторов?

Домашнее задание:

Подготовить отчёт по практической работе, включающий:

- Схему измерения коэффициента трансформации
- Расчётные формулы
- Анализ полученных данных и вывод о пригодности трансформатора к эксплуатации

Практическое занятие №4

по МДК.02.01 «Организация и технология проверки электрооборудования»

для профессии: «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования»

Тема: Проверка, профилактические испытания и эксплуатация силовых трансформаторов

Практическое занятие №4: Испытание повышенным напряжением. Маркировка трансформаторов

Продолжительность: 2 часа

Цель занятия:

Освоить методику испытания изоляции силовых трансформаторов повышенным напряжением промышленной частоты, а также научиться расшифровывать маркировку силовых трансформаторов в соответствии с действующими стандартами.

Учебные задачи:

1. Изучить назначение и порядок проведения испытаний изоляции трансформаторов повышенным напряжением.
2. Ознакомиться с нормами испытательных напряжений в зависимости от класса напряжения трансформатора.
3. Научиться безопасно выполнять (или имитировать) испытание изоляции на лабораторных моделях.
4. Освоить расшифровку маркировки силовых трансформаторов (типоразмер, мощность, напряжение, климатическое исполнение и др.).
5. Соблюдать требования охраны труда при работе с высоким напряжением.

Материально-техническое обеспечение:

- Лабораторный однофазный трансформатор (например, 220/36 В, сухой тип)
- Испытательная установка повышенного напряжения (например, АИД-70 или аналог) — **при наличии и в учебно-демонстрационном режиме**
- Мегаомметр (М4100/4 или аналог)
- Вольтметр высокого напряжения (при наличии)
- Разрядный штанговый стержень
- Диэлектрические перчатки, коврик, защитные очки
- Образцы табличек (шильдов) силовых трансформаторов (ТМ, ТМГ, ТСЗ, ОЛ и др.)
- Паспорта трансформаторов
- Нормативные документы: ПУЭ (гл. 1.8), ПТЭЭП, ГОСТ 11677-85, ГОСТ 14209-85

Важно: *В учебных целях испытание повышенным напряжением на реальных трансформаторах до 1000 В может проводиться в демонстрационном или имитационном режиме из соображений безопасности. Акцент делается на изучение методики и норм.*

Теоретическая часть (20–25 мин):

1. Цель испытания повышенным напряжением

Испытание изоляции повышенным напряжением проводится для:

- Проверки электрической прочности главной изоляции (между обмотками и корпусом, между обмотками).
- Выявления скрытых дефектов: трещин, увлажнения, загрязнений, повреждений изоляции.

2. Нормы испытательного напряжения (согласно ПУЭ, табл. 1.8.12):

Класс напряжения обмотки, КВ	**Испытательное напряжение, КВ (действующее значение, 50 гц)**
До 1 кВ	3 кВ (в течение 1 мин)
3 кВ	18 кВ
6 кВ	24 кВ
10 кВ	32 кВ

Для трансформаторов до 1000 В — испытательное напряжение 3 кВ в течение 1 минуты.

3. Порядок проведения испытания:

1. Отключить трансформатор от сети и заземлить.
2. Измерить сопротивление изоляции (должно быть ≥ нормы).
3. Подключить испытательную установку:
- Один вывод — к испытуемой обмотке
- Другой — к корпусу и другим обмоткам (заземлённым)
4. Плавно поднять напряжение до испытательного значения в течение 10–15 сек.
5. Выдержать 1 минуту.
6. Плавно снизить напряжение до нуля.
7. Разрядить обмотки с помощью заземляющей штанги.

Критерий годности: отсутствие пробоя, скользящих разрядов, резкого роста тока утечки.

4. Маркировка силовых трансформаторов (ГОСТ 11677-85)

Пример: **ТМГ-100/10 У1**

Обозначение	**Расшифровка**
Т	Трансформатор
М	Масляный (если «С» — сухой)
Г	герметичное исполнение (без расширителя)
100	Номинальная мощность, кВ·А

10	Номинальное напряжение ВН, кВ
У1	Климатическое исполнение — умеренное, категория размещения 1 (наружная установка)

Другие примеры:

- **ТСЗ-25/0,4** — сухой, защитное исполнение, 25 кВ·А, 0,4 кВ
- **ОЛ-10/6** — однофазный, литой, 10 кВ·А, 6 кВ

Практическая часть (90–95 мин):

Задание 1. Изучение маркировки трансформаторов

1. Получить образцы шильдов (или фотографии) трансформаторов.
2. Расшифровать обозначения: тип, мощность, напряжение, климатическое исполнение.
3. Заполнить таблицу:

Маркировка	**Тип**	**Мощность (КВ*А)**	**UВН (КВ)**	**Исполнение**	**Применение**
ТМ-63/10	Масляный	63	10	Открытый	Внутр. подстанции
ТСЗ-40/0,4	Сухой	40	0,4	Защитное	Влажные помещения
…	…	…	…	…	…

Задание 2. Подготовка к испытанию повышенным напряжением (демонстрационное/имитационное)

Этапы (выполняются под руководством преподавателя):

1. Провести внешний осмотр трансформатора.
2. Измерить сопротивление изоляции мегаомметром (напряжение 1000 В).

- Норма: ≥ 1 МОм.

3. Подготовить схему подключения испытательной установки (на макете или чертеже).
4. Преподаватель демонстрирует подключение и плавный набор напряжения на имитационной установке.
5. Студенты фиксируют параметры:

- Испытательное напряжение
- Время выдержки
- Поведение изоляции (визуально или по приборам)

Важно: *При отсутствии реальной установки — выполнить расчёт и оформить протокол испытаний на основе паспортных данных и норм ПУЭ.*

Задание 3. Оформление протокола испытаний

Параметр	**Норма**	**Результат**	**Заключение**
Сопротивление изоляции	≥1 МОм	…	Годен
Испытательное напряжение	3 кВ	Подано (да/нет)	-
Время выдержки	1 мин	…	Без пробоя
Общее заключение	-	-	Разрешён к эксплуатации / Не разрешён

Требования безопасности:

- Испытание повышенным напряжением проводится **только квалифицированным персоналом!**
- Студенты находятся за ограждением испытательной зоны.
- Все работы — в СИЗ: перчатки, коврик, очки.
- Перед и после испытания — **обязательная разрядка** обмоток через заземляющий стержень.
- Запрещено прикасаться к оборудованию во время подачи напряжения.

Контрольные вопросы:

1. С какой целью проводят испытание трансформатора повышенным напряжением?
2. Какое испытательное напряжение применяется для трансформаторов до 1000 В?
3. Как расшифровать маркировку «ТМГ-160/10 У1»?
4. Почему перед испытанием повышенным напряжением обязательно измеряют сопротивление изоляции?
5. Какие меры безопасности обязательны при проведении высоковольтных испытаний?

Домашнее задание:

1. Подготовить отчёт по работе, включающий:

- Расшифровку 3–4 маркировок трансформаторов
- Схему подключения при испытании повышенным напряжением
- Протокол испытаний (заполненный)

2. Изучить таблицу испытательных напряжений по ПУЭ для классов 6 кВ и 10 кВ.

Практическое занятие №5

по МДК.02.01 «Организация и технология проверки электрооборудования»

для профессии: «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования»

Тема: Испытание и проверка кабельных линий электропередач

Практическое занятие №5: Определение активного сопротивления жил кабеля и рабочих емкостей (для кабеля напряжением 20 кВ и выше)

Продолжительность: 2 часа

Цель занятия:

Освоить методики измерения активного сопротивления токопроводящих жил и определения рабочей емкости кабельных линий напряжением 20 кВ и выше, а также научиться интерпретировать полученные данные в соответствии с нормативными требованиями.

Учебные задачи:

1. Изучить конструкцию силовых кабелей напряжением 20 кВ и выше.
2. Освоить методику измерения активного сопротивления жил постоянному току.
3. Научиться определять рабочую емкость кабеля с использованием моста переменного тока или цифрового измерителя емкости.
4. Сравнить полученные значения с паспортными данными и нормами.
5. Соблюдать требования охраны труда при работе с кабельными линиями и измерительными приборами.

Материально-техническое обеспечение:

- Отрезок кабеля 20 кВ (например, ААБл, АСБл, ПвП или ПвПг — длиной 10–30 м для учебных целей)
- Микроомметр или мост постоянного тока (Р333, Р366, ИМД-2 или аналог)
- Измеритель емкости (мост переменного тока Р589, цифровой LCR-метр или специализированный прибор типа «Емкость-20»)
- Мегаомметр (на 2500 В) — для предварительной проверки изоляции
- Измерительные провода с зажимами «крокодил»

- Линейка или рулетка (для точного измерения длины кабеля)
- Паспорт кабеля (или справочные данные по сечению, материалу жил, изоляции)
- Средства индивидуальной защиты (диэлектрические перчатки, коврик)
- Нормативные документы: ПУЭ (гл. 1.8), ПТЭЭП, ГОСТ 24183-80, ГОСТ 16442-80

Примечание: *В учебных условиях используется модель кабельной линии (отрезок кабеля), полностью отключённый от сети и заземлённый.*

Теоретическая часть (20–25 мин):

1. Конструкция кабелей 20 кВ и выше

Кабели напряжением 20 кВ и выше имеют:

- Токопроводящие жилы (медь или алюминий)
- Экструдированную изоляцию из сшитого полиэтилена (СПЭ) или бумажно-масляную
- Металлическую экранную оболочку (медная или алюминиевая фольга/проволока)
- Броню (при необходимости)
- Наружную защитную оболочку

2. Активное сопротивление жил

Активное сопротивление R зависит от:

- Длины кабеля L
- Удельного сопротивления материала ρ
- Площади поперечного сечения S

Формула:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

Для меди при 20°C: ρ=0,0172Ом\cdotрмм ^{2}/м

Для алюминия: ρ=0,0283Ом\cdotрмм ^{2}/м

Измерение проводится **постоянным током** для исключения влияния индуктивности.

3. Рабочая емкость кабеля

Рабочая емкость — это емкость между жилой и экраном (или между жилами в неэкранированных кабелях).

Измеряется в **микрофарадах на километр (мкФ/км).**

Нормативные значения (ориентировочно):

- Кабель 3×95 мм², 20 кВ, СПЭ — ~0,35 мкФ/км
- Кабель 3×240 мм², 20 кВ — ~0,40 мкФ/км

Отклонение от паспортных данных более чем на 10% может указывать на:

- Увлажнение изоляции
- Повреждение экрана
- Изменение геометрии кабеля

Практическая часть (90–95 мин):

Задание 1. Подготовка кабеля к испытаниям

1. Убедиться, что кабель **отключён от сети** и **заземлён** на обеих сторонах.
2. Снять заземление с измеряемой жилы на время измерений (остальные жилы и экран — заземлены).
3. Измерить длину кабеля L (в метрах).
4. Записать сечение жилы S и материал (из маркировки или паспорта).

Задание 2. Измерение активного сопротивления жилы

Порядок выполнения:

1. Подключить микроомметр к концам одной жилы (двухпроводная или четырёхпроводная схема — по инструкции прибора).
2. Записать показания R изм (в Омах).
3. Привести сопротивление к температуре 20°C по формуле:

$$R_{20} = R_{\text{изм}} \cdot \frac{235 + 20}{235 + t}$$

где t — температура окружающей среды (°C), 235 — для меди (228 — для алюминия).

4. Рассчитать удельное сопротивление или сравнить с теоретическим значением:

$$R_{\text{теор}} = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

5. Допустимое отклонение: не более 5%.

Задание 3. Измерение рабочей емкости

Порядок выполнения:

1. Подключить измеритель емкости:

- Один щуп — к токопроводящей жиле
- Другой — к металлическому экрану (или к заземлённой оболочке)

2. Все остальные жилы — заземлены.
3. Записать измеренное значение емкости С изм (в нФ или мкФ).
4. Рассчитать удельную емкость на 1 км:

$$C_{\text{уд}} = \frac{C_{\text{изм}}}{L} \cdot 1000 \quad (\text{в мкФ/км})$$

5. Сравнить с паспортным значением.

Допустимое отклонение: ±10%.

Форма отчета (заполняется студентом):

Параметр	**Данные**
Марка кабеля	**…**
Длина, м	**…**
Сечение жилы, мм²	**…**
Материал жилы	**Медь / Алюминий**
Активное сопротивление	
– Измерено, Ом	…
– Приведено к 20°C, Ом	…
– Теоретическое, Ом	…
– Отклонение, %	…
Рабочая емкость	
– Измерено, нФ	…
– Удельная емкость, мкФ/км	…
– Паспортное значение, мкФ/км	…
– Отклонение, %	…
Вывод	Годен / Требует дополнительной проверки

Требования безопасности:

- Перед началом работ убедиться в **отсутствии напряжения** и наличии **заземления.**
- Использовать СИЗ: диэлектрические перчатки, коврик.
- Не прикасаться к токоведущим жилам и экрану во время измерений.
- После измерений вновь заземлить все жилы.
- Запрещено проводить измерения на подключённой кабельной линии!

Контрольные вопросы:

1. Почему активное сопротивление измеряют постоянным током?
2. Как температура влияет на сопротивление жилы?

3. Что показывает рабочая емкость кабеля и от чего она зависит?

4. Какие отклонения в емкости могут свидетельствовать о повреждении изоляции?

5. Как рассчитать теоретическое сопротивление медной жилы сечением 95 мм² длиной 50 м?

Домашнее задание:

1. Подготовить отчёт по практической работе с расчётами и выводами.

2. Рассчитать активное сопротивление и удельную емкость для кабеля марки ПвП-20 3×120/50 длиной 120 м (использовать справочные данные).

3. Изучить требования ПУЭ к испытаниям кабельных линий напряжением выше 1000 В.

Практическое занятие №6

по МДК.02.01 «Организация и технология проверки электрооборудования»

для профессии: «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования»

Тема: Испытание и проверка кабельных линий электропередач

Практическое занятие №6: Оформление документации на каждую кабельную линию

Продолжительность: 2 часа

Цель занятия:

Научиться правильно оформлять техническую и испытательную документацию на кабельные линии в соответствии с требованиями действующих нормативных документов (ПУЭ, ПТЭЭП, ГОСТ, СП).

Учебные задачи:

1. Изучить состав и назначение основных документов, сопровождающих кабельную линию на всех этапах её жизненного цикла.

2. Освоить правила заполнения протоколов испытаний кабельных линий.

3. Научиться оформлять паспорт кабельной линии и акт приемки в эксплуатацию.

4. Понимать требования к ведению журналов и архивированию испытательной документации.

5. Развивать навыки работы с технической документацией в соответствии с отраслевыми стандартами.

Материально-техническое обеспечение:

- Образцы кабельных линий (условные данные: марка, длина, трасса, напряжение)
- Бланки документов:
- Протокол измерения сопротивления изоляции
- Протокол испытания повышенным напряжением
- Паспорт кабельной линии
- Акт приемки КЛ в эксплуатацию
- Ведомость дефектов (при необходимости)
- Паспорта кабелей (справочные данные)
- Нормативные документы:
- ПУЭ (глава 1.8)
- ПТЭЭП (раздел 2.4)
- ГОСТ 13499-91, ГОСТ 24183-80
- СП 76.13330.2016 «Электротехнические устройства»
- Компьютер с доступом к шаблонам (по возможности)
- Ручки, линейки, калькуляторы

1. **Теоретическая часть (20–25 мин):**

Виды документации по кабельной линии (КЛ):

1. **Исполнительная документация** (после прокладки):

- Исполнительные схемы трассы
- Акт на скрытые работы

2. **Паспорт кабельной линии** — основной документ, содержащий:

- Марку, сечение, длину, напряжение
- Даты прокладки и ввода в эксплуатацию
- Результаты всех испытаний

3. **Протоколы испытаний:**

- Измерение сопротивления изоляции
- Испытание повышенным напряжением
- Измерение сопротивления жил и экранов
- Проверка фазировки

4. **Акт приемки КЛ в** эксплуатацию — составляется комиссией после всех испытаний.

5. Журналы:

- Журнал испытаний электрооборудования
- Журнал учета кабельных линий

2. Требования к оформлению:

- Все документы заполняются **четко, без помарок.**
- Исправления — только по правилам (зачеркнуть, подписать, дата).
- Обязательны **подписи ответственных лиц** и **печать организации** (при наличии).
- Документы хранятся **в течение всего срока эксплуатации КЛ.**

Практическая часть (90–95 мин):

Задание 1. Сбор исходных данных по условной кабельной линии

Исходные данные (пример):

- Назначение: питание ТП-10
- Напряжение: 10 кВ
- Марка кабеля: ААБл-10 3×95
- Длина: 320 м
- Трасса: от РУ-10 кВ ПС «Центральная» до ТП-10
- Дата прокладки: 10.04.2025
- Ответственный за монтаж: Иванов А.С.
- Результаты испытаний (условные):
- Rизоляции = 250 МОм (норма ≥ 100 МОм)
- Испытание 36 кВ — выдержал 5 мин без пробоя
- Сопротивление жилы = 0,058 Ом (соответствует норме)
- Фазировка — верна

Задание 2. Оформление документов

2.1. Протокол измерения сопротивления изоляции

(Заполняется по форме, принятой в организации или по ГОСТ)

Наименование объекта	**КЛ 10 КВ «ПС Центральная – ТП -10»**
Тип кабеля	ААБл-10 3×95
Длина, м	320
Прибор	М4100/4
Напряжение измерения	2500 В

Rизоляции (МОм)	250
Температура, °С	+18
Заключение	Изоляция удовлетворяет требованиям ПУЭ
Подпись испытателя	_____ /Ф.И.О./
Дата	«12» апреля 2025 г.

2.2. Протокол испытания повышенным напряжением

Испытательное напряжение	**36 кв**
Время выдержки	5 мин
Ток утечки	не измерялся (или указать, если есть)
Пробой/разряды	отсутствуют
Заключение	Кабель выдержал испытание

2.3. Паспорт кабельной линии

(Краткая форма)

- Наименование: КЛ-10 кВ №3
- Начало: ПС «Центральная», ячейка К-12
- Конец: ТП-10, ввод В-1
- Марка кабеля: ААБл-10 3×95
- Длина: 320 м
- Год прокладки: 2025
- Испытания проведены: 12.04.2025
- Ответственный за эксплуатацию: Петров В.Н.
- Примечание: Все испытания пройдены успешно

2.4. Акт приемки кабельной линии в эксплуатацию

(Составляется комиссией)

Акт № ___

от «12» апреля 2025 г.

Комиссия в составе:

– Председатель: Сидоров И.В. (главный энергетик)

– Члены: Иванов А.С. (монтаж), Петров В.Н. (эксплуатация), Смирнова О.Л. (лаборатория)

Установила:

Кабельная линия 10 кВ от ПС «Центральная» до ТП-10 проложена в соответствии с проектом, все испытания проведены, отклонений не выявлено.

РЕШИЛА:

Кабельную линию принять в эксплуатацию с «12» апреля 2025 г.

Подписи: _____ /Ф.И.О./

Задание 3. Анализ и проверка полноты документации

Студенты обмениваются заполненными документами и проверяют:

- Наличие всех обязательных реквизитов
- Соответствие нормам
- Логическую связность данных

Требования к оформлению:

Использовать только **официальные бланки** или утвержденные формы.

Указывать **точные наименования** оборудования и участков.

Все измерения — **с единицами измерения** и **датой.**

Подписи — **разборчиво**, с расшифровкой Ф.И.О.

Контрольные вопросы:

1. Какие документы обязательны при сдаче кабельной линии в эксплуатацию?
2. Что должно содержать заключение в протоколе испытаний?
3. Кто подписывает акт приемки кабельной линии?
4. Почему важно хранить паспорт кабельной линии в течение всего срока её службы?
5. Какие данные вносятся в паспорт кабельной линии в первую очередь?

Домашнее задание:

1. Подготовить полный комплект документации (паспорт, 2 протокола, акт) для другой условной кабельной линии:
   - Напряжение: 0,4 кВ
   - Марка: ВВГнг(А)-LS 4×50
   - Длина: 85 м
   - Назначение: питание насосной станции
2. Изучить форму № 5 по ПТЭЭП — «Ведомость результатов испытаний кабельных линий».

Преподаватель: _____ /Ф.И.О./

Дата проведения: «_» _____ 20 г.

Практическая работа №7

по МДК.02.01 «Организация и технология проверки электрооборудования»

для профессии: Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования

Тема: Проверка работы электродвигателя на холостом ходу

Цель работы:

Освоить методику проверки и оценки технического состояния асинхронного электродвигателя при работе на холостом ходу, выявить возможные неисправности, научиться пользоваться измерительными приборами и оформлять протокол испытаний.

Учебные задачи:

1. Изучить порядок подготовки электродвигателя к испытаниям на холостом ходу.
2. Выполнить внешний осмотр и проверку изоляции обмоток.
3. Подключить электродвигатель к сети и запустить его в режиме холостого хода.
4. Измерить параметры работы (ток, напряжение, частоту вращения, температуру корпуса).
5. Проанализировать полученные данные и сделать вывод о техническом состоянии двигателя.

Оборудование и материалы:

- Асинхронный трёхфазный электродвигатель (например, АИР71А2, 0,75 кВт, 380 В);
- Трёхфазный источник питания (380 В);
- Мегаомметр (на 500 или 1000 В);
- Токоизмерительные клещи;
- Вольтметр переменного тока (или мультиметр);
- Тахометр (или стробоскоп);
- Тепловизор или контактный термометр (по возможности);
- Средства индивидуальной защиты (диэлектрические перчатки, коврик, очки);
- Инструменты: отвёртки, ключи, изолента;
- Бланк протокола испытаний.

Теоретическая справка:

Холостой ход — режим работы электродвигателя без нагрузки на валу. В этом режиме двигатель потребляет небольшой ток (обычно 20–40% от номинального),主要用于проверки:

- правильности сборки и подключения;
- состояния подшипников и механической части;
- симметрии токов и напряжений;
- отсутствия перегрева и посторонних шумов.

Перед пуском обязательно проверяют сопротивление изоляции обмоток относительно корпуса и между фазами. Норма — не менее 0,5 МОм для двигателей до 1000 В.

Порядок выполнения работы:

1. Подготовительный этап

1.1. Ознакомьтесь с паспортными данными электродвигателя (мощность, напряжение, ток, частота вращения).

1.2. Проверьте целостность корпуса, клеммной коробки, надёжность крепления.

1.3. Убедитесь в отсутствии посторонних предметов в вентиляционных отверстиях.

1.4. Проверьте свободное вращение вала вручную — не должно быть заклиниваний или посторонних звуков.

2. Измерение сопротивления изоляции

2.1. Отсоедините двигатель от сети.

2.2. С помощью мегаомметра измерьте сопротивление изоляции:

- между каждой обмоткой и корпусом;
- между обмотками (фаза–фаза).

2.3. Запишите результаты в таблицу. При значении < 0,5 МОм — двигатель к эксплуатации **не допускается.**

3. Подключение и пуск двигателя

3.1. Подключите двигатель к трёхфазной сети согласно схеме («звезда» или «треугольник» — в зависимости от паспорта).

3.2. Убедитесь, что в зоне вращения нет людей и посторонних предметов.

3.3. Кратковременно включите двигатель на 2–3 секунды для проверки направления вращения (при необходимости поменяйте две фазы).

3.4. Запустите двигатель и дайте ему поработать на холостом ходу в течение 15–20 минут.

4. Измерение параметров в режиме холостого хода

4.1. Измерьте:

- линейные напряжения (UAB, UBC, UCA);
- токи в каждой фазе (IA, IB, IC);
- частоту вращения вала (n, об/мин);
- температуру корпуса (через 10 и 20 минут работы).

○ Оцените:

- симметрию токов (разница не более 10%);
- отсутствие перегрева (температура не должна превышать 60–70 °C);
- отсутствие вибрации и посторонних шумов.

5. Оформление результатов

5.1. Заполните протокол испытаний (см. приложение).

5.2. Сделайте вывод о пригодности двигателя к эксплуатации.

Требования безопасности:

- Работу проводить только в присутствии преподавателя (мастера производственного обучения).
- Перед любыми подключениями убедиться в отсутствии напряжения.
- Использовать СИЗ: диэлектрические перчатки, коврик, защитные очки.
- Не прикасаться к вращающимся частям!
- При обнаружении искрения, дыма, сильного нагрева — немедленно отключить двигатель.

Контрольные вопросы:

1. Какова цель проверки электродвигателя на холостом ходу?
2. Какое минимальное сопротивление изоляции допустимо для двигателей до 1000 В?
3. Почему важно проверять симметрию токов в фазах?
4. Какие неисправности можно выявить при работе на холостом ходу?
5. Как влияет перекос напряжений на работу двигателя?

Приложение: Протокол испытаний электродвигателя на холостом ходу

Параметр	**Норма/паспорт**	**Измерено**	**Примечание**
Тип двигателя	АИР71А2		
Мощность, кВт	0,75		
Напряжение, В	380		
Номинальный ток, А	1,8		

Сопротивление изоляции, МОм	≥0,5		
Напряжение UAB, В	-		
Напряжение UBC, В	-		
Напряжение UCA, В	-		
Ток IA, А	-		
Ток IB, А	-		
Ток IC, А	-		
Частота вращения, об/мин	~2800		
Температура корпуса, °С	≤70		
Посторонние шумы/вибрация	Отсутствуют		

Вывод:

(Например: «Электродвигатель исправен, параметры в норме, допущен к эксплуатации» или «Обнаружено: перекос токов 15%, требуется диагностика обмоток»)

Практическая работа №8

по МДК.02.01 «Организация и технология проверки электрооборудования»

для профессии: Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования

Тема: Расчёт обмоток однофазного электродвигателя

Цель работы:

Научиться выполнять расчёт параметров обмоток однофазного асинхронного электродвигателя (число витков, сечение провода, шаг обмотки) на основе паспортных данных и конструктивных характеристик статора.

Учебные задачи:

1. Изучить устройство и принцип работы однофазного асинхронного двигателя.
2. Ознакомиться с методикой расчёта обмоточных данных.
3. Выполнить расчёт числа витков в рабочей и пусковой обмотках.
4. Определить сечение обмоточного провода и шаг укладки.
5. Оформить результаты расчёта в виде таблицы и сделать вывод.

Оборудование и материалы:

- Разобранный однофазный асинхронный электродвигатель (например, АИРЕ 56, 0,18 кВт, 220 В);
- Линейка, штангенциркуль;
- Катушка с обмоточным проводом (ПЭТВ, ПЭВ-2);
- Микрометр или шаблон для измерения диаметра провода;

- Калькулятор;
- Бланк расчётной таблицы;
- Справочные данные по однофазным двигателям (таблицы магнитной индукции, коэффициентов обмотки и т.п.).

Теоретическая справка:

Однофазные асинхронные двигатели имеют две обмотки на статоре:

- Рабочая (основная) — подключена постоянно;
- Пусковая (вспомогательная) — подключается на время пуска через конденсатор или центробежный выключатель.

Расчёт обмоток включает определение:

- числа пазов статора (Z);
- числа полюсов (2p);
- числа витков на катушку (W);
- сечения провода (по допустимой плотности тока, обычно 4–6 А/мм²);
- шага обмотки (y — расстояние между активными сторонами катушки в пазах).

Основные формулы:

1. **Число витков рабочей обмотки (ориентировочно):**

$$W_{\text{раб}} = \frac{U}{4{,}44 \cdot f \cdot B \cdot S \cdot k_{\text{об}}}$$

где:

- U — напряжение питания (В);
- f — частота сети (50 Гц);
- B — магнитная индукция в воздушном зазоре (обычно 0,6–0,8 Тл);
- S — площадь поперечного сечения сердечника (м²);
- k об — обмоточный коэффициент (для однослойной обмотки ≈ 0,96).

2. **Число витков пусковой обмотки**: Обычно составляет 60–80% от числа витков рабочей обмотки:

$$W_{\text{пуск}} = (0{,}6 \div 0{,}8) \cdot W_{\text{раб}}$$

3. **Сечение провода:**

$$q = \frac{I}{j}$$

где:

- I — ток обмотки (А);
- j — плотность тока (4–6 А/мм²).

4. Шаг обмотки (в пазах):

$$y = \frac{Z}{2p} \quad \text{(полный шаг)}$$

На практике часто применяют укороченный шаг: $y = 0{,}7 \div 0{,}9 \cdot \frac{Z}{2p}$

Порядок выполнения работы:

1. Внешний осмотр и сбор исходных данных

1.1. Осмотрите двигатель, определите:

- число пазов статора Z ;
- тип обмотки (однослойная/двухслойная);
- наличие пусковой обмотки и конденсатора.
- Запишите паспортные данные:
- мощность P , напряжение U , частота вращения n , ток I .
- Измерьте:
- внутренний диаметр статора D вн (мм);
- длину сердечника l (мм);
- диаметр провода обмоток (без изоляции).

2. Расчёт геометрических параметров

2.1. Определите число полюсов по частоте вращения:

$$2p = \frac{60 \cdot f}{n_{\text{синх}}} \approx \frac{3000}{n_{\text{пасп}}}$$

(например, при n=1400 об/мин → 2p=4).

2.2. Вычислите площадь поперечного сечения сердечника:

$$S = \frac{\pi \cdot D_{\text{вн}} \cdot l}{4 \cdot 10^6} \quad [\text{м}^2]$$

3. Расчёт числа витков

3.1. Примите:

- B=0,7 Тл;

- k об =0,96 ;
- f=50 Гц.

3.2. Рассчитайте W раб по формуле.

3.3. Определите W пуск =0,7·W раб

4. Определение сечения провода

4.1. Найдите ток рабочей обмотки (из паспорта или по формуле $I \approx \frac{P}{U \cdot \eta \cdot \cos\varphi}$, где η≈0,6 , cosφ≈0,7).

4.2. Примите j=5 А/мм².

4.3. Рассчитайте q=I/j , подберите ближайший стандартный диаметр провода.

5. Определение шага обмотки

5.1. Рассчитайте полный шаг: y=Z/(2p) .

5.2. Примите укороченный шаг: y ук =0,8·y (округлить до целого числа пазов).

6. Сравнение с фактическими данными

6.1. Аккуратно размотайте 1–2 катушки (по указанию преподавателя) и подсчитайте фактическое число витков.

6.2. Сравните с расчётным значением. Объясните возможные расхождения.

Оформление результатов

Заполните таблицу:

Параметр	**Обозначение**	**Расчётное значение**	**Фактическое (измерено)**
Число пазов	Z		
Число полюсов	2p		
Напряжение, В	U		
Мощность, Вт	P		
Ток рабочей обмотки, А	I_раб		
Число витков рабочей обм.	W_раб		
Число витков пусковой обм.	W_пуск		
Диаметр провода, мм	d		
Шаг обмотки, пазов	y		

Вывод:

(Например: «Расчётные параметры обмоток соответствуют конструкции двигателя. Отклонение числа витков не превышает 5%, что допустимо. Диаметр провода выбран с учётом допустимой плотности тока».)

Требования безопасности:

- Работу с разборкой двигателя проводить только под наблюдением преподавателя.
- Не повреждать изоляцию при измерении провода.
- Не использовать повреждённый инструмент.
- Соблюдать правила обращения с измерительными приборами.

Контрольные вопросы:

1. Почему однофазный двигатель не может запуститься без пусковой обмотки?
2. Как влияет магнитная индукция на число витков обмотки?
3. Как определить число полюсов по паспортной частоте вращения?
4. Почему пусковая обмотка имеет меньшее число витков?
5. Как выбрать сечение провода при перемотке двигателя?

Практическая работа №9

по МДК.02.01 «Организация и технология проверки электрооборудования»

для профессии: Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования

Тема: Расчёт обмотки статора, не имеющего паспортных данных, на новую частоту вращения

Цель работы:

Научиться определять конструктивные параметры статора асинхронного электродвигателя без паспортных данных и выполнять перерасчёт обмотки для обеспечения заданной новой частоты вращения.

Учебные задачи:

1. Провести внешний осмотр и замеры статора двигателя без паспорта.
2. Определить исходные параметры: число пазов, число полюсов, тип обмотки, диаметр провода, число витков.
3. Рассчитать новое число витков обмотки при изменении частоты вращения (соответственно — числа полюсов).
4. Подобрать сечение обмоточного провода и шаг укладки для новой схемы.
5. Оформить расчётные данные и сделать вывод о возможности перемотки.

Оборудование и материалы:

- Статор асинхронного трёхфазного электродвигателя без паспорта;
- Штангенциркуль, линейка;
- Микрометр или калибровочные шаблоны для измерения диаметра провода;
- Счётчик витков (или вручную размотать 1–2 катушки по указанию преподавателя);
- Калькулятор;
- Справочные таблицы по обмоткам асинхронных двигателей;
- Бумага, ручка, бланк расчётной таблицы.

Теоретическая справка:

Частота вращения асинхронного двигателя определяется числом полюсов и частотой сети:

$$n_{\text{синх}} = \frac{60 \cdot f}{p}$$

где:

- n синх — синхронная частота вращения (об/мин);
- f=50 Гц — частота сети;
- p — число пар полюсов (2p — общее число полюсов).

Примеры:

- 2p=2 → n≈3000 об/мин;
- 2p=4 → n≈1500 об/мин;
- 2p=6 → n≈1000 об/мин.

При изменении числа полюсов (переход на другую частоту вращения) необходимо пересчитать:

- число витков на фазу;
- шаг обмотки;
- сечение провода (чтобы не превысить допустимый ток и заполнение пазов).

Основное правило при изменении числа полюсов:

Магнитный поток должен оставаться примерно постоянным, поэтому число витков обратно пропорционально числу пар полюсов:

$$W_2 = W_1 \cdot \frac{p_1}{p_2}$$

где:

W 1, p 1 — исходные витки и пары полюсов;

W 2, p 2 — новые значения.

Также необходимо проверить **коэффициент заполнения пазов** — новая обмотка должна физически поместиться в пазы статора.

Порядок выполнения работы:

1. Определение исходных параметров статора

1.1. Подсчитайте число пазов статора Z .

1.2. Осмотрите обмотку: определите тип (однослойная/двухслойная), число параллельных ветвей.

1.3. Аккуратно размотайте одну катушку (по разрешению преподавателя) и подсчитайте число витков W 1 .

1.4. Измерьте диаметр обмоточного провода d 1 (без изоляции) микрометром.

1.5. Определите исходное число полюсов 2p 1:

- По шагу обмотки: y≈Z/(2p) ;
- Или по количеству катушечных групп на фазу: для трёхфазного двигателя число групп = 2p.

2. Задание новой частоты вращения

2.1. Преподаватель задаёт новую частоту вращения (например, с 1500 до 1000 об/мин).

2.2. Определите новое число пар полюсов:

$$p_2 = \frac{60 \cdot f}{n_{\text{нов}}}$$ (округлить до целого)

Например: n

нов =1000 → p 2 =3 → 2p 2 =6 .

3. Расчёт нового числа витков

3.1. Используйте формулу:

$$W_2 = W_1 \cdot \frac{p_1}{p_2}$$

3.2. Округлите W 2 до целого числа (желательно чётного для удобства укладки).

4. Подбор сечения провода

4.1. Рассчитайте площадь сечения старого провода:

$$q_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4}$$

4.2. При увеличении числа полюсов ток на фазу уменьшается, но для упрощения можно оставить то же сечение или выбрать ближайший стандартный диаметр, проверив заполнение паза.

4.3. Убедитесь, что новый провод поместится в паз:

$$K_{\text{зап}} = \frac{N_{\text{ф}} \cdot q_{\text{пр}}}{S_{\text{паза}}} \leq 0{,}6 \div 0{,}7$$

(где N ф — число проводников в пазу, S паза — площадь паза, измеряется или берётся из справочника).

5. Определение шага обмотки

5.1. Рассчитайте полный шаг:

$$y = \frac{Z}{2p_2}$$

5.2. Примените укороченный шаг (обычно 0,7–0,9 от полного):

$$y_{\text{ук}} = (0{,}7 \div 0{,}9) \cdot y \quad \text{(округлить до целого)}$$

6. Оформление результатов

6.1. Заполните расчётную таблицу.

6.2. Сделайте вывод: возможно ли выполнить перемотку на новую частоту вращения с учётом геометрии статора и доступных материалов.

Расчётная таблица

Параметр	**Обозначение**	**Исходное значение**	**Новое значение**
Число пазов	Z		
Исходное число полюсов	$2p_1$		
Новое число полюсов	$2p_2$	-	
Исходная частота вращения, об/мин	n_1	≈	

Новая частота вращения, об/мин	n_2	-	
Число витков на катушку (исходное)	W_1		
Число витков на катушку (новое)	W_2	-	
Диаметр провода, мм	d		
Шаг обмотки (новый), пазов	y	-	
Тип обмотки	—		

Вывод:

(Например: «Перемотка статора на 1000 об/мин возможна. Необходимо уложить 180 витков на фазу проводом ПЭТВ Ø0,63 мм с укороченным шагом 9 пазов. Коэффициент заполнения пазов — 0,65, что допустимо».)

Требования безопасности:

- Размотку обмоток проводить только с разрешения преподавателя.
- Не повреждать изоляцию и зубцы статора.
- Использовать исправный измерительный инструмент.
- Соблюдать правила техники безопасности при работе с металлическими деталями.

Контрольные вопросы:

1. Как связана частота вращения двигателя с числом полюсов?
2. Почему при увеличении числа полюсов уменьшают число витков?
3. Как определить число полюсов по конструкции обмотки?
4. Что такое коэффициент заполнения паза и почему он важен?
5. Можно ли использовать старый провод при перемотке на другую частоту вращения?

Практическая работа №10

по МДК.02.01 «Организация и технология проверки электрооборудования»

для профессии: Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования

Тема: Оформление документации по профилактическим испытаниям электродвигателей и генераторов

Цель работы:

Освоить правила и порядок оформления технической документации при проведении профилактических испытаний электродвигателей и генераторов в соответствии с действующими нормативными документами (ПТЭЭП, Правила по охране труда, ГОСТ, РД).

Учебные задачи:

1. Изучить перечень обязательной документации при проведении профилактических испытаний.
2. Ознакомиться с формами протоколов, журналов и актов испытаний.
3. На основе условных (или реальных) данных заполнить типовые формы документов:
   - Протокол испытаний электродвигателя;
   - Протокол испытаний генератора;
   - Журнал учёта испытаний электрооборудования.
4. Научиться правильно оформлять выводы и рекомендации по результатам испытаний.

Нормативная база:

- **ПТЭЭП** (Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей);
- **ПОТЭУ** (Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок);
- **ГОСТ 33475-2015** «Электродвигатели асинхронные. Общие технические условия»;
- **РД 34.45-51.300-97** «Объем и нормы испытаний электрооборудования»;
- **Методические указания** энергонадзора и предприятия.

Оборудование и материалы:

- Образцы паспортов электродвигателей и генераторов;
- Бланки протоколов испытаний (в печатном или электронном виде);
- Журнал регистрации испытаний электрооборудования;
- Калькулятор, ручка, линейка;
- Компьютер с доступом к шаблонам (при наличии);
- Условные данные по результатам испытаний (выдаются преподавателем).

Теоретическая справка:

Профилактические испытания проводятся с целью:

- оценки изоляции обмоток;

- проверки механической и электрической исправности;
- подтверждения пригодности оборудования к дальнейшей эксплуатации.

Основные виды испытаний:

- Измерение сопротивления изоляции (мегаомметром 500 В или 1000 В);
- Испытание повышенным напряжением промышленной частоты (при необходимости);
- Проверка цепей заземления;
- Испытание на холостом ходу (для двигателей);
- Измерение сопротивления обмоток постоянному току (для генераторов).

Документация должна содержать:

- Наименование и тип оборудования;
- Паспортные данные (мощность, напряжение, ток, частота вращения);
- Дату и место проведения испытаний;
- Состав бригады (Ф.И.О., квалификационная группа по электробезопасности);
- Перечень и результаты измерений;
- Вывод о пригодности к эксплуатации;
- Подписи ответственных лиц.

Порядок выполнения работы:

1. Изучение образцов документации

1.1. Ознакомьтесь с типовыми формами:

- Протокол испытаний электродвигателя (форма №1);
- Протокол испытаний синхронного/асинхронного генератора (форма №2);
- Журнал учёта периодических испытаний (форма №3).

2. Получение исходных данных

2.1. Преподаватель выдаёт условные данные по двум единицам оборудования, например:

Электродвигатель: АИР100S4, 4 кВт, 380 В, 8,1 А, 1435 об/мин, дата выпуска — 2020 г.;

Генератор: СГ-25/4, 25 кВА, 400 В, 50 Гц, синхронный.

2.2. Также выдаются результаты условных измерений (сопротивление изоляции, ток холостого хода и т.д.).

3. Заполнение протоколов

3.1. **Протокол испытаний электродвигателя:**

- Укажите наименование, тип, паспортные данные;
- Занесите результаты:
- Rиз (фаза–корпус, фаза–фаза);
- Напряжение и ток холостого хода;
- Температура корпуса;
- Наличие посторонних шумов.
- Сделайте вывод: «Пригоден к эксплуатации» / «Требует ремонта».

3.2. Протокол испытаний генератора:

- Укажите тип, мощность, номинальное напряжение;
- Занесите:
- Rиз обмоток статора и ротора;
- Сопротивление обмоток постоянному току;
- Результаты внешнего осмотра щёток, контактных колец.
- Вывод по исправности.

4. Запись в журнал

4.1. Внесите обе записи в общий **Журнал учёта профилактических испытаний:**

- Дата;
- Наименование оборудования;
- Номер протокола;
- Результат («годен» / «не годен»);
- Подпись испытателя.

5. Оформление титульного листа (при необходимости)

5.1. Если работа оформляется как отчёт — создайте титульный лист с указанием:

- Наименования учебного заведения;
- Дисциплины и номера работы;
- Ф.И.О. студента и преподавателя;
- Даты выполнения.

Образец фрагмента протокола (электродвигатель):

Наименование параметра	**Норма по ПТЭЭП**	**Результат измерения**	**Заключение**
Сопротивление изоляции, МОм	≥0,5	12,5	Норма

Ток холостого хода, А	≤30% Iном	2,1 (Iном=8,1 А)	Норма
Перекос токов, %	≤10%	6%	Норма
Температура корпуса, °С	≤70	62	Норма
Посторонние шумы	Отсутствуют	Не обнаружено	Норма

Вывод: Электродвигатель АИР100S4 исправен, изоляция удовлетворяет требованиям ПТЭЭП. Допущен к эксплуатации до следующего межремонтного цикла (через 12 месяцев).

Требования к оформлению:

- Записи — чёткие, без помарок;
- Исправления — заверены подписью;
- Все поля — заполнены;
- Документы подписаны испытателем (студентом) и приняты преподавателем.

Контрольные вопросы:

1. Какие нормативные документы регламентируют объём и периодичность испытаний?
2. Какие данные обязательно указываются в протоколе испытаний?
3. Кто имеет право проводить профилактические испытания электрооборудования?
4. Какой минимальный срок хранения испытательной документации?
5. Что делать, если оборудование не прошло испытания?

Заключение:

Грамотное оформление испытательной документации — неотъемлемая часть профессиональной деятельности электромонтёра. Документы служат юридическим подтверждением исправности оборудования и основанием для его дальнейшей эксплуатации.

Литература:

3.2.1. Основные печатные издания

1. Олифиренко Н. А. Сборка, монтаж, регулировка и ремонт электрооборудования (ПМ.01): Учебное пособие / Олифиренко Н.А., Хлыстунова Т.Н., Овчинникова И.В. - Рн/Д: Феникс, 2018.

2. Грунтович Н. В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учеб. Пособие / Н.В. Грунтович. — Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2018.

3.2.2. Основные электронные издания

1. Школа для электрика…Эксплуатация и ремонт электрооборудования www.ElectrikalScool.info

2. Неисправности электрооборудования и способы их устранения www.ielektro.ru/news Ремонт электрооборудования РУ до 10кВ.

3.2.3. Дополнительные источники:

1. Сибикин Ю.Д. Техническое обслуживание, ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий. В 2 кн. Кн.2: учебник для учреждений нач. проф. образования. М. Изд центр «Академия», 2017