Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Бутакова Оксана Стефановна
Должность: директор
Дата подписания: 05.12.2025 09:16:43
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, 2024

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 № 10 «28» мая 2024 г.

Рассмотрена и рекомендована на заседании ПЦК «Профессиональной подготовки»

Протокол № 10 от «6» июня 2024

Председатель ПЦК Лучина Г.А

Дьячков Юрий Юрьевич, мастер производственного обучения

Оглавление

Пояснительная записка 4
Практическое занятие №1 8
Практическое занятие №2 10
Практическое занятие №3 15
Практическое занятие №4 18
Практическое занятие №5 23
Практическое занятие №6 28
Практическое занятие №7 33
Практическое занятие №8 37
Практическое занятие №9 42
Практическое занятие №10 47
Литература: 52

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 1.1. Проверка электрооборудования профилактические	**Практическое занятие №1.** Наладка автоматических выключателей: измерение	2	ОК.01 – ОК.09,	Текущий контроль

испытания и эксплуатация	сопротивления изоляции, проверка повышенным и пониженным напряжением		ПК 2.1. - ПК 2.3,	
	Практическое занятие №2. Наладка тепловых реле, пускателей и контакторов: внешний осмотр и проверка аппаратов	2	ОК.01 – ОК.09, ПК 2.1. - ПК 2.3,	Текущий контроль
	Практическое занятие №3. Силовые трансформаторы: нормы приемо-сдаточных испытаний	2	ОК.01 – ОК.09, ПК 2.1. - ПК 2.3,	Текущий контроль
	Практическое занятие №4. Испытание повышенным напряжением. Маркировка трансформаторов	2	ОК.01 – ОК.09, ПК 2.1. - ПК 2.3,	Текущий контроль
	Практическое занятие №5. Определение активное сопротивление жил кабеля и рабочих емкостей (для кабеля напряжением 20кВ и выше)	2	ОК.01 – ОК.09, ПК 2.1. - ПК 2.3,	Текущий контроль
	Практическое занятие №6. Оформление документации на каждую кабельную линию	2	ОК.01 – ОК.09, ПК 2.1. - ПК 2.3,	Текущий контроль
	Практическое занятие №7. Проверка работы электродвигателя на холостом ходу	2	ОК.01 – ОК.09, ПК 2.1. - ПК 2.3,	Текущий контроль
	Практическое занятие №8. Расчет обмоток однофазного электродвигателя при перемотке его из трехфазного	2	ОК.01 – ОК.09, ПК 2.1. - ПК 2.3,	Текущий контроль
	Практическое занятие №9. Расчет обмотки статора, не имеющего паспортных данных, на новую частоту вращения	2	ОК.01 – ОК.09, ПК 2.1. - ПК 2.3,	Текущий контроль
	Практическое занятие №10. Оформление документации по профилактическим испытаниям электродвигателей, генераторов	2	ОК.01 – ОК.09, ПК 2.1. - ПК 2.3,	Текущий контроль
Итого:		20		

Практическое занятие №1

Тема: *Наладка автоматических выключателей: измерение сопротивления изоляции, проверка повышенным и пониженным напряжением*

Цель занятия:

Освоить методику проведения профилактических испытаний автоматических выключателей (АВ) в объёме, предусмотренном ПТЭЭП и ПУЭ:

— измерение сопротивления изоляции;

— проверка срабатывания при повышенном и пониженном напряжении;

— оформление протоколов испытаний.

Форма проведения: лабораторно-практическая работа в учебной электроустановке (или на стенде с реальными АВ: ВА47-29, ВА51-35, АЕ2040 и др.).

Оснащение занятия

Оборудование / СИЗ	**Примечание**
Учебный стенд с автоматическими выключателями (3–5 шт., разных типов)	Например: ВА47-29 (С16), ВА51-31 (D25), АЕ2040М
Мегаомметр (например, Э6-24, М4100/3 или ЦС0268)	Напряжение 500 В или 1000 В (в зависимости от класса изоляции)
Регулируемый источник переменного напряжения (ЛАТР + вольтметр + амперметр) или специализированный испытательный комплекс (РИП-256, УПИ-700)	Для проверки при пониженном/повышенном напряжении
Нагрузочное устройство (реостат или имитатор нагрузки)	Для проверки расцепителей (при необходимости)
Щупы, соединительные провода, шины, клеммы	
СИЗ: диэлектрические перчатки, коврик, очки	Обязательно по инструкции по ОТ
Журналы и бланки протоколов	См. Приложение 1

Ход занятия

Этап	**Время**	**Деятельность преподавателя**
1. Организационный момент	5 мин	Проверка присутствующих, выдача СИЗ, инструктаж по ОТ, допуск к работе
2. Вводный инструктаж	15 мин	— Цель и задачи занятия — Повторение: устройство АВ, типы расцепителей (тепловой, электромагнитный, минимального напряжения)

		— Нормы по ПТЭЭП (прил. 3, п. 28.2), ПУЭ (гл. 1.8) — Меры безопасности при испытаниях
3. Текущий инструктаж (выполнение работы)	55 мин	Наблюдает, консультирует, проверяет соблюдение ТБ и правильность действий
		Этапы работы:
		1. Внешний осмотр АВ (отсутствие механических повреждений, маркировка, состояние контактов)
		2. **Измерение сопротивления изоляции**: — между полюсами (в отключённом положении); — между каждым полюсом и корпусом (если есть заземляющий зажим); — мегаомметром на 500 В (для напряжения ≤ 500 В). Норма: **≥ 1 МОм** (ПТЭЭП п. 28.2)
		3. **Проверка электромагнитного расцепителя** (при **повышенном** токе): — подача тока 3·I_н (для характеристики «C») — должен отключиться мгновенно (≤ 0,1 с) — для АВ с расцепителем минимального напряжения: проверка отключения при **пониженном напряжении** (≤ 0,7 U_{ном})
		4. Повторить испытания для 2–3 выключателей разных типов
4. Заключительный инструктаж	15 мин	— Анализ ошибок, типичных нарушений — Проверка оформленных протоколов — Выводы: какие АВ пригодны к эксплуатации, какие требуют замены/ремонта

		— Задание на дом

Приложение 1. Образец протокола испытаний автоматического выключателя

№	Тип и заводской № АВ	I_{ном}, А	U_{ном}, В	R_{из}, МОм	Срабатывание при 3·I_н (время, с)	Срабатывание при 0,7 U_{ном}	Вывод (годен / брак)
1	ВА47-29 С16 №12345	16	230	12,5	0,04	отключился	Годен
2	АЕ2040М №7890	25	380	0,8	—	не отключился	Неисправен (низкая изоляция, не срабатывает при понижении U)

Контрольные вопросы (для устного опроса / отчёта)

1. Почему нельзя измерять сопротивление изоляции при поданном напряжении?
2. Какой тип расцепителя реагирует на пониженное напряжение? В каких схемах он обязателен?
3. Что означает характеристика «С» на корпусе АВ? Какие кратности тока проверяются?
4. Допустимо ли эксплуатировать АВ с R_{из} = 0,9 МОм? Почему?

Домашнее задание

Оформить отчёт по занятию по форме:

1. Цель работы
2. Схемы подключения приборов (от руки или в Paint)
3. Таблица с результатами измерений
4. Вывод по каждому АВ
5. Ответы на контрольные вопросы

Практическое занятие №2

Тема: *Наладка тепловых реле, пускателей и контакторов: внешний осмотр и проверка аппаратов*

Цель занятия:

Освоить методику технического осмотра и функциональной проверки магнитных пускателей (МП), контакторов и тепловых реле (ТР) в объёме, предусмотренном ПТЭЭП и ГОСТ 17770-81, включая:

— визуальный и механический контроль,

— проверку действия электромагнитной системы,

— проверку срабатывания/возврата ТР,

— оценку состояния контактной системы,

— оформление журналов и актов.

Оснащение занятия

Оборудование / СИЗ	**Примечание**
Учебный стенд/панель с магнитными пускателями (ПМЛ, ПМА), контакторами (КТ, КМИ), тепловыми реле (РТЛ, РТИ, ТРН)	В сборе (пускатели с ТР) и по отдельности
Регулируемый источник тока (ЛАТР + трансформатор тока или нагрузочный стенд)	Для проверки ТР под нагрузкой
Цифровой мультиметр (или тестер)	Для проверки цепей катушек и контактов
Микрометр (0–25 мм) или щупы	Для измерения зазоров и износа контактов
СИЗ: диэлектрические перчатки, коврик, защитные очки	Обязательно!
Смазка (ЦИАТИМ-201 или аналог), спирт, ветошь	Для чистки и обслуживания
Журнал технического обслуживания (образец), бланки актов дефектов	Приложение 1, 2

Ход занятия

Этап	**Время**	**Деятельность преподавателя**	**Деятельность обучающихся**
1. Организационный момент	5 мин	Проверка присутствия, выдача СИЗ, инструктаж по охране труда (особое внимание — работа с подвижными частями, искрение при включении)	Получают СИЗ, подписывают журнал инструктажа, надевают перчатки/очки
2. Вводный инструктаж	15 мин	— Цель и задачи занятия — Повторение: устройство и принцип действия пускателя/контактора/ТР	Слушают, делают записи, отвечают на уточняющие вопросы преподавателя

		— Нормативы: ПТЭЭП (п. 28.2), ГОСТ 17770–81, РД 34.42.103-94 — Типичные неисправности: залипание якоря, износ контактов, окисление, нарушение регулировки ТР	
3. Текущий инструктаж (выполнение работы)	55 мин	Консультирует, проверяет последовательность действий, соблюдение ТБ	Работают в бригадах (по 2–3 чел.), выполняют поэтапно:
		Этапы работы:	**Выполняют:**
		1. Внешний осмотр: — целостность корпуса, маркировка; — состояние клемм, гаек, проводов; — отсутствие следов перегрева, гари, трещин.	Осмотр, заполнение таблицы «Дефекты»
		2. Механическая проверка: — ручное нажатие на якорь — плавность хода, отсутствие заеданий; — проверка возвратной пружины (должна возвращать якорь без задержки); — состояние дугогасительных камер (отсутствие трещин, нагара).	Проверяют, оценивают, при необходимости чистят спиртом/ветошью
		3. Электрическая проверка (без нагрузки): — измерение сопротивления катушки (номинал — по паспорту, отклонение ≤ ±10%); — проверка замыкания/размыкания силовых и вспомогательных контактов при включении/отключении (мультиметром в режиме прозвонки).	Измеряют R_{кат}, проверяют работу контактов

		4. Проверка теплового реле: — установка уставки ТР = I_{ном}; — подача тока ≈ 1,05·I_{уст} — не должно срабатывать в течение 1 ч; — подача тока ≈ 1,2·I_{уст} — должно сработать за 20–30 мин (по паспорту); — проверка размыкания НЗ-контакта ТР при срабатывании.	Проводят испытания, фиксируют время срабатывания, сравнивают с паспортом
		5. Сборка и функциональная проверка в схеме (если стенд позволяет): — включение пускателя кнопкой «Пуск», остановка — «Стоп»; — имитация перегрузки — срабатывание ТР и блокировка повторного пуска до нажатия «Сброс».	Демонстрируют работоспособность схемы управления
4. Заключительный инструктаж	15 мин	— Анализ ошибок (напр., неверная уставка ТР, пропущен дефект износа контактов) — Проверка оформленных документов — Выводы: какие аппараты пригодны, какие требуют ремонта/замены	— Сдают отчёты и журналы — Делают выводы: «Пускатель ПМЛ-1100 исправен. ТР РТИ-2106 требует замены из-за несрабатывания при 1,3·I_n»

Приложение 1. Образец журнала технического обслуживания

№ п/п	**Тип аппарата**	**Зав. №**	**Номинальные данные**	**Дефекты (внешний осмотр)**	**R_{катушки}, Ом**	**Работа контактов (замык./размык.)**	**Проверка ТР (I, t, срабатывание)**	**Решение (годен / ремонт / замена)**
1	ПМЛ-1100	5432	220 В, 10 А	Следы нагара	780 (пасп. 800 ±10%)	Замыкаются/размыкаются	12 А — 24 мин →	Годен (чистка

				на контактах				контактов)
2	РТИ-2106	7712	6–10 А	Корпус треснул	—	—	12 А — не сработал за 1 ч	Замена

Приложение 2. Типичные неисправности и причины

Неисправность	**Возможная причина**	**Метод устранения**
Пускатель не включается	Обрыв катушки, сгорел предохранитель, неисправность кнопки	Проверить цепь управления, измерить R_{кат}
Якорь вибрирует / гудит	Ослабление Ш-образного сердечника, загрязнение рабочих поверхностей	Затянуть винты, очистить поверхности
Контакты залипают	Перегрузка, износ, отсутствие дугогасительной камеры	Замена контактов, регулировка нажима пружин
ТР срабатывает раньше времени	Уставка ниже номинала, перегрев, близость к другим нагревателям	Проверить уставку, обеспечить вентиляцию, откалибровать

Контрольные вопросы

1. Можно ли заменить тепловое реле на электронное без изменения схемы? Почему?
2. Какой зазор должен быть между якорем и сердечником у ПМЛ при отпущенном состоянии? (Ответ: 1–2 мм — проверяется щупом)
3. Почему нельзя смазывать рабочие поверхности электромагнита?
4. Как проверить, исправен ли вспомогательный блок-контакт «83–84»?
5. Что означает маркировка «РТЛ-1016 У3»?

Домашнее задание

Оформить отчёт по форме:

1. Цель и краткое описание работы
2. Таблица с данными по 2 аппаратам (пускатель + ТР)
3. Схема подключения пускателя с тепловым реле («звезда» без реверса)
4. Перечень выявленных неисправностей и способы их устранения
5. Ответы на 2 любых контрольных вопроса

Практическое занятие №3

Тема: *Силовые трансформаторы: нормы приемо-сдаточных испытаний*

Цель занятия:

Освоить объём, методику и нормативные требования к приемо-сдаточным испытаниям силовых трансформаторов (до 1000 кВА, до 10 кВ) согласно:

- ПУЭ (гл. 1.8)
- ПТЭЭП (прил. 3, п. 1.8)
- ГОСТ 34.401-2021, ГОСТ 11677-2015

включая основные виды испытаний и оформление протоколов.

Примечание: Поскольку реальные испытания силовых трансформаторов (особенно напряжением > 1 кВ) требуют специального оборудования и допуска, занятие проводится в формате лабораторно-ситуационного моделирования (стенд с макетом ТМ/ТМГ, таблицы, нормативные документы, бланки протоколов, виртуальные приборы или видео-демонстрации опасных операций — например, ИО высоким напряжением).

Оснащение занятия

Оборудование / Материалы	**Назначение**
Учебный стенд: макет трансформатора ТМГ-25/10 (или муляж), с возможностью доступа к ВН/НН выводам, баку, термометру, реле Бухгольца (макет)	Визуальный осмотр, подключение приборов
Мегаомметр (Э6-24, 2500 В)	Измерение R_{из} обмоток
Мост постоянного тока (Р333 или цифровой R_{обм}-измеритель)	Измерение сопротивления обмоток постоянному току
Вольтметр переменного тока (0–500 В), понижающий трансформатор (для КТН)	Определение коэффициента трансформации
Таблицы: схемы соединений обмоток (У/Ун, У/Zн, Δ/Yн), маркировка выводов (А-Х, а-х и др.)	Определение группы соединения
Нормативные документы (выписки): ПУЭ гл.1.8, ПТЭЭП прил.3	Работа с нормативами
Компьютер/проектор — для демонстрации видео: ИО 10 кВ, работа масляного фильтра-пресса, испытание РПН	Визуализация опасных/дорогостоящих операций
Бланки протоколов испытаний силовых трансформаторов	Оформление отчётов

Ход занятия

Этап	**Время**	**Деятельность преподавателя**	**Деятельность обучающихся**
1. Орг. момент + Инструктаж по ТБ	5 мин	Проверка, выдача СИЗ (перчатки, коврик), особое внимание:	Подписывают журнал, надевают СИЗ

		запрещено моделировать ИО >1 кВ без отключения и заземления!	
2. Вводный инструктаж	15 мин	— Цель: знать **обязательные** приёмо-сдаточные испытания по ПУЭ/ПТЭЭП — Разбор типов трансформаторов (масляные, сухие), маркировки (ТМ, ТМГ, ТСЗ, ТСЛ) — Нормы (кратко): R_{из} ≥ 300 МОм при 20°C для 10 кВ; ΔR ≤ 2% между фазами; КТН ±2%; — Демонстрация видео: ИО обмоток 10 кВ (1 мин)	Слушают, делают конспект таблицы «Виды испытаний»
3. Текущий инструктаж (практическая часть)	55 мин	Консультирует, проверяет правильность методики	Работают в бригадах (2–3 чел.), выполняют 5 этапов (на макете/стенде):
		Этап 1. Внешний осмотр и проверка комплектности — Паспорт, схема, комплект ЗИП, целостность бака/крышки, наличие заземляющего болта, уровень масла (по маслоуказателю), состояние вводов и крышки РПН (если есть)	Заполняют акт приёмки (образец — Приложение 1)
		Этап 2. Измерение сопротивления изоляции — Мегаомметром 2500 В: ВН–НН, ВН–бак, НН–бак — Замер при 20°C. Норма: ≥ 300 МОм (для 6–10 кВ), **коэффициент абсорбции K_a = R₆₀/R₁₅ ≥ 1,3**	Проводят измерения, рассчитывают K_a, заносят в протокол
		Этап 3. Измерение сопротивления обмоток постоянному току — Мостом Р333: для каждой обмотки (по фазам) — Норма: разброс между фазами ≤ 2% (ПУЭ п. 1.8.17)	Измеряют, рассчитывают отклонение, делают вывод
		Этап 4. Проверка коэффициента трансформации и группы соединения — КТН: U_{ВН}/U_{НН} при подаче 100–200 В на ВН (НН — холостой ход)	Подключают, измеряют напряжения, вычисляют КТН, определяют группу (напр., 11 — У/Zн-11)

		— Группа: схема «два вольтметра» или по маркировке + таблице	
		Этап 5. Проверка устройства РПН (если имеется) — Визуальный контроль положения переключателя — Измерение КТН в 3 положениях: «мин», «ср», «макс» — должно быть плавное изменение	Имитируют поворот РПН, фиксируют КТН в протоколе
4. Заключительный инструктаж	15 мин	— Анализ ошибок (напр., не учли температурную поправку, перепутали выводы фаз) — Проверка протоколов — Вывод: трансформатор готов к включению или требует доиспытаний?	— Сдают протоколы — Защищают вывод по одному трансформатору

Приложение 1. Обязательные приёмо-сдаточные испытания (ПУЭ, п. 1.8.15–1.8.36)

№	Вид испытания	Нормы / Допуски	Приборы
1	Внешний осмотр, комплектность	Соответствие паспорту, отсутствие механических повреждений	—
2	Измерение R_{из} обмоток	≥ 300 МОм (10 кВ); К_а ≥ 1,3	Мегаомметр 2500 В
3	R обмоток постоянному току	ΔR ≤ 2% между фазами одной обмотки	Мост Р333
4	Коэффициент трансформации	Отклонение ≤ ±2% от паспортного	Вольтметр, понижающий трансформатор
5	Группа соединения обмоток	Должна соответствовать маркировке и паспорту	Схема «два вольтметра», фазоуказатель
6	Испытание изоляции повышенным напряжением **промышленной частоты**	27 кВ / 1 мин (для 6 кВ); 35 кВ / 1 мин (для 10 кВ)	Испытательная установка АИД-70, УИП-70
7	Проверка реле Бухгольца (герметичность, срабатывание при наклоне)	Срабатывание при 15–25° наклона	Ручная проверка
8	Проверка устройства РПН (если есть)	Плавное изменение КТН, отсутствие искрения	Вольтметр, визуально

Приложение 2. Образец протокола испытаний трансформатора

Параметр	Номинал	Результат	Норма
R_{из} ВН–бак	—	420 МОм	≥300 МОм
R_A, R_B, R_C (ВН)	2,10 Ом	2,11; 2,09; 2,10 Ом	Δ ≤ 2%
КТН (ВН/НН)	10000/400 = 25	24,92	25 ± 0,5
Группа соединения	Y/Yн-0	Y/Yн-0	—
Реле Бухгольца	—	Сработало при 20°	15–25°

Контрольные вопросы

1. Почему измерение R_{из} проводят до и после ИО повышенным напряжением?
2. Какова цель измерения коэффициента абсорбции? Что означает К_а < 1,3?
3. Можно ли включать трансформатор в сеть при неисправном реле Бухгольца? Почему?
4. Как изменяется КТН при переключении РПН в положение «-2»?
5. Чем отличаются приёмо-сдаточные испытания от периодических

Домашнее задание

Оформить отчёт (рукописный или в Word):

1. Перечислить 7 обязательных приёмо-сдаточных испытаний по ПУЭ.
2. Заполнить протокол (по Приложению 2) для условного трансформатора ТМГ-63/10.
3. Нарисовать схему подключения мегаомметра при измерении R_{из} ВН–НН.
4. Ответить на 2 контрольных вопроса (на выбор).

Практическое занятие №4

Тема: *Испытание повышенным напряжением. Маркировка трансформаторов*

Цель занятия:

1. Изучить технологию, нормы и безопасность при проведении испытаний изоляции электрооборудования повышенным напряжением промышленной частоты (50 Гц).
2. Научиться расшифровывать маркировку силовых трансформаторов (масляных и сухих) по ГОСТ 11677-2015 и заводским обозначениям.
3. Освоить оформление протокола испытания повышенным напряжением.

Важно: Поскольку реальное испытание напряжением до 35 кВ требует лицензированной лаборатории и допуска по ТБ, занятие проводится в формате «ситуационного моделирования»:

— теория + видео/анимация ИО

— работа с макетом установки

— тренажёр-симулятор (если есть)

— расчёт параметров, оформление документов.

Оснащение занятия

Оборудование / Материалы	**Назначение**
Модель испытательной установки (макет АИД-70, УИП-70, РИП-256) с условными органами управления	Изучение устройства, тренировка алгоритма действий
Видеоролик (3–4 мин): «Проведение ИО 10 кВ на кабеле и трансформаторе» (без звука — разбор по кадрам)	Визуализация опасной операции
Таблицы:	
— «Нормы испытательных напряжений по ПУЭ, табл. 1.8.8»	
— «Структура маркировки трансформаторов»	
— «Безопасные расстояния при ИО» (ПОТ РМ-016-2001)	Опорный материал
Бланки: протокол ИО, наряд-допуск, акт допуска к испытаниям	Практика оформления
Образцы табличек трансформаторов (ТМ-100/10, ТМГ-250/6, ТСЗ-160/10, ТСЛ-63/0,4)	Расшифровка маркировки
Мультимедийный проектор, ПК	Демонстрация, интерактив

Ход занятия

Этап	**Время**	**Деятельность преподавателя**	**Деятельность обучающихся**
1. Орг. момент + Инструктаж по ТБ	5 мин	— Проверка явки — Выдача СИЗ (перчатки, коврик, очки) — Особое внимание: ИО — одна из самых опасных операций! Запрещено находиться в ограждённой зоне во время подъёма напряжения.	Подписывают журнал инструктажа, получают СИЗ

2. Вводный инструктаж	15 мин	— Цель и задачи занятия — Зачем нужно ИО? (выявление скрытых дефектов изоляции: трещины, увлажнение, перекрытия) — Оборудование: схема установки (источник → разделительный трансформатор → регулятор → испытуемый объект → заземление)\ — Нормы по ПУЭ табл. 1.8.8 (напр.: 6 кВ → 27 кВ; 10 кВ → 35 кВ; 0,4 кВ → 2,5 кВ) — Показ видео + разбор по шагам	Слушают, делают краткий конспект: схема, нормы, 5 правил безопасности при ИО
3. Практическая часть (ситуационное моделирование)	55 мин	Консультирует, проверяет понимание последовательности	Работают в парах/бригадах:
		Задание 1. Алгоритм проведения ИО (по карточкам-шагам)	
Расположить этапы в правильном порядке:			

1. Ограждение испытательной зоны
2. Заземление неиспытуемых частей
3. Проверка цепи заземления установки
4. Визуальный осмотр объекта
5. Подписание наряда-допуска
6. Плавный подъём напряжения (в течение 10 с)
7. Выдержка 1 мин
8. Плавное снижение до нуля
9. Отключение установки
10. Повторное заземление объекта

Выполняют сортировку, 2 пары защищают алгоритм у доски

Задание 2. Расчёт и выбор параметров ИО

Дано:

— Кабельная линия 10 кВ с бумажной изоляцией (XLP)

— Силовой трансформатор ТМГ-160/10

— Щит 0,4 кВ (вводной рубильник)

Определить:

а) испытательное напряжение (U_{исп})

б) время выдержки

в) допустимый ток утечки (при наличии) | Работают с таблицей ПУЭ, заполняют таблицу (Приложение 1)

Задание 3. Расшифровка маркировки трансформаторов

Расшифровать:

а) ТМГ-250/10 У1

б) ТСЗ-1000/6-УХЛ4

в) ТСЛ-63/0,4-У3

г) ОМПН-6300/35/10-У1

(Т — трансформатор, М — масляный, Г — герметичный и т.д.) | ✓□ Используют таблицу расшифровки, заполняют таблицу (Приложение 2)

Задание 4. Оформление протокола ИО

Заполнить протокол (образец — Приложение 3) для условного трансформатора ТМ-100/10:

— дата, объект, ответственный

— U_{ном}, U_{исп}, t_{выд}

— результат: «пробоя и перекрытий не наблюдалось»

— подписи | ✓□ Оформляют на бланке | | 4. Заключительный инструктаж | 15 мин |

— Анализ ошибок (напр., перепутали U_{исп} для кабеля и Т)

— Проверка протоколов и расшифровок

— Вывод: почему ИО нельзя заменить только мегаомметром?

— Акцент: ИО — окончательное подтверждение качества монтажа и изоляции | — Сдают работы

— Участвуют в обсуждении: *«Мегаомметр показывает "есть/нет", а ИО — "выдержит ли при аварии?"»* |

Приложение 1. Таблица: Нормы ИО по ПУЭ (выдержка)

Оборудование / Напряжение	U_{исп}, кВ	Время, мин	Примечание
Кабель 6 кВ (бум. изол.)	27	10	Для новых линий
Кабель 10 кВ (XLPE)	18	15	Снижено для полиэтилена
Трансформатор 6 кВ	27	1	Обмотки ВН и НН совместно
Трансформатор 10 кВ	35	1	
Электрооборудование 0,4 кВ	2,5	1	Установки до 1000 В

Приложение 2. Структура маркировки силовых трансформаторов (ГОСТ 11677)

Пример: ТМГ-250/10 У1

Символ	Значение
Т	Трансформатор
М	Масляный (если **С** — сухой)
Г	Герметичное исполнение (без расширителя)
250	Номинальная мощность, кВА
10	Номинальное напряжение ВН, кВ
У1	Климатическое исполнение и категория размещения (У — умеренный, 1 — на открытом воздухе)

Доп. обозначения:

- **З —** защита от коротких замыканий (ТСЗ)
- **Л —** литая изоляция обмоток НН (ТСЛ)
- **ПН —** устройство РПН (например, ТМПН)
- **О —** однофазный (ОМПН — однофазный масляный с РПН)

Приложение 3. Образец протокола ИО

Наименование объекта	Трансформатор ТМ-100/10
Заводской номер	№ 8521
Дата испытания	26.11.2025
Испытательное напряжение	35 кВ
Время выдержки	1 мин
Результат испытания	Пробоя, перекрытий, скользящих разрядов не наблюдалось. Изоляция выдержала испытание.
Ответственный	Иванов А.С. (электролаборатория №5)
Подписи	Исполнитель _____ / Приёмщик _____

Контрольные вопросы

1. Почему напряжение при ИО поднимают **плавно,** а не скачком?

2. Можно ли проводить ИО при влажности воздуха > 80%? Почему?

3. Чем отличается ИО для кабеля с бумажной и с полиэтиленовой изоляцией?

4. Что означает в маркировке «ТСЗ»? В каких объектах такие трансформаторы применяют?

5. Обязательно ли заземлять корпус трансформатора при ИО обмоток? Почему?

Домашнее задание

1. Расшифровать маркировку: **ТМПН-1000/10/0,4 У3**

2. Заполнить протокол ИО для кабельной линии 6 кВ (длина 150 м, бумажная изоляция).

3. Перечислить **5 обязательных мер безопасности** при ИО (по ПОТ).

4. Ответить на 1 контрольный вопрос (на выбор).

Практическое занятие №5

Тема: *Определение активного сопротивления жил кабеля и рабочих ёмкостей (для кабеля напряжением 20 кВ и выше)*

Цель занятия:

1. Освоить методику измерения **активного сопротивления жил кабеля постоянному току** и **рабочей (эксплуатационной) ёмкости кабельных линий.**

2. Понять значение этих параметров для:

— расчёта потерь ΔP и ΔU,

— проверки целостности жил и качества соединений,

— настройки защит (диф. ток, земляная дуга, ОМП),

— оценки состояния изоляции (ёмкость ↔ увлажнение, старение).

3. Научиться пользоваться **мостом постоянного тока** и **мегаомметром/измерителем ёмкости.**

4. Оформить протокол измерений согласно ПУЭ и ГОСТ 35073-2022.

Примечание:

Испытания кабелей 20 кВ и выше — ответственная работа, требующая допуска группы V по электробезопасности.

В учебных условиях используются:

— муляж/участок кабеля 10 кВ (в качестве аналога),

— имитационные стенды,

— расчётно-аналитические задачи,

— симуляторы приборов (мост Р333, измеритель ёмкости ЦС0237 и др.).

Оснащение занятия

Оборудование / Материалы	**Назначение**
Учебный стенд: отрезок кабеля 10 кВ (ААБл, 3×95 мм², L=10 м) или муляж кабеля 20 кВ	Объект измерений
Мост постоянного тока **Р333** (или цифровой измеритель R_{пост}, например, MMR-600)	Измерение активного сопротивления жил
Измеритель ёмкости (например, **ЦС0237**, **E7-16**, или мультиметр с функцией C_x)	Измерение рабочей ёмкости
Мегаомметр 2500 В (для контроля изоляции перед измерениями)	Предварительная проверка
Таблицы:	
— Удельное сопротивление меди/алюминия (ρ_{Cu} = 0,0172 Ом·мм²/м, ρ_{Al} = 0,0283)	
— Нормы ёмкости для кабелей 10–35 кВ (ГОСТ 16442, ГОСТ 35073)	
— Схемы подключения приборов	Справочный материал
Бланки: протокол измерений R и C_{раб}, ведомость дефектов	Оформление отчётов
Компьютер/проектор — для демонстрации реальных протоколов из лаборатории	Практико-ориентированный контекст

Ход занятия

Этап	Время	Деятельность преподавателя	Деятельность обучающихся
1. Орг. момент + Инструктаж по ТБ	5 мин	— Проверка явки, выдача СИЗ	
— Напоминание: кабель должен быть отключён, заземлён и разряжен! Особенно — кабели >10 кВ обладают высокой ёмкостью и могут длительно удерживать заряд.	Подписывают журнал, надевают СИЗ		
2. Вводный инструктаж	15 мин	— Цель и актуальность:	
• R_{жил} → потери, нагрев, срабатывание РЗА			
• C_{раб} → токи утечки, ёмкостные токи замыкания на землю,			

настройка ОАПВ и дугогасящих реакторов			
— Нормативы: ПУЭ п. 1.8.38; ГОСТ 35073-2022 («Кабели силовые. Методы контроля»)			
— Формулы:			
• R = ρ·L / S			
• C_{раб} ≈ 0,2–0,4 мкФ/км (для 10 кВ), 0,3–0,6 мкФ/км (для 20–35 кВ) — зависит от конструкции и изоляции	Слушают, записывают формулы и нормы, задают вопросы		
3. Практическая часть	55 мин	Консультирует, проверяет правильность подключения и расчётов	Работают в бригадах (2–3 чел.):
		Этап 1. Подготовка кабеля	
— Визуальный осмотр концевых заделок			
— Проверка отсутствия напряжения (указателем)			
— Заземление всех жил на противоположном конце			
— Снятие перемычек (если есть)	Выполняют подготовку, фиксируют в акте		
		Этап 2. Измерение активного сопротивления жил (R)	
— Схема: мост Р333 → одна жила (вторая жила и экран заземлены)			
— Измеряют R для каждой из 3 жил			
— Приводят к температуре 20°C по формуле:			
R₂₀ = R_t / [1 + α(t – 20)]			

(α_{Cu} = 0,004, α_{Al} = 0,0042)			
— Сравнивают с расчётным: R_{расч} = ρ·L/S	Измеряют, рассчитывают, заполняют таблицу (Приложение 1)		
		Этап 3. Измерение рабочей ёмкости (C_{раб})	
— Схемы:			
а) «жила–жила» (C_{ф-ф}) — между двумя жилами, третья заземлена			
б) «жила–земля»(C_{ф-0}) — одна жила, остальные + экран заземлены			
— Измеряют C для 2–3 комбинаций			
— Рассчитывают среднюю рабочую ёмкость на 1 км:			
C_{уд} = C_{изм} / L			
— Сравнивают с паспортными данными (или табл. ГОСТ)	Измеряют C, рассчитывают C_{уд}, делают вывод о состоянии изоляции		
		Этап 4. Анализ и оформление	
— Если R_{изм} > R_{расч} на 10% и более → плохой контакт / повреждение жилы			
— Если C_{уд} на 20% выше нормы → увлажнение изоляции			
— Заполнение протокола (Приложение 2)	Делают выводы и заполняют протокол		
4. Заключительный инструктаж	15 мин	— Разбор типичных ошибок:	
• не учли температуру при расчёте R			
• не заземлили соседние жилы при измерении C			

• спутали C_{ф-ф} и C_{ф-0}			
— Вывод: R и C — «показатели здоровья» кабеля, особенно при ПНР и после ремонта	— Сдают протоколы		
— Участвуют в обсуждении: «Кабель с повышенной ёмкостью — как «утечка памяти» у человека: работает, но ненадёжно»			

Приложение 1. Таблица измерений (пример для кабеля 3×95 мм² Cu, L=0,5 км)

Параметр	**Жила A**	**Жила B**	**Жила C**	**Норма / Расчёт**
R_{изм} при 25°C, Ом	0,091	0,092	0,095	—
R₂₀, Ом	0,089	0,090	0,093	R_{расч} = 0,0172·500/95 = **0,0905 Ом**
Отклонение, %	-1,7%	-0,6%	+2,8%	Допустимо ≤ ±5%
C_{ф-0}, нФ	195	202	198	C_{уд} ≈ 0,4 мкФ/км → 200 нФ на 0,5 км ✅

Приложение 2. Образец протокола измерений

Протокол № ___ от «___» _____ 2025 г.

Объект: КЛ-20 кВ, участок «ПС-110/20 – ТП-2», кабель ААБл 3×120 мм², L=1,2 км

Измерено:

1. Активное сопротивление жил (постоянный ток, 20°C):

— A: 0,172 Ом

— B: 0,173 Ом

— C: 0,180 Ом

R_{расч} = 0,0283·1200/120 = 0,283 Ом? ❗ Ошибка! — это для алюминия!

→ На самом деле, ААБл — алюминиевые жилы: R_{расч} = 0,283 Ом

→ Отклонение: +2% → норма.

2. Рабочая ёмкость «жила–земля»:

— C_{A-0} = 430 нФ → C_{уд} = 0,358 мкФ/км

— Норма для ААБл 20 кВ: 0,32–0,38 мкФ/км → соответствует.

Вывод: Кабельная линия пригодна к эксплуатации.

Подписи: Исполнитель _____ / Приёмщик _____

Контрольные вопросы

1. Почему активное сопротивление измеряют постоянным током, а не переменным?
2. Как изменится рабочая ёмкость, если в кабеле повреждена свинцовая оболочка и изоляция увлажнилась?
3. Можно ли измерить ёмкость кабеля мегаомметром? Почему?
4. Как влияет повышенная ёмкость на работу защиты от однофазных замыканий на землю?
5. Чему примерно равна рабочая ёмкость 10-километровой линии 35 кВ? (Ответ: ≈ 4–6 мкФ → опасный заряд!)

Домашнее задание

1. Рассчитать R₂₀ для кабеля АСБ-3×185 мм² Al, L=850 м, R_{t=30°C} = 0,135 Ом.
2. Определить C_{уд} (мкФ/км), если при L=2,3 км измерено C_{A-0} = 820 нФ. Оценить по норме.
3. Нарисовать схему подключения моста Р333 для измерения R жилы «А».
4. Ответить на 1 контрольный вопрос (письменно).

Практическое занятие №6

Тема: *Оформление документации на каждую кабельную линию*

Цель занятия:

Освоить состав, назначение и правила заполнения основных документов, сопровождающих кабельную линию (КЛ) на всех этапах жизненного цикла:

- при монтаже и ПНР,
- при приёмке в эксплуатацию,
- при периодических испытаниях и ремонтах.

Научиться оформлять документы в соответствии с требованиями:

— ПУЭ (гл. 2.3),

— ПТЭЭП (прил. 3, 4),

— СТО 56947007-29.240.023-2020,

— ГОСТ 21.613-2019 (рабочая документация).

Форма проведения

Практико-ориентированное занятие: работа с реальными бланками, заполнение документов по условной КЛ, групповая защита комплектов.

Акцент:

Электромонтёр не просто выполняет работы — он документально подтверждает их качество. Отсутствие/неправильное оформление = отказ в приёмке, штрафы, аварии.

Оснащение занятия

Материалы	**Назначение**
Комплект бланков (печатных или в электронном виде):	

1. Акт осмотра трассы КЛ
2. Ведомость объёмов скрытых работ (форма КС-6а)
3. Протоколы измерений: R_{из}, R_{петли}, C_{раб}, ИО
4. Акт технологического присоединения
5. Паспорт кабельной линии (форма ПЭ-01)
6. Журнал ремонтов и испытаний КЛ | Основа практической работы | |

Условные данные по КЛ:

— КЛ-0,4 кВ: кабель ВВГнг(А)-LS 4×50 мм², L=85 м, от ЩР-2 до насоса

— КЛ-10 кВ: кабель ААБл 3×95, L=1,2 км, от РП-6 до ТП-3 | Исходные данные для заполнения | | Нормативные выписки:

— ПТЭЭП, п. 2.4.19–2.4.27

— ПУЭ, п. 2.3.79–2.3.86

— Типовые формы (Энергонадзор, «Россети») | Справочная поддержка | |

Компьютеры (по возможности) с шаблонами в Word/Excel | Ускорение оформления

Ход занятия

Этап	**Время**	**Деятельность преподавателя**	**Деятельность обучающихся**
1. Орг. момент + Вводный инструктаж	10 мин	— Цель: понимать, какие документы нужны, когда и зачем	
— Показывает «жизненный цикл КЛ»:			
1) Проектирование → 2) Монтаж			

(скрытые работы) → 3) ПНР → 4) Приёмка → 5) Эксплуатация			
— Акцент: ПЭ-01 (паспорт КЛ) — главный документ на весь срок службы (25+ лет!)	Слушают, делают схему «ЖЦ КЛ» в конспекте		
2. Разбор состава документации	15 мин	— Краткий обзор 6 ключевых документов (см. таблицу ниже)	
— Объясняет:			
• кто оформляет,			
• когда подписывается,			
• где хранится (в ПЭУ, у ответственного за электрохозяйство)	Заполняют опорную таблицу (Приложение 1)		
3. Практическая часть (работа в бригадах)	50 мин	Раздаёт задания по 2 типам КЛ (0,4 кВ и 10 кВ)	
Консультирует, проверяет логику и соответствие нормам	Работают в бригадах (2–3 чел.), оформляют комплект документов на 1 КЛ:		
Заполняют паспорт КЛ (ПЭ-01)			
Составляют акт осмотра трассы (глубина прокладки, отсутствие повреждений)			
Оформляют протоколы измерений** (по данным занятий №4–5)			
Подготавливают ведомость скрытых работ (прокладка в траншее, заделка муфт)			
Заполняют журнал испытаний (дата,			

тип, результат, подпись)			
4. Защита и заключительный инструктаж	15 мин	— 2 бригады кратко представляют свой комплект (по 3 мин)	
— Разбор ошибок:			
• отсутствует схема трассы в паспорте,			
• не указан тип муфты,			
• дата ИО позже даты акта приёмки			
— Вывод: «Без документов — нет кабеля»	— Сдают комплекты		
— Участвуют в обсуждении			

Приложение 1. Ключевые документы по кабельной линии

№	Документ	Когда оформляется	Кем подписывается	Норматив
1	Паспорт КЛ (форма ПЭ-01)	После окончания ПНР	Монтажник, наладчик, представитель заказчика	ПТЭЭП п. 2.4.20
2	Акт осмотра скрытых работ (КС-6а)	До засыпки траншеи / бетонирования	Прораб, инженер Технадзора	СП 76.13330.2016
3	Протоколы измерений (R_{из}, ИО, C, R_{петли})	Во время ПНР	Специалист электролаборатории	ПУЭ гл. 1.8
4	Акт приёмки в эксплуатацию	После всех испытаний	Комиссия (заказчик, монтаж, наладка, энергонадзор)	Постановление № 87
5	Схема трассы КЛ	На этапе ПНР (входит в паспорт)	Проектная организация / геодезист	ПУЭ п. 2.3.79
6	Журнал учёта и ремонта КЛ	В течение всего срока эксплуатации	Ответственный за электрохозяйство	ПТЭЭП п. 2.4.27

Приложение 2. Образец заполнения паспорта КЛ (ПЭ-01, фрагмент)

Параметр	Значение
Наименование КЛ	КЛ-01: от ЩР-2 (пом. 105) до насосной станции
Напряжение	0,4 кВ
Тип и марка кабеля	ВВГнг(А)-LS 4×50 мм²
Длина	85 м
Год прокладки	2025

Способ прокладки	В кабельном канале, затем в траншее (глубина 0,7 м)
Муфты	2 соединительные термоусаживаемые (КВТ-4-50/4)
Результаты испытаний	R_{из} ≥ 0,5 МОм; ИО 2,5 кВ/1 мин — выдержал; R_{петли} = 0,38 Ом
Схема трассы	Прилагается (план этажа + разрез траншеи)
Ответственный	Петров И.В., электромонтёр 5 разряда

Приложение 3. Типичные ошибки в документации

Ошибка	**Последствия**
Отсутствует схема трассы	Невозможно найти кабель при аварии → прокол экскаватором
В протоколе ИО нет подписи ответственного	Документ недействителен — линию не примут
В паспорте не указан тип муфты	При ремонте — несовместимость материалов
Дата протоколов позже акта приёмки	Нарушение логики — комиссия не подпишет
Нет отметки о заземлении брони	Нарушение ПУЭ п. 2.3.82 → риск поражения током

Контрольные вопросы

1. Можно ли принять КЛ в эксплуатацию без паспорта (ПЭ-01)? Почему?
2. Кто несёт ответственность за достоверность данных в ведомости скрытых работ?
3. Какие данные обязательно должны быть на бирке кабельной муфты?
4. Что делать, если в паспорте обнаружена ошибка через 5 лет эксплуатации?
5. Почему схема трассы должна включать не только план, но и профиль?

Домашнее задание

Подготовить **мини-проект** — комплект документов (упрощённый) для условной КЛ:

КЛ-10 кВ, кабель СПЭ 1×300 мм², L=0,8 км, от КТП-110/10 до РП-8

Включить:

1. Титульный лист паспорта (ПЭ-01) — 5 позиций
2. Акт осмотра трассы (глубина, охранные трубы, муфты)
3. Таблицу «Протоколы испытаний» (3 строки)
4. Вывод: «КЛ готова к приёмке / требуется дооформление»

Формат: рукописный или на ПК (1–2 страницы).

Практическое занятие №7

Тема: *Проверка работы электродвигателя на холостом ходу*

Цель занятия:

Освоить методику комплексной проверки асинхронного электродвигателя (АД) после монтажа или ремонта в режиме холостого хода (ХХ), включая:

— внешний и механический осмотр,

— измерение параметров (ток, напряжение, частота вращения, вибрация, температура),

— оценку работы по нормам ПТЭЭП, ГОСТ 183-74 и заводской инструкции,

— оформление протокола проверки.

Важно: Работа на холостом ходу — обязательный этап перед подключением нагрузки. Выявляет 80% скрытых дефектов: перекос ротора, неисправность подшипников, ошибки в схеме обмоток, дисбаланс и др.

Оснащение занятия

Оборудование / СИЗ	**Примечание**
Учебный стенд: АД с короткозамкнутым ротором (АИР80В2У3, 2,2 кВт, 380 В, 2900 об/мин) — установлен на виброизолирующих опорах	Основной объект
Пусковая аппаратура: магнитный пускатель ПМЛ-1100 + тепловое реле РТИ-2106	По схеме «звезда» без реверса
Измерительные приборы:	
— Цифровой мультиметр (ток/напряжение)	
— Тахометр (оптический или контактный) или стробоскоп	
— Виброметр (например, ВИБРОТЕСТ-М)	
— Инфракрасный термометр (пирометр)	
— Секундомер	Для снятия параметров ХХ
СИЗ: диэлектрические перчатки, очки, наушники (при шуме)	Обязательно!
Нормативные материалы:	
— Выдержки из ПТЭЭП (п. 1.7.14–1.7.17)	
— ГОСТ 183-74 «Машины электрические вращающиеся»	
— Паспорт АИР80В2У3	Справочная база
Бланки: протокол проверки АД на ХХ, акт осмотра, журнал испытаний	Для оформления

Ход занятия

Этап	**Время**	**Деятельность преподавателя**	**Деятельность обучающихся**

1. Орг. момент + Инструктаж по ТБ	5 мин	— Проверка явки, выдача СИЗ	
— Особое внимание:			
• вращающиеся части → запрещено прикасаться!			
• перед пуском — убедиться, что муфта/полумуфта снята (чистый ХХ!)			
• проверка заземления корпуса двигателя	Подписывают журнал, надевают СИЗ		
2. Вводный инструктаж	15 мин	— Цель: проверить механическую и электрическую исправность до включения нагрузки	
— Ключевые параметры ХХ:			
• I_{ХХ} = (20–40)% I_{ном} (для АД до 5 кВт)			
• n_{изм} ≈ n_{синх} – s (s = 2–5% для ХХ)			
• вибрация ≤ 1,8 мм/с (ГОСТ 183-74, 1-я категория)			
• шум ≤ 75 дБА			
• ΔT ≤ 40°C (через 30 мин работы)			
— Показывает схему подключения и органы управления стендом	Слушают, делают таблицу «Нормы ХХ» в конспекте		
3. Практическая часть (работа в бригадах)	55 мин	Консультирует, проверяет безопасность и точность измерений	Выполняют в бригадах по 2–3 чел.:
		Этап 1. Подготовка и осмотр	
— Визуальный осмотр: целостность корпуса, вентилятора, клеммной коробки			
— Проверка заземления корпуса (R ≤ 0,1 Ом — мультиметром)			
— Прокрутка вала вручную: плавность, отсутствие заеданий			

— Снятие полумуфты (имитация ХХ)	Заполняют акт осмотра (Приложение 1)		
		Этап 2. Первый кратковременный пуск (3–5 с)	
— Контроль направления вращения (по стрелке на корпусе)			
— Прослушивание: посторонние шумы, стук, скрежет			
— Осмотр искрения (если есть щёточный узел — у синхронных)	Фиксируют замечания		
		Этап 3. Длительный пуск (20–30 мин)	
— Измеряют каждые 5–10 мин:			
• U_A, U_B, U_C			
• I_A, I_B, I_C			
• n (тахометром)			
• вибрация (в 3 точках: подшипниковые щиты, корпус)			
• T поверхности (крышки подшипников, корпус)			
— Вычисляют:			
• K_н = I_{max}/I_{min} ≤ 1,1			
• Δn = n_{синх} – n_{изм}	Заносят данные в таблицу (Приложение 2)		
		Этап 4. Анализ и оформление	
— Сравнение с нормами			
— Вывод: «Двигатель исправен / требуется регулировка / ремонт»			
— Оформление протокола (Приложение 3)	Готовят отчёт		
4. Заключительный инструктаж	15 мин	— Разбор типичных ошибок:	
• не сняли полумуфту → фактически работал под нагрузкой			

• измерили ток через 10 сек → неустоявшийся режим			
• не проверили перекос фаз по напряжению			
— Вывод: ХХ — **«диагностика здоровья» двигателя перед «рабочей сменой»**	— Сдают протоколы		
— 2 бригады кратко представляют результаты			

Приложение 1. Акт первичного осмотра АД

Проверка	**Результат**	**Примечание**
Целостность корпуса, вентилятора	✓	Трещин нет
Заземление корпуса	R = 0,05 Ом	Норма ≤ 0,1 Ом
Прокрутка вала вручную	Плавная, без заеданий	—
Уровень смазки в подшипниках	Достаточный	По метке на щите
Состояние клеммной коробки	Чисто, клеммы затянуты	—

Приложение 2. Таблица измерений на холостом ходу (АИР80В2У3)

Время, мин	**U_{ср}, В**	**I_A/I_B/I_C, А**	**I_{ср}, А**	**n, об/мин**	**T, °C**	**Вибрация, мм/с**
0 (пуск)	382	4,2 / 4,1 / 4,3	4,2	2850	22	0,9
10	380	3,8 / 3,7 / 3,9	3,8	2870	38	1,1
20	379	3,6 / 3,5 / 3,7	3,6	2880	52	1,2
30	378	3,5 / 3,4 / 3,6	3,5	2885	61	1,3

Расчёт:

— I_{ном} = 5,0 А → I_{XX}/I_{ном} = 3,5/5,0 = 70% **!** → высокий ток!

→ Возможная причина: неправильное соединение обмоток («треугольник» вместо «звезды») или короткое замыкание витков.

Приложение 3. Протокол проверки АД на холостом ходу (фрагмент)

Параметр	**Норма**	**Результат**	**Вывод**
Ток ХХ	≤ 40% I_{ном} (≤ 2,0 А)	3,5 А (70%)	✕ Не соответствует
Перекос тока	≤ 10%	5,7%	✓

Частота вращения	2850–2930 об/мин	2885	✓
Вибрация	≤ 1,8 мм/с	1,3 мм/с	✓
Нагрев (30 мин)	≤ 75°C	61°C	✓
Шум, вибрация	Без посторонних шумов	Лёгкий гул	✓

Общий вывод:

«Двигатель имеет повышенный ток ХХ. Необходимо проверить схему соединения обмоток (возможно, Δ вместо Y) и провести замер сопротивления фаз. Ввод в эксплуатацию — ЗАПРЕЩЁН до устранения».

Подписи:

Исполнитель _____ / Мастер _____ / Ответственный по ЭХ _____

Контрольные вопросы

1. Почему ток холостого хода у АД не равен нулю?
2. Как изменится ток ХХ, если в обмотке статора есть межвитковое замыкание?
3. Можно ли проверять АД на ХХ без снятия муфты? Чем это грозит?
4. Что означает резкий рост тока через 15 минут работы на ХХ?
5. Почему важно измерять все три фазы тока, а не только одну?

Домашнее задание

Оформить отчёт по занятию (1–2 стр.):

1. Цель и краткое описание методики
2. Таблица измерений (по аналогии с Приложением 2) для условного АД АИР100S4У3 (4 кВт, 1435 об/мин)
3. Вывод: «Исправен / Неисправен — почему?»
4. Ответ на 1 контрольный вопрос (письменно)

Практическое занятие №8

Тема: *Расчёт обмоток однофазного электродвигателя при перемотке его из трёхфазного*

Цель занятия:

1. Научиться пересчитывать параметры обмотки при переделке трёхфазного асинхронного двигателя (АД) в однофазный (с пусковой и рабочей обмотками).
2. Освоить методику определения:

— числа витков на катушку,

— сечения провода,

— числа параллельных ветвей,

— ёмкости рабочего и пускового конденсаторов.

3. Понять физические ограничения и потери мощности при такой переделке (~40–60% от исходной).

4. Оформить расчётный лист для практического применения в ремонтной мастерской.

Примечание:

Перемотка 3-ф → 1-ф — распространённая практика в сельском хозяйстве, гаражах, малом производстве, когда нет 3-ф сети, но есть «донор» (например, сгоревший АИР100).

Занятие носит расчётно-аналитический характер с элементами проектирования. Реальная перемотка — на последующих ПЗ.

Оснащение занятия

Материалы / Средства	**Назначение**
Раздаточный материал:	
— Паспорт АД: АИР100S4У3 (P_{ном} = 4 кВт, U = 380 В Δ / 220 В Y, I = 8,1 А, n = 1435 об/мин, η = 86%, cos φ = 0,82)	
— Таблица «Магнитная индукция в стали (B_m) для двигателей до 10 кВт»: 0,8–1,0 Тл	
— Таблица «Допустимая плотность тока j**: 4–6 А/мм² (для закрытых двигателей)	
— Схемы обмоток: 3-ф (звезда/треугольник), 1-ф (с пусковой обмоткой и конденсатором)	Основа для расчётов
Калькуляторы, линейки, карандаши	Ручные вычисления
Компьютеры (по возможности) с Excel-калькулятором (прилагаю ниже)	Ускорение расчётов
Образцы проводов ПЭТВ 0,8; 1,0; 1,2 мм	Визуализация сечения
Плакат: «Схема подключения однофазного АД с конденсаторным пуском»	Опорный материал

Ход занятия

Этап	**Время**	**Деятельность преподавателя**	**Деятельность обучающихся**
1. Орг. момент + Вводная лекция (10 мин)	10 мин	— Цель и актуальность:	
• нет 3-ф сети → переделка под 220 В			

• экономия: не покупать новый, а использовать имеющийся «донор»			
— Физика процесса:			
• в 3-ф АД — вращающееся магнитное поле			
• в 1-ф — пульсирующее → для пуска нужна вторая обмотка со сдвигом фазы (конденсатор)			
— Ограничения:			
• мощность падает до 0,5–0,7·P_{3-ф}			
• КПД и cos φ снижаются			
• возможен перегрев при длительной работе	Слушают, делают схему «3-ф → 1-ф: что меняется?»		
2. Теоретическая подготовка (15 мин)	15 мин	Разбирает ключевые формулы (записывает на доске):	

1. Мощность однофазного АД после переделки:

P_{1-ф} ≈ (0,5…0,7) · P_{3-ф}

2. Ток статора:

I = P / (U · η · cos φ)

3. Сечение провода:

q = I / j, j = 4–5 А/мм²

4. Число витков на фазу (ориентировочно):

w ≈ 45 ÷ B_m · U / (f · k_{об} · D · l) → упрощённо: w_{1-ф} ≈ 0,7 · w_{3-ф} (для сохранения индукции)

5. Ёмкость рабочего конденсатора:

C_{раб} = 2800 · I · cos φ / U, мкФ (для схемы с одной рабочей обмоткой)

6. Пусковой конденсатор:

C_{пуск} = (2…2,5) · C_{раб} | Записывают формулы в конспект, задают уточняющие вопросы

3. Практическая часть (расчёт по алгоритму) | 55 мин | Даёт задание:

«Переделать АИР100S4У3 (4 кВт, 380/220 В) в однофазный двигатель 220 В»

Контролирует логику, помогает при ошибках. Работают в парах, выполняют пошагово:

Шаг 1. Оценка выходной мощности

P_{1-ф} = 0,6 · 4 кВт = 2,4 кВт (реалистично для длительной работы)

Записывают

Шаг 2. Расчёт тока

I = 2400 / (220 · 0,75 · 0,75) ≈ 19,4 А (η ≈ 0,75, cos φ ≈ 0,75 — для 1-ф АД)

Считают

Шаг 3. Выбор сечения провода

q = 19,4 / 4,5 ≈ 4,3 мм² → ближайший стандарт: ПЭТВ-2 Ø2,45 мм (q = 4,7 мм²)

Сверяют с таблицей сечений

Шаг 4. Число витков

— У АИР100S4: w_Y = 160 витков/фаза (220 В)

— w_{1-ф} = 0,7 · 160 ≈ 112 витков (на рабочую обмотку)

— Пусковая обмотка: 60–70% от рабочей → 70 витков

Округляют до целого

Шаг 5. Конденсаторы

C_{раб} = 2800 · 19,4 · 0,75 / 220 ≈ 185 мкФ

C_{пуск} = 2,5 · 185 ≈ 460 мкФ

→ Выбирают C_{раб} = 200 мкФ, C_{пуск} = 500 мкФ, U ≥ 450 В (постоянный ток для переменки!)

Подбирают из стандартного ряда

Шаг 6. Схема подключения

— Рабочая обмотка (112 витков) → напрямую в сеть

— Пусковая (70 витков) + C_{пуск} + C_{раб} → через кнопку «Пуск» (на 2–3 с)

— После пуска — остаётся только C_{раб} | ✓ Рисуют схему от руки

Шаг 7. Оформление расчётного листа
Заполняют таблицу (см. Приложение 1)

Готовят финальный документ

4. Защита и заключение | 10 мин | — 2 пары представляют расчёт (по 3 мин)

— Разбор ошибок:

• забыли про напряжение конденсаторов (220 В — недостаточно!)

• взяли j = 8 А/мм² → перегрев

— Вывод: переделка возможна, но — только для кратковременных или малонагруженных режимов | — Сдают расчётные листы

— Участвуют в обсуждении |

Приложение 1. Расчётный лист (образец)

Параметр	**Исходный (3-ф)**	**После переделки (1-ф)**	**Примечание**
Марка двигателя	АИР100S4У3	АИР100S4У3 (1-ф мод.)	
Мощность	4 кВт	2,4 кВт	η ≈ 60% от исходной
Напряжение	380/220 В	220 В	Однофазная сеть
Ток	8,1 А (Δ)	19,4 А	На входе
Рабочая обмотка:			
— витков	160 (Y)	112	≈ 0,7·160
— провод	ПЭТВ-1,18 мм (q=1,1)	ПЭТВ-2,45 мм (q=4,7)	Ток вырос в 2,4 раза
Пусковая обмотка:			
— витков	—	70	60% от рабочей
— провод	—	ПЭТВ-1,7 мм (q=2,27)	Ток ниже
Конденсаторы:			
— рабочий	—	200 мкФ, 450 В	МБГО, К78
— пусковой	—	500 мкФ, 450 В	Отключается после пуска

Приложение 2. Схема подключения однофазного АД (с пусковым конденсатором).

Контрольные вопросы

1. Почему нельзя использовать электролитические конденсаторы в цепи переменного тока?
2. Как изменится пусковой момент, если уменьшить ёмкость C_{раб} на 30%?
3. Можно ли использовать все три фазные обмотки как одну — просто соединив их последовательно? Почему?
4. Как определить начало и конец обмоток, если маркировка стёрта?
5. Почему мощность падает при переделке? Объясните с точки зрения магнитного поля.

Домашнее задание

Выполнить расчёт для АИР80А4У3 (1,5 кВт, 380/220 В):

1. Определить P_{1-ф}, I, q, w_{раб}, w_{пуск}
2. Подобрать конденсаторы
3. Нарисовать схему подключения
4. Сделать вывод: «Целесообразно ли переделывать?»

Формат: расчётный лист (1 страница).

Практическое занятие №9

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

Цель занятия:

Научиться восстанавливать параметры обмотки и пересчитывать её под новую частоту вращения (например, 3000 → 1500 об/мин или 1500 → 1000 об/мин) на основе физических замеров двигателя, когда паспорт утерян (частая ситуация при ремонте старого оборудования).

Освоить методику определения:

числа пар полюсов по геометрии статора,

допустимого магнитного потока,

числа витков на катушку,

сечения провода,

схемы соединения (звезда/треугольник).

Оснащение занятия

	Назначение
Реальный или муляжный АД без таблички (например, старый АО2-52-4, АИР100L6, или учебный стенд с разборным статором)	Объект диагностики
Измерительные инструменты:	
— Штангенциркуль (для D_{вн}, D_{нар}, l_{ст})	
— Линейка, калибр проводов (микрометр 0–25 мм)	
— Омметр (мультиметр) — для проверки целостности обмоток	
— Угольник — для подсчёта пазов и определения шага обмотки	Замеры геометрии и обмотки
Справочные материалы:	
— Таблицы: «Число пазов Z при 2p = 2, 4, 6…»	
— «Магнитная индукция в стали (B_m): 0,7–1,0 Тл»	
— «Плотность тока j: 4–5 А/мм² (закрытые АД)»	
— «Формула ЭДС обмотки: E ≈ 4,44 · f · w · k_{об} · Ф»	Нормативная база
Бланки:	
— Карта диагностики АД без паспорта	
— Расчётный лист «Пересчёт обмотки под новую n»	Оформление результатов
Компьютер/проектор — для демонстрации фото типовых статоров и таблиц	Визуальная поддержка

Ход занятия

Этап	Время	Деятельность преподавателя	Деятельность обучающихся
1. Орг. момент + Вводная беседа	10 мин	— Ставит проблему: «На предприятии нашли двигатель без шильдика. Нужно запустить насос на 1000 об/мин. Что делать?»	
— Объясняет: паспорт можно восстановить по конструктивным данным			
— Цель: научиться «читать» двигатель, как инженер-диагност	Слушают, задают вопросы, записывают цель		
2. Теоретическая основа (15 мин)	15 мин	Разбирает ключевые зависимости:	

1. **Частота вращения поля:**

n_{синх} = 60·f / p, где p — число пар полюсов

→ 3000 об/мин → p=1 (2p=2); 1500 → p=2 (2p=4); 1000 → p=3 (2p=6)

2. Число пазов Z и полюсов 2p связаны:

q = Z / (2p · m) — число пазов на полюс и фазу (должно быть целым или полуцелым)

3. ЭДС обмотки:

E ≈ U · k_{зап} ≈ 4,44 · f · w · k_{об} · B_m · S_{ст}

→ Отсюда:

w ∝ U / (f · B_m · D² · l)

4. При снижении n (увеличении p):

• w_{нов} ≈ w_{стар} · (p_{нов} / p_{стар})

• q_{нов} ≈ q_{стар} · (p_{стар} / p_{нов}) — сечение можно уменьшить (ток ниже) | Делают конспект формул, рисуют таблицу «n ↔ 2p ↔ Z» | | 3. Практическая часть (работа с двигателем) | 55 мин | Даёт задание:

«Двигатель без таблички. Требуется переделать его на 1000 об/мин (2p = 6) для работы от 220 В»

Контролирует замеры и логику расчёта | Работают в бригадах (2–3 чел.), выполняют пошагово:

Шаг 1. Диагностика статора

— Подсчитать число пазов Z (например, Z = 36)

— Измерить:

• D_{вн} — внутренний диаметр статора (мм)

• l_{ст} — длина сердечника (мм)

• Высота оси вращения h (по корпусу: h=100 → АИР100

— Осмотреть обмотку: однослойная/двухслойная, шаг (y = Z/2p ± 1…) |

Заполняют Карту диагностики (Приложение 1)

Шаг 2. Определение исходного 2p

— Подбирают 2p так, чтобы q = Z / (2p·3) было целым или 0,5:

Z = 36 →

• 2p = 2 → q = 6

• 2p = 4 → q = 3

• 2p = 6 → q = 2

— Анализируют шаг обмотки: если y = 15 (≈ 36/2 – 3), вероятно, был 2p = 4 (1500 об/мин) | Делают вывод: *«Был 4-полюсный двигатель»*

Шаг 3. Замер старой обмотки

— Аккуратно вскрыть 1–2 катушки

— Подсчитать витки w_{стар} (напр., 24 витка/катушка)

— Измерить диаметр провода → сечение q_{стар} | ✓□ Фиксируют данные

Шаг 4. Расчёт новой обмотки (на 2p = 6)

Исходные данные:

— Z = 36, 2p = 6 → q = 2 (целое → допустимо)

— w_{нов} = w_{стар} · (p_{нов} / p_{стар}) = 24 · (3 / 2) = 36 витков

— S_{ст} = π·D_{вн}·l / 4

— B_m = 0,85 Тл (среднее для двигателей)

— f = 50 Гц, U = 220 В

— k_{об} ≈ 0,92 (двухслойная, y = 5/6)

→ Проверка по формуле:

w = U / (4,44 · f · k_{об} · B_m · S_{ст}) ≈ 36

— Ток новой обмотки:

P ≈ (D² · l · n) / 1000 ≈ (130² · 160 · 1000) / 10⁹ ≈ 2,7 кВт

I = P / (U · η · cos φ) ≈ 2700 / (220 · 0,8 · 0,75) ≈ 20,5 А

— Сечение: q = I / j = 20,5 / 4,5 ≈ 4,6 мм² → ПЭТВ Ø2,45 мм (4,71 мм²) |

Выполняют расчёт, заносят в Расчётный лист (Приложение 2)

Шаг 5. Схема соединения

— При 2p = 6 и Z = 36 → однослойная петлевая или двухслойная волновая

— Соединение — звезда (220 В на фазу) | ✓□ Рисуют развёртку (3 группы по 12 катушек)

4. Защита и заключение | 10 мин | — 2 бригады представляют выводы

— Разбор ошибок:

• не учли коэффициент обмотки k_{об}

• перепутали число полюсов и пар полюсов

— Вывод: *«Без паспорта — не беда, если умеешь считать и измерять»* | — Сдают карты и расчётные листы |

Приложение 1. Карта диагностики АД без паспорта

Параметр	**Значение**	**Примечание**
Число пазов Z	36	Посчитано вручную
D_{вн}, мм	130	Штангенциркулем

l_{ст}, мм	160	—
Высота оси h, мм	100	По корпусу — АИР100
Тип обмотки	Двухслойная	По вскрытию
Шаг y	10 (1→11)	y = Z/2p – 2 = 18 – 2 = 16? Нет → был 2p=4
w_{кат} (старая)	24	В одной катушке
d_{пров}, мм	1,18	q = 1,1 мм²
Вероятный исходный режим	1500 об/мин, 4 кВт	По габаритам и обмотке

Приложение 2. Расчётный лист (новая обмотка, 1000 об/мин, 220 В)

Параметр	**Расчёт**	**Результат**
Требуемая частота вращения	—	1000 об/мин
Число пар полюсов p	60·f / n = 60·50 / 1000	**p = 3 (2p = 6)**
Число витков на катушку w	w_{стар} · (p_{нов}/p_{стар}) = 24 · 3/2	**36**
Магнитный поток Ф	B_m·π·D_{вн}·l / 4 = 0,85·π·0,13·0,16 / 4	0,0139 Вб
Расчётная ЭДС	4,44·50·36·0,92·0,0139	≈ 220 В ✓
Ориентировочная мощность	≈ D²·l·n / 10⁹	≈ **2,7 кВт**
Ток	I = 2700 / (220·0,8·0,75)	**20,5 А**
Сечение провода	q = I / j = 20,5 / 4,5	**4,6 мм²** → **Ø2,45 мм**
Схема соединения	Z/(2p·m) = 36/(6·3) = 2	**Звезда, 3 группы**

Контрольные вопросы

1. Почему при увеличении числа полюсов растёт число витков на катушку?
2. Как влияет уменьшение внутреннего диаметра статора на допустимую мощность?
3. Можно ли использовать старую изоляцию пазов при перемотке? Почему?
4. Что будет, если при 2p = 6 взять q = 2,5 (нецелое)?
5. Почему для низкооборотных двигателей (≤ 750 об/мин) КПД обычно ниже?

Домашнее задание

Для условного двигателя с Z = 48, D_{вн} = 160 мм, l = 180 мм:

1. Определить возможные 2p (с обоснованием)
2. Рассчитать w для 750 об/мин (2p = 8) при U = 220 В
3. Оценить мощность и выбрать провод
4. Сделать вывод: «Перемотка целесообразна или лучше заменить двигатель?»

Форма: расчётный лист + краткий вывод (1 стр.).

Практическое занятие №10

Тема: *Оформление документации по профилактическим испытаниям электродвигателей и генераторов*

Цель занятия:

Освоить состав, назначение и правила заполнения основных документов, сопровождающих периодические профилактические испытания (ППИ) электродвигателей (АД, СД) и синхронных генераторов в соответствии с:

ПТЭЭП (прил. 3, п. 1.7)

ГОСТ 33634-2015 (электродвигатели)

РД 153-34.3-05-255-2003 (генераторы)

СТО 56947007-29.240.023-2020 (Единые правила ОАО «Россети»).

Научиться оформлять:

— протоколы измерений и испытаний,

— акты технического состояния,

— журналы профилактических испытаний,

— ведомости дефектов и объёмов работ.

Форма проведения

Практико-ориентированная работа в бригадах с реальными бланками и условными данными.

Акцент:

— Неисправность = авария.

— Отсутствие документа = отсутствие испытания → административная ответственность по ст. 9.11 КоАП РФ.

Оснащение занятия

Материалы	**Примечание**
Комплект бланков (печатных или цифровых):	

1. Протокол измерения сопротивления изоляции (R_{из})
2. Протокол испытания повышенным напряжением (ИО)
3. Протокол проверки цепи возбуждения (для СД/генераторов)
4. Акт технического состояния электродвигателя (форма ПЭ-02)
5. Журнал профилактических испытаний (форма ПЭ-03)
6. Ведомость дефектов и объёмов работ (форма КС-6а, адаптированная) Основа практической части

Условные данные по объектам:

— АД АИР160S4У3 (15 кВт, 380 В), после 3 лет эксплуатации

— СД СДВ-1250/6 (1250 кВт, 6 кВ), с системой возбуждения ТП-50-400

— Синхронный генератор СГ-250/4А (250 кВт, 400 В, дизель-генераторная установка)

Для заполнения документов | | Нормативные выдержки (раздаточный материал):

— ПТЭЭП, п. 1.7.14–1.7.20

— Таблица «Нормы R_{из} для АД и генераторов»

— Таблица «Сроки ППИ: 1 год — ответственные механизмы, 3 года — прочие»

Справочная поддержка

Компьютеры (по возможности) с шаблонами в Word/Excel. Для ускорения

Ход занятия

Этап	**Время**	**Деятельность преподавателя**	**Деятельность обучающихся**
1. Орг. момент + Вводный инструктаж	10 мин	— Цель: понять, **какие документы обязательны**, кто их подписывает, как хранятся	
— Напоминает:			
• ППИ проводятся до ввода в работу после ремонта и периодически (каждые 1–3 года)			
• Только аккредитованная электролаборатория имеет право оформлять протоколы с правом юридической силы			
— Демонстрирует «жизненный цикл»:			
Дефект → Испытания → Протокол → Акт → Допуск к работе	Слушают, делают схему в конспекте		
2. Разбор состава документации	15 мин	Кратко представляет 5 ключевых документов (см. таблицу ниже)	
Объясняет:			

• различие между протоколом (первичный замер) и актом (вывод комиссии)			
• ответственность за подделку подписей (ст. 327 УК РФ)			
• срок хранения: не менее 5 лет (ПТЭЭП п. 1.5.8)	Заполняют опорную таблицу (Приложение 1)		
3. Практическая часть (работа в бригадах)	50 мин	Даёт задание:	
«Оформить комплект документов по ППИ для АД (15 кВт) и синхронного генератора (250 кВт)»			
Контролирует логику, подписи, соответствие нормам	Работают в 2 бригадах:		
Бригада 1 — АД АИР160S4			
Бригада 2 — СГ-250/4А			
Выполняют:			
Измерения (условные):			
— R_{из} обмоток — мегаомметром 500 В (АД) / 2500 В (СГ)			
— R обмоток — мостом Р333			
— ИО — по нормам ПУЭ			
— Для генератора: проверка R цепи возбуждения, диодного моста			
Оформление:			
— Протоколы (3 шт. на объект)			

— Акт технического состояния (вывод: «Годен», «Ограниченно годен», «Не годен»)			
— Запись в журнал ППИ			
— Ведомость дефектов (если R_{из} < нормы)			
4. Защита и заключительный инструктаж	15 мин	— Бригады представляют комплекты (по 4–5 мин)	
— Разбор ошибок:			
• нет подписи руководителя лаборатории			
• в протоколе ИО не указана температура			
• в акте — «годен», но в протоколе R_{из} = 0,3 МОм (норма ≥ 1 МОм)			
— Вывод: «Документация — это не бумага, а доказательство безопасности»	— Сдают комплекты		
— Участвуют в обсуждении			

Приложение 1. Ключевые документы по ППИ

№	Документ	Обязателен для	Срок действия	Кто оформляет
1	Протокол измерения R_{из}	Все АД, СД, генераторы	До следующего ППИ	Электролаборатория
2	Протокол ИО повышенным напряжением	АД >1 кВ, все генераторы, СД	До след. ППИ	Электролаборатория (группа IV–V)
3	Протокол проверки цепи возбуждения	СД, синхронные генераторы	—	То же
4	Акт технического состояния (ПЭ-02)	Все электродвигатели и	До след. ППИ или ремонта	Комиссия (энергетик, механик, электрик)

		генераторы после ППИ		
5	Журнал ППИ (ПЭ-03)	Всё электрооборудование	Постоянно (5+ лет)	Ответственный за электрохозяйство

Приложение 2. Образец протокола Rиз для АД

Объект	**АД АИР160S4У3, № завод. 12578, 15 кВт, 380 В**
Дата испытания	26.11.2025
Температура	+18°C
Прибор	М4100/3, 500 В
Результаты:	
— Обмотка статора: А–В, В–С, С–А	120 МОм
— Обмотка – корпус	85 МОм
— Обмотка ротора (КЗ) – корпус	15 МОм
Норма (ПТЭЭП): R_{из} ≥ 1 МОм (до 1000 В)	Соответствует
Вывод	Изоляция удовлетворяет требованиям. Допускается к эксплуатации.
Подписи	Исполнитель _____ / Рук. лаб. _____

Приложение 3. Акт технического состояния (фрагмент)

Параметр	**Норма**	**Результат**	**Оценка**
R_{из} статора	≥ 1 МОм	85 МОм	✅
R обмоток (перекос)	≤ 2%	1,2%	✅
Вибрация (ХХ)	≤ 2,8 мм/с	2,1 мм/с	✅
Температура (30 мин)	≤ 90°C	78°C	✅
Искрение (если есть)	Отсутствует	—	—
Общий вывод			**ГОДЕН к эксплуатации**

Приложение 4. Типичные ошибки

Ошибка	**Последствия**
Протокол без указания типа прибора и даты поверки	Недействителен
В акте — «годен», но в протоколе R_{из} = 0,4 МОм	Риск КЗ → авария
Отсутствует запись в журнале ППИ	Нарушение ПТЭЭП → штраф до 50 000 руб. (ст. 9.11 КоАП)
Подпись «за всех»	Недопустимо — каждая подпись индивидуальна

Контрольные вопросы

1. Можно ли проводить ППИ без наряда-допуска? Почему?
2. Кто имеет право подписать акт технического состояния?

3. Что делать, если Rиз = 0,9 МОм (ниже нормы на 10%)?

4. Обязательно ли оформлять протокол ИО для АД 0,75 кВт, 220 В?

5. Как часто проверяют роторные контактные кольца синхронного двигателя?

Домашнее задание

Подготовить мини-комплект документов для условного объекта: СД СДВ-1250/6 (1250 кВт, 6 кВ) после капитального ремонта. Включить:

1. Титульный лист протокола Rиз (3 замера)

2. Акт технического состояния (вывод — «Ограниченно годен: требуется замена щёток»)

3. Запись в журнал ППИ (форма ПЭ-03)

4. Ведомость дефектов (1 позиция)

Формат: 1–2 страницы (рукописно или в Word).

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