

Программа ДПО «Оценка технического состояния и надежная эксплуатация силовых трансформаторов 6-750 кВ. Возможности экспертно-диагностической и информационной системы по сбору и анализу информации об эксплуатации электрооборудования»

№	Название темы, раздела темы	Кол-во часов
1	Общие вопросы диагностирование трансформаторов и применение АРГ	20
1.1	Обзор существующих методов диагностики трансформаторов и выявляемые с их помощью дефекты. Особенности, достоинства и недостатки методов. Схема выявления дефектов с ранжированием современных методов диагностики по эффективности и чувствительности в зависимости от вида дефекта	2
1.2	Современные отечественные и зарубежные тенденции диагностирования СТ (включая обзор существующей НТД, МЭК). Расширенный набор контролируемых параметров и их трендов, применяемый экспертами при оценке состояния СТ, в том числе набор диагностических параметров, применяемый экспертами ЭДИС “Альбатрос”. Особенности применения СТО 34.01-23-003-2019 при назначении периодичности АРГ и операций технического обслуживания и ремонта для силовых трансформаторов и высоковольтных вводов.	2
1.3	Анализ газов из газового реле. Особенности интерпретации результатов АРГ из газового реле согласно СТО 34.01-23-003-2019. Отечественные и зарубежные методики	2
1.4	Диагностирование РПН с помощью АРГ. Критерии оценки контактора по соотношению пар газов и превышению регламентированных значений (зарубежный опыт и НИР разработки авторов). Совместное применение 2-х методик оценки АРГ для уточнения характера и степени развития дефектов в избирателе и предизбирателе (НИР авторов).	2
1.5	Обзор параметров, контролируемых on-line. Чувствительность и диагностическая ценность параметров. Факторы, влияющие на точность измерений.	2
1.6	Практика. Отработка навыков использования современных методов анализа диагностической информации о СТ с помощью ЭДИС “Альбатрос” на реальных примерах, в том числе рассмотрение динамики развития повреждений и действий персонала по обнаружению и устранению дефекта. Изучение 30 видов характерных повреждений СТ. Типичные ошибки, допускаемые персоналом при занесении оперативной и паспортной информации, а также при анализе состояния СТ	10
1.7	Практика. Новые стандарты форм протоколов измерений. Отражение максимума аналитической информации и требования Энергонадзора. Настройка формы протокола оценки тех. состояния СТ и вводов. Возможности настройки системы на особенности филиала. Особенности работы со справочниками, в т.ч. средств измерений и взаимозаменяемости вводов.	1
2	Оценка технического состояния узлов и систем СТ, их надежность	11
2.1	Традиционные методы оценки состояния твердой изоляции. Диагностические признаки. Выявляемые дефекты. Чувствительность методов и их ограничения. Типичные ошибки проведения измерений и анализа результатов. Анализ причин повреждаемости твердой изоляции в эксплуатации.	2
2.2	Использование частотных характеристик изоляционных материалов (DFR) для оценки влагосодержания твердой изоляции. Практические аспекты диагностирования частотными методами - источники ошибок измерения. Использование зависимостей тангенса диэлектрических потерь (емкости) изоляции от напряжения и температуры для оценки технического состояния изоляции СТ и вводов. Диагностические признаки. Выявляемые дефекты. Чувствительность методов и их ограничения.	1
2.3	Опыт холостого хода. Источники ошибок при измерениях и анализе результатов. Методика размагничивания сердечника. Анализ состояния электромагнитной системы с помощью ХХ и виброобследования. Чувствительность методов и виды выявляемых дефектов. Диагностические признаки.	1
2.4	Анализ причин повреждаемости магнитопровода в эксплуатации. Сравнение магнитопроводов разной конструкции и характеристик стали. Природа усталости металла. Рост потерь холостого хода в зависимости от класса напряжения, мощности трансформатора	1

	и срока эксплуатации (по материалам НИР авторов). Новые критерии оценки ХХ на основании НИР авторов.	
2.5	Анализ причин повреждаемости обмоток трансформатора. Интенсивность повреждаемости обмоток СТ с разным сроком наработки. Чувствительность диагностических методов по выявлению дефектов обмоток.	2
2.6	Анализ повреждаемости СТ в разрезе производителей, функциональных систем трансформатора и виновников на материале разработчиков.	2
2.7.	Обзор существующих методов диагностирования устройств переключения силовых трансформаторов и выявляемые с их помощью дефекты. Чувствительность диагностических методов по выявлению дефектов РПН и ПБВ. Опыт применения прибора контроля состояния контактов и соединений в РПН высоковольтных силовых трансформаторов марки «Ганимед».	2
3	Трансформаторное масло. Природа. Получение. Эксплуатация.	15
3.1	Марки масел: классы, свойства. Структурно-групповой состав. Молекулярный состав. Химическая связь. Технологии получения трансформаторных масел. Достоинства и недостатки различных марок масел.	2
3.2	Поведение масел в эксплуатации. Регенерация трансформаторных масел, их очистка. Анализ существующих методов очистки и оборудования. Критерии принятия решений о восстановлении, доливках, замене масел.	2
3.3	Смешение разных марок трансформаторных масел. Правила смешения и существующие ограничения. Программы исследования допустимости смешения и определения пропорций масел. Поведение смесей масел в работающем оборудовании.	2
3.4	Методы испытаний трансформаторных масел.	2
3.5	Взаимодействие системы изоляции бумага-масло. Современное понимание процесса миграции воды в системе бумага-масло. Использование параметров относительного влагосодержания масла и точки росы для своевременного выбора необходимых эксплуатационных мероприятий.	2
3.6	Оценка состояния качества масла по допустимым и предельно-допустимым значениям контролируемых параметров и их трендов. Корреляция параметров качества масла. Предиктивная модель старения масла.	2
3.7	Применение коэффициента Вермана, удельного объёмного сопротивления, влагосодержания, кислотного числа и тангенса диэлектрических потерь масла для оценки качества трансформаторного масла. Многопараметрическая оценка масла с учетом взаимного влияния перечисленных факторов.	2
3.8.	Оптические характеристики масла. Отечественные и зарубежные методы контроля качества трансформаторного масла, основанные на параметрах оптического контроля. Эффективность новых параметров.	1
4.	Управление эксплуатацией парка СТ	13
4.1	Практика. Отработка навыков анализа парка СТ, стоящего на контроле в разрезе видов измерений, степени развития повреждения, структурных единиц предприятия, конструктивных особенностей, применения различных наборов критериев оценки контролируемых параметров. Аудит качества измерений и диагностических процедур, проводимых персоналом. Анализ затрат на эксплуатацию оборудования.	2
4.2	Практика. Автоматической верстки плана испытаний оборудования в ЭДИС «Альбатрос», редактирование библиотеки периодичности измерений. Предложения по набору необходимых измерений и их периодичности.	1
4.3.	Сравнительный анализ отечественных и зарубежных методик ранжирования СТ по техническому состоянию и оценок риска их отказов. Менеджмент рисков отказов электрооборудования (международные и отечественные стандарты).	1
4.4	Менеджмент рисков отказов трансформаторов. Международные и отечественные стандарты. Анализ отечественных и зарубежных методик оценок риска отказов (обобщение по материалам зарубежных конференций). Недостатки методик.	1
4.5	Практика. Использование алгоритма выбора очередности операций техобслуживания и ремонта с учетом индекса технического состояния и оценки риска повреждения трансформатора, реализованного в ЭДИС.	2

4.6	Методика анализа повреждаемость СТ, аудит обнаружения повреждений СТ. Рассмотрение характерных ошибок при анализе и обработке оперативной и паспортной информации.	2
4.7	<i>Практика.</i> Использование подсистема анализа повреждаемости оборудования при анализе актов описания дефектов на основе классификационных справочников. Навыки составление статистических и аналитических отчетов.	1
4.8	<i>Практика.</i> Методы получения критериев оценки контролируемых параметров. Расчет допустимых и предельно-допустимых значений контролируемых параметров по результатам измерений с помощью ЭДИС.	2
4.9	<i>Практика.</i> Схемы потоков информации между внутренними и внешними источниками данных. Возможности работы и настройки отдельного модуля ЭДИС «Транслятор». Синхронизации автоматического обмена информацией между управлением и филиалами с помощью расписания.	1
5	Технологии изготовления трансформаторов	10
5.1	Современные технологии изготовления трансформаторов, повышающие их ресурс.	2
5.2	Входной контроль качества материалов. Контроль соблюдения технологии изготовления. Приёмо-сдаточные испытания и специальные методы контроля, применяемые на заводе.	2
5.3	Обмен опытом выявления дефектов, применения новых методов и приборов диагностирования, контроля качества и периодичности проведения ТОиР. Обзор материалов конференций по эксплуатации СТ и узлов за последние 3 года	6
	Итого	72