


**ОАО «ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»**

СОГЛАСОВАНО


Заместитель Председателя
Правления
ОАО «ФСК ЕЭС»


В.А.Васильев

«28» 10 2005 г.

УТВЕРЖДАЮ

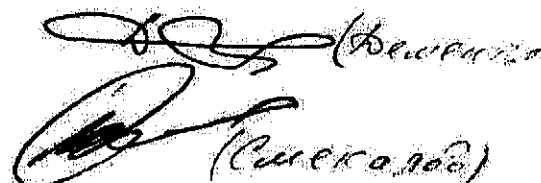
Первый Заместитель
Председателя Правления
ОАО «ФСК ЕЭС»


А.Н.Чистяков

«28» 10 2005 г.

**ТИПОВАЯ ПРОГРАММА
комплексного диагностического обследования
силовых трансформаторов (автотрансформаторов)
и шунтирующих реакторов 110-750 кВ**

Москва 2005 г.


(Исход. 100)

Содержание

	Стр.
1. Цели и задачи комплексного диагностического обследования	3
2. Анализ условий эксплуатации обследуемого трансформатора	4
3. Содержание испытаний и измерений при комплексном обследовании	5
3.1. Общие положения	5
3.2. Перечень диагностических испытаний и измерений при комплексном обследовании трансформатора	5
3.3. Перечень испытаний и измерений, проводимых при разных режимах (состояниях) трансформатора	9
4. Анализ результатов испытаний и измерений	10
5. Требования к заключению о техническом состоянии трансформатора	11
6. Метрологические вопросы проведения комплексного обследования силовых трансформаторов	11
7. Техника безопасности при комплексном обследовании	12
8. Литература	13

1. Цели и задачи комплексного диагностического обследования

Комплексное диагностическое обследование силового трансформатора (автотрансформатора) или шунтирующего реактора (далее везде – трансформатора) на номинальное напряжение 110-750 кВ проводится для получения объективной и достоверной информации о техническом состоянии всех его функциональных узлов и систем. Цель получения этой информации – разработка рекомендаций по рациональному ведению эксплуатации трансформатора, обеспечивающую высокую (требуемую) эксплуатационную надежность при оправданных затратах.

Комплексное диагностическое обследование включает:

- анализ условий эксплуатации обследуемого трансформатора на месте его установки;
- анализ особенностей конструкции обследуемого трансформатора, характерных дефектов и повреждений в трансформаторах аналогичного типа (см. Приложение 1);
- сбор и анализ результатов измерения диагностических параметров узлов и систем трансформатора при периодическом контроле за время эксплуатации;
- проведение специальных диагностических измерений и испытаний на отключенном и расшинованном трансформаторе, на трансформаторе при рабочем напряжении в режимах холостого хода и при нагрузке;
- проведение в лаборатории физико-химического анализа показателей качества масла, а также хроматографических анализов растворенных газов и фурановых соединений в масле из бака трансформатора, РПН и вводов;
- обработку и анализ результатов измерений и испытаний, выполненных в рамках комплексного обследования и полученных ранее на заводе-изготовителе, при монтаже, а также во время эксплуатации при периодическом контроле и после проведения ремонтных работ.

Заключение по результатам комплексного диагностического обследования должно содержать:

- выводы о возможности и условиях дальнейшей эксплуатации обследуемого трансформатора;
- конкретные рекомендации по объему и срокам проведения ремонтных работ (при необходимости);
- рекомендации о содержании и сроках (периодичности) контроля узлов и систем обследуемого трансформатора при последующей эксплуатации;

Комплексные диагностические обследования трансформаторов целесообразно проводить:

- после 20-25 и более лет эксплуатации, т.е. в конце нормативного срока эксплуатации, а далее (при продлении срока службы) через 10-15 лет с учетом результатов периодического контроля;

-при обнаружении негативных изменений диагностируемых параметров в рамках периодического контроля или мониторинга, а также при необходимости решения вопроса о проведении капитального ремонта.

2. Анализ условий эксплуатации обследуемого трансформатора

Условия эксплуатации трансформатора, которые характеризуются комплексом различных по содержанию параметров, решающим образом влияют на вероятность появления и темпы развития дефектов (повреждений) в отдельных узлах и системах трансформатора. Поэтому для обоснованного составления рабочей программы комплексного обследования, а затем для объяснения (обоснования) полученных результатов испытаний и измерений необходима достоверная информация об условиях работы трансформатора. Прежде всего, необходимы следующие сведения:

- суммарная продолжительность эксплуатации трансформатора (дата включения в работу, даты перерывов в работе за все время эксплуатации);
- уровни нагрузок (максимальная, минимальная, средняя за последние годы);
- температура масла в баке трансформатора при разных нагрузках и при характерных температурах окружающего воздуха;
- наибольшие длительные значения рабочего напряжения на сторонах ВН, СН и НН;
- число зафиксированных сквозных КЗ (трехфазных, однофазных), расчетные или зафиксированные значения токов КЗ;
- сведения о грозовых и внутренних (коммутационных) перенапряжениях;
- режимы работы нейтрали (для трансформаторов 110-220 кВ в настоящее время и прежние годы);
- режим работы РПН;
- результаты работы КИВ;
- тип масла в баке, в контакторе РПН и вводах;
- результаты эксплуатационных испытаний и анализов;
- даты и содержание ремонтных работ.

Кроме этого необходима информация о других особенностях эксплуатации (например, наличия летучих кислот в атмосфере, мощных выпрямительных установках вблизи трансформатора, имевших место аварийных и нештатных ситуациях: неполно фазных режимах, пожарах вблизи трансформатора, утечках масла, неправильных работах защитных и коммутационных устройств и аппаратов и т.д.), а также замеченных аномалиях в работе трансформатора (нехарактерных шумах, перегревах, искрениях по разъему бака и др.).

3. Содержание испытаний и измерений при комплексном обследовании

3.1. Общие положения

При комплексном обследовании обязательному контролю подлежат:

- твердая изоляция;
- масло из бака трансформатора, маслонаполненных вводов, бака контактора РПН, а также из бака предизбирателя для РПН типа ЗРНОА;
- обмотки (включая систему прессовки) и отводы;
- магнитная система;
- устройства РПН и ПБВ;
- вводы;
- система охлаждения (включая маслonaсосы, электродвигатели маслonaсосов и вентиляторов);
- бак трансформатора и расширитель;
- система защиты и регенерации масла;

Методики испытаний и измерений, предусмотренных настоящей Типовой программой, предполагают следующие режимы (состояния) трансформатора:

- рабочее напряжение, нагрузка вплоть до номинальной;
- рабочее напряжение, холостой ход;
- трансформатор отключен и расшинован.

Для некоторых испытаний необходимы несколько режимов, обеспечивающих разные температурные состояния или возможности подключения измерительной аппаратуры.

Последовательность необходимых режимов (состояний) трансформатора и их продолжительность определяются в каждом конкретном случае (в рабочей программе), в зависимости от целей обследования и режимных возможностей сети.

При испытаниях и измерениях, предусмотренных настоящей Типовой программой, используются сложные методики и технические средства, которые могут реализовать только высококвалифицированные специалисты – сотрудники специализированных организаций.

3.2. Перечень диагностических испытаний и измерений при комплексном обследовании трансформатора

Перечень испытаний и измерений, выполняемых при комплексном обследовании трансформатора, а также документов, регламентирующих методики проведения этих испытаний и измерений, приведены в таблицах 1 и 2. Полное наименование руководящих документов (РД) приведено в списке литературы.

В таблицу 1 не включены методы испытаний и измерений, которые могут быть выполнены только при проведении ремонтных работ, например, отбор проб изоляционной бумаги для измерения степени полимеризации; проверка бака на герметичность и др.

Таблица 1. Диагностические измерения и испытания узлов и систем трансформатора

№	Узел или система трансформатора	Содержание измерения и испытания	Документ, регламентирующий методику измерений и испытаний
1.	Твердая изоляция	Измерение $\text{tg}\delta$, R и C изоляции обмоток	[2]
Хроматографический анализ растворенных газов в масле из бака трансформатора		РД 34.46.303-89 РД 153-34.0-46.302.00	
Хроматографический анализ фурановых соединений в масле из бака трансформатора		РД 34.43.206-94	
Определение физико-химических показателей качества масла из бака трансформатора		Табл.2	
Расчетная оценка влагосодержания твердой изоляции		[7,13]	
Измерение параметров ЧР электрическим методом		[13]	
Акустическое обследование и локация ЧР		[13].	
Измерение и анализ токов абсорбции (факультативно)		[13].	
Оценка остаточного ресурса твердой изоляции (факультативно, при наличии возможности)		[13].	
2.	Масло из бака	Определение физико-химических показателей качества масла	см. табл.2
3.	Обмотки, отводы и контактная система	Измерение токов и потерь холостого хода при пониженном напряжении	[2]
Измерение сопротивлений обмоток постоянному току		[2]	
Измерение сопротивления короткого замыкания (Z_k)		[2]	
Метод низковольтных импульсов (факультативно)		[13].	
Вибрационное обследование бака трансформатора		[13]	
Измерение параметров ЧР электрическим методом		[13]	
Акустическое обследование и локация разрядов		[13]	
Тепловизионное обследование бака трансформатора и вводов		[13]	
Хроматографический анализ растворенных газов в масле из бака трансформатора		РД 34.46.303-89 РД 153-34.0-46.302.00	
4.	Магнитная система	Хроматографический анализ растворенных газов в масле из бака трансформатора	РД 34.46.303-89 РД 153-34.0-46.302.00
Измерение токов и потерь холостого хода при: а) пониженном напряжении; б) при рабочем напряжении (факультативно)		[2]	

№	Узел или система трансформатора	Содержание измерения и испытания	Документ, регламентирующий методику измерений и испытаний
		Вибрационное обследование бака трансформатора	[13]
		Тепловизионное обследование бака трансформатора	[13]
		Измерение параметров электрических разрядов	[13]
		Акустическое обследование и локация разрядов	[13]
		Измерение магнитного поля у стенки бака трансформатора (факультативно)	
		Определение физико-химических показателей качества масла из бака трансформатора	Табл.2 – п.п. 5б, 13
5.	Устройство РПН (включая масло) и ПБВ	Хроматографический анализ растворенных газов в масле из бака контактора РПН	РД 34.46.303-89 РД 153-34.0-46.302.00
		Определение физико-химических показателей качества масла из бака контактора РПН	Табл.2
		Измерение параметров электрических разрядов	[13]
		Акустическое обследование и локация разрядов	[13]
		Измерение коэффициента трансформации	[2]
		Снятие круговой диаграммы РПН	[2]
		Осциллографирование контактов РПН	[2]
6.	Вводы	Хроматографический анализ растворенных газов в масле из вводов (для маслonaполненных вводов)	РД 34.46.303-89 РД 153-34.0-46.302.00
		Определение физико-химических показателей качества масла из вводов (для маслonaполненных вводов)	табл.2
		Измерение tgδ, R и C изоляции вводов	[2]
		Измерение tgδ и C изоляции вводов под рабочим напряжением (при наличии возможности)	[2]
		Тепловизионное обследование	[13]
		Измерение параметров ЧР электрическим методом	[13]
		Акустическое обследование и локация разрядов	[13]
		Хроматографический анализ фурановых соединений в масле из вводов (для маслonaполненных вводов, факультативно)	РД 34.43.206-94
		Внешний осмотр	

№	Узел или система трансформатора	Содержание измерения и испытания	Документ, регламентирующий методику измерений и испытаний
7.	Система охлаждения, защиты и регенерации	Тепловизионное обследование	[13]
		Вибрационное обследование электродвигателей, маслонасосов и вентиляторов	[13]
		Измерение фазных токов электродвигателей, маслонасосов и вентиляторов	-
		Определение физико-химических показателей качества масла из бака трансформатора	табл.2, п.56
		Хроматографический анализ растворенных газов в масле из бака трансформатора	РД 34.46.303-89 РД 153-34.0-46.302.00
		Внешний осмотр	-

Таблица 2. Показатели качества трансформаторного масла

№	Показатель качества		Нормативный документ
1.	Пробивное напряжение		ГОСТ 6581-75
2.	Кислотное число		ГОСТ 5985-79
3.	Температура вспышки		ГОСТ 6356-75
4.	Влагосодержание		ГОСТ 7822-75 МЭК 814
5.	Содержание механических примесей	а) количественное содержание	ГОСТ 17216-2001 МЭК 970 ISO 4406: 1999 (rus/570) Приложение 2 к программе
		б) состав примесей	Приложение 2 к программе (метод мембранной фильтрации)
6.	Тангенс угла диэлектрических потерь при 20, 70 и 90°C		ГОСТ 6581-75
7.	Содержание водорастворимых кислот и щелочей		ГОСТ 6307-83
8.	Содержание антиокислительной присадки АГИДОЛ-1 (2,6-дитребутил-4-метилфенол или ионол)		РД 34.43.105-89
9.	Содержание растворенного шлама		РД 34.43.105-89
10.	Газосодержание (для герметичного оборудования)		РД 34.43.107-95
11.	Стабильность против окисления (до и после регенерации масла) (факультативно)		ГОСТ 981-75 МЭК 1125 (В)

№	Показатель качества	Нормативный документ
12.	Внешний вид и цвет (факультативно)	
13.	Плотность (факультативно)	ГОСТ 3900-85
14.	Вязкость кинематическая (факультативно)	ГОСТ 33-2000
15.	Поверхностное натяжение на границе вода-масло (факультативно)	Приложение 2 к Тип. программе
16.	Удельное объемное сопротивление (факультативно)	Приложение 2 к Тип. программе
17.	Инфракрасная спектроскопия (факультативно)	МЭК 666
18.	Стабильность против окисления по методу М.И. Шахновича (факультативно)	-

В соответствии с РД 34.43.105-89 полный анализ масла включает измерения показателей качества по п.п. 1-10 табл.2. Кроме этого по усмотрению организации, проводящей диагностическое обследование, могут быть определены и другие показатели качества трансформаторного масла.

3.3. Перечень испытаний и измерений, проводимых при разных режимах (состояниях) трансформатора

Трансформатор отключен и расшинован:

- отбор проб масла из бака трансформатора, бака контактора РПН и вводов для физико-химических и хроматографических анализов (допускается выполнение и при других режимах трансформатора при наличии технических возможностей);
- измерение тока и потерь холостого хода при пониженном напряжении;
- измерение $\tan \delta$, R и C изоляции обмоток;
- измерение абсорбционных характеристик изоляции обмоток (факультативно);
- измерение сопротивления короткого замыкания (Z_k);
- испытание обмоток трансформатора методом низковольтных импульсов (факультативно);
- измерение сопротивления обмоток постоянному току;
- расчетная оценка влагосодержания и остаточного ресурса твердой изоляции;
- измерение электрических характеристик внутренней изоляции вводов;
- измерение коэффициента трансформации (при необходимости, например, после проведения ремонтных работ);
- снятие круговой диаграммы РПН и осциллографирование контактов РПН (если есть возможность провести подслив масла из бака контакторов РПН);
- контроль РПН (ПВБ) в соответствии с инструкциями завода-изготовителя;
- вибрационное обследование электродвигателей маслонасосов и вентиляторов (допускается в режимах холостого хода и нагрузки);

- измерение фазных токов электродвигателей маслонасосов и вентиляторов (допускается и при других режимах трансформатора).

Трансформатор под рабочим напряжением, холостой ход:

- тепловизионное обследование бака и других узлов трансформатора;
- вибрационное обследование бака трансформатора;
- измерение параметров ЧР и других разрядов электрическим методом;
- акустическое обследование и локация электрических разрядов акустическим методом;
- измерение $\text{tg}\delta_1$ и C_1 изоляции вводов (при наличии возможности);
- измерение уровня магнитного поля у стенок бака (факультативно).

Трансформатор под рабочим напряжением, нагрузка:

- тепловизионное обследование бака и других узлов трансформатора;
- вибрационное обследование бака трансформатора;
- измерение параметров ЧР и других разрядов электрическим методом;
- акустическое обследование и локация электрических разрядов акустическим методом;
- измерение уровня магнитного поля у стенки бака трансформатора (факультативно).

4. Анализ результатов испытаний и измерений.

Анализ результатов испытаний и измерений, выполненных в рамках комплексного диагностического обследования трансформатора, должен включать:

- оценку точности измерений контролируемых параметров;
- сравнение результатов измерений и расчетов (косвенных оценок) с допустимыми значениями, содержащимися в нормативно-директивных документах, например, в РД 34.45-51.300-97, в ГОСТах и ТУ на силовые трансформаторы, в директивных материалах заводов-изготовителей, ПТЭ, документах МЭК;
- сравнения результатов измерений, выполненных в рамках комплексного обследования, с результатами предыдущих измерений в процессе эксплуатации и с результатами заводских и послеремонтных испытаний;
- сопоставление и проверку непротиворечивости результатов измерения контролируемых величин, имеющих общие влияющие факторы, например, результаты измерения характеристик ЧР и результаты ХАРГ, результаты измерения сопротивления R_{60} и тангенса угла диэлектрических потерь, результаты тепловизионного обследования при холостом ходе и при нагрузке и т.д.;
- оценку динамики изменения важнейших контролируемых параметров во времени (с использованием результатов ранее проводившихся измерений и расчетов параметров трендов).

5. Требования к заключению о техническом состоянии трансформатора.

Итоги комплексного диагностического обследования силового трансформатора должны содержать:

- результаты анализа условий эксплуатации трансформатора и рекомендации о целесообразном регулировании (изменении) этих условий;
- результаты анализа комплекса измеряемых в процессе эксплуатации диагностических параметров узлов и систем трансформатора;
- основные результаты измерений, испытаний и расчетов (в краткой форме, например, в виде протоколов), выполненных в рамках комплексного обследования.

На основании указанных выше результатов обследования должен быть сделан один из следующих выводов:

- о необходимости вывода трансформатора из работы и замены его новым;
- о необходимости проведения капитального ремонта или замены отдельных узлов (например, вводов);
- о наличии в трансформаторе дефектов, требующих дополнительного диагностического контроля (наблюдения) и ограничения режимов работы до выяснения причин появления дефекта и проведения ремонтных работ;
- об отсутствии в трансформаторе развивающихся дефектов, требующих проведения специальных организационно-технических мероприятий.

В двух последних случаях должны быть составлены рекомендации по объему, содержанию и периодичности контроля узлов и систем трансформатора при последующей эксплуатации.

Если рекомендуется продление эксплуатации трансформатора, желательна оценка сроков проведения следующего комплексного обследования.

6. Метрологические вопросы проведения комплексного обследования силовых трансформаторов.

6.1. Измерительные приборы, используемые при диагностическом обследовании должны проходить установленный метрологический контроль.

6.2. Физико-химические анализы должны выполняться в соответствии с российскими, а также международными стандартами. В случае отсутствия стандартов на проведение анализов в отчете (протоколе) о проведении обследования должно содержаться краткое описание используемого метода.

6.3. Проведение физико-химических анализов при рассмотрении арбитражных вопросов должно проводиться только аттестованными методами в аттестованных химических лабораториях.

7. Техника безопасности при комплексном обследовании.

7.1. Комплексные диагностические обследования проводятся бригадой, численность и состав которой определяются согласно требованиям §2.5 МПОТ (ПБ)ЭЭ [9]. Ответственный руководитель работ по согласованию с эксплуатационной организацией может быть назначен из числа специалистов проводящих обследования. Требования к ответственному руководителю, его права и обязанности определяются п. 2.1.5 МПОТ (ПБ) ЭЭ [9].

7.2. Сотрудники специализированной организации выполняющие комплексное диагностическое обследование должны пройти проверку знаний Правил безопасности [9] и других нормативно-технических документов согласно требованиям п. 1.2.5 МПОТ (ПБ) ЭЭ [9]. Проверка знаний должна осуществляться постоянно действующей комиссией по проверке знаний и норм, назначаемой руководителем организации.

Не мене трех членов комиссии по проверке знаний специализированной организации, в том числе руководящие работники этой организации, согласно п. 4.5.1 ПРП в ОЭЭ РФ [10], должны пройти проверку знаний Правил безопасности, Правил технической эксплуатации, Правил пожарной безопасности и других государственных норм и правил в органах Федеральной службы по экологическому, техническому и атомному надзору РФ.

При отсутствии постоянно действующей комиссии сотрудники организации проходят проверку знаний в органах Федеральной службы по экологическому, техническому и атомному надзору Российской Федерации (п.8.10, 8.14 ПРП в ОЭЭ РФ [10]).

Принимающая эксплуатационная организация в праве потребовать не только наличие у членов бригады, проводящей комплексное обследование, удостоверения о проверке знаний по охране труда (согласно приложению № 2 МПОТ (ПБ)ЭЭ [9]), но и копии протоколов о проверке знаний членов комиссии в органах Федеральной службы по экологическому, техническому и атомному надзору РФ (если члены бригады не проходили проверку в этой службе).

7.3. Согласно п. 1.2.3 МПОТ (ПБ)ЭЭ [9] и Приказа Министерства здравоохранения и медицинской промышленности Российской Федерации от 14 марта 1996 г. № 90 "О порядке проведения предварительных и периодических осмотров работников и медицинских регламентах допуска к профессии" все члены бригады, выполняющей комплексное диагностическое обследование, должны пройти проверку состояния здоровья и иметь документы, подтверждающие эту проверку, которые предоставляются по требованию принимающей организации.

7.4. Организация работы специалистов, проводящих диагностическое обследование, проводится в соответствии с требованиями раздела 12 ("Организация работ командировочного персонала) МПОТ (ПБ) ЭЭ [9], а также других требований этих Правил, в том числе разделов 2, 3, 5, 11, §4.1 и

§ 4,8, а также ПОТРМ-012-2000 "Межотраслевых правил по охране труда при работе на высоте".

7.5. Члены бригады, проводящие комплексное диагностическое обследование, согласно Инструкции [11] обследования, должны иметь:

- спецодежду, в том числе каски (п. 4.1 Инструкции [11]);
- необходимые электротехнические средства (раздел 2 Инструкции [10]);
- предохранительные пояса (п. 4.5 Инструкции [11]).
- индивидуальные средства защиты от электрических полей (экранирующие комплекты) при работе на трансформаторах напряжением 330 кВ и выше (раздел 3 Инструкции [11], а также закона РФ от 17 июля 1999 г № 181-ФЗ "Об основах охраны труда в Российской Федерации").

Все используемые средства защиты должны отвечать нормам и срокам эксплуатации, установленных в [11].

7.6. При работе членов бригады в непосредственной близости от бака и особенно у разъема колокола трансформатора должно учитываться допустимое время пребывания в магнитном поле при общем и локальном воздействии его на человека в соответствии с требованиями СанПин 2.2.4.723-98 [12].

Поэтому целесообразно в первые часы обследования провести измерения индукции магнитного поля у стенки бака, в том числе, у разъема колокола в зонах продолжительной работы членов бригады. Измерения следует проводить при наибольшей возможной нагрузке трансформатора.

Литература

1. РД 34.45-51.300-97. Объем и нормы испытаний электрооборудования, 6-е изд., 2001.
2. Сборник методических пособий по контролю состояния электрооборудования (под ред. Ф.Л. Когана. М.: АО «Фирма ОРГРЭС», 1998.
3. РД 34.46.303-89. Методические указания по подготовке и проведению хроматографического анализа газов, растворенных в масле силовых трансформаторов, 1990.
4. РД 153-34.0-46.302.00. Методические указания по диагностике развивающихся дефектов по результатам хроматографического анализа газов, растворенных в масле силовых трансформаторов, 2001.
5. РД 34.43.105-89. Методические указания по эксплуатации трансформаторных масел, 1995.
6. РД 34.43.206-94. Определение содержания фурановых производных методов высокоэффективной жидкостной хроматографии, 1995.
7. Сви П.М. Методы и средства диагностики оборудования высокого напряжения. – М.: Энергоиздат, 1992.
8. РД 34.43.107-95. Методические указания по определению содержания воды и воздуха в трансформаторном масле, 1996.

9. ПОТ РМ-016-2001 РД-153-34.0-03.150-00. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок (с изменениями и дополнениями, введенными с 1 июля 2003 г)
10. Правила работы с персоналом в организациях электроэнергетики Российской Федерации. Приказ Минтопэнерго России от 19.02.2000 г. № 49 (Зарегистрирован Минюстом России 16.03.2000 г. Регистрационный номер 2150.
11. Инструкция по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках (Приказ Минэнерго России от 30.06.2003 г. № 261)
12. Переменные магнитные поля промышленной частоты (50 Гц) в производственных условиях СанПин 2.2.4.723-98.
13. Отчет по договору № 2268040 «Разработка типовой программы и методики комплексных обследований трансформаторов (автотрансформаторов) и шунтирующих реакторов». Этап 4. Разработка первой и второй редакции «Типовой программы и методики комплексных обследований трансформаторов (автотрансформаторов) и шунтирующих реакторов».