

**Электротехническая
лаборатория**

Свидетельство

№ 31-020-2021 от 23.03.2021

действительно до 22.03.2024

**Общество с ограниченной
ответственностью
«Сибэнергодиагностика»**

Адрес (юр. / факт.): 630126, Новосибирская область, г.
Новосибирск, микрорайон Зеленый бор, дом 3.

Адрес почтовый: 630126, Новосибирская область,
город Новосибирск, а/я 36.

Адрес электронной почты: info@sibenedia.ru

Телефон: (383) 269-21-10

Сайт: https://sibenedia.ru

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

А.Л. Масленников

08.12.2023



(подпись / отметка ЭП)
8 декабря 2023 г.

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЁТ

Комплексное обследование силового трансформатора

1Т-40 ОП-4

ООО "ЕвразЭнергоТранс"

Дата проведения измерений:

01.11.2023

—

14.11.2023

Новосибирск 2023 г.

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

| Ф.И.О. | Должность | Вид работ |
|--------------------|---------------------|---|
| Скачков О.Л. | Ведущий инженер ЭТЛ | Измерения, анализ результатов измерений, составление технического отчёта. |
| Веретельников А.А. | Инженер ЭТЛ | Измерения, анализ результатов измерений, составление технического отчёта. |

ВЕДОМОСТЬ ПРОТОКОЛОВ ОБСЛЕДОВАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРА

| Лист | Наименование |
|-------------------------------|---|
| Лист 1.1-1.16 | Пояснительная записка |
| Протокол №СЭД-ЭТЛ-23-0073-ОТС | Сводная ведомость оценки технического состояния силового трансформатора |
| Протокол №СЭД-ЭТЛ-23-0073/ВО | Протокол проведения внешнего осмотра силового трансформатора |
| Протокол №СЭД-ЭТЛ-23-0073/ДС | Измерение диэлектрических характеристик силового трансформатора |
| Протокол №СЭД-ЭТЛ-23-0073/АЧР | Протокол измерения характеристик частичных разрядов силового трансформатора акустическим методом |
| Протокол №СЭД-ЭТЛ-23-0073/ЭЧР | Протокол измерения характеристик частичных разрядов силового трансформатора электрическим методом |
| Протокол №СЭД-ЭТЛ-23-0073/ВХ | Протокол измерения вибрационных характеристик силового трансформатора |
| Протокол №СЭД-ЭТЛ-23-0073/ТИ | Протокол стандартных испытаний и измерений |
| Протокол №СЭД-ЭТЛ-23-0073/ТО | Протокол тепловизионный контроль силового трансформатора |
| Протокол №СЭД-ЭТЛ-23-0073/МП | Протокол измерения напряженности магнитного поля трансформатора |
| Протокол №СЭД-ЭТЛ-23-0073/ОК | Протокол электронно-оптического контроля опорно-стержневой изоляции |
| Протокол №ФХ-04-21-11-23 | Протокол физико-химических испытаний трансформаторного масла |
| Протокол №ФХ-05-21-11-23 | Протокол физико-химических испытаний трансформаторного масла |
| Протокол №ХА-06-21-11-23 | Протокол хроматографического анализа растворенных в трансформаторном масле газов |
| Протокол №ХА-07-21-11-23 | Протокол хроматографического анализа растворенных в трансформаторном масле газов |

Принятые сокращения

ХАРГ – хроматографический анализ растворенных газов.

ФХА – физико-химический анализ масла.

ТА – токи абсорбции, абсорбционные характеристики.

ДС – диэлектрическая спектроскопия.

ВХ – виброхарактеристики

ДО – деформация обмоток (геометрические параметры активной части).

ЧР – частичный разряд.

ЭЧР – регистрация ЧР электрическим методом.

АЧР – регистрация ЧР акустическим методом.

ТО – тепловизионное обследование.

ОТС – оценка технического состояния.

ВО – внешний осмотр.

Введение

Целью обследования трансформатора являлась оценка его состояния, разработка на основе полученных при обследовании данных рекомендаций по дальнейшей эксплуатации и объёме необходимых ремонтных работ. Испытания и измерения в рамках комплексного обследования на месте установки проведены в несколько этапов: под нагрузкой, в режиме холостого хода и на отключённом трансформаторе.

Под нагрузкой (на холостом ходу) были выполнены измерения вибрационных характеристик, оценка работы системы охлаждения. Проведены измерения уровня и интенсивности частичных разрядов в изоляции, а также тепловизионное обследование.

На отключённом трансформаторе выполнены стандартные измерения и испытания, измерены значения токов абсорбции и диэлектрических параметров для основной изоляции трансформатора, выполнено частотное зондирование обмоток с целью оценки геометрических параметров активной части.

Работы выполнялись специалистами исполнителя с применением собственного оборудования.

Учтены материалы по замерам параметров изоляции (опыты XX, КЗ, измерение сопротивления обмоток постоянному току), а также прочие данные предоставленные эксплуатацией.

Оценка состояния трансформатора и комплектующих узлов проводится на основании:

- набора проведённых измерений различных диагностических методик;
- анализа проверок и профилактических испытаний в процессе эксплуатации;
- анализа отказов и дефектов, характерных для оборудования данного типа;
- анализа отклонений в работе;
- результатов ремонтов выполненных в процессе эксплуатации.

Методы выявления дефектов при комплексном обследовании силового трансформатора.

1. Внешний осмотр трансформатора

Внешний осмотр трансформатора проводился с целью выявления внешних дефектов, а также получения расширенной информации об объекте контроля.

2. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь, ёмкости и оценка увлажнения твёрдой изоляции активной части трансформатора и высоковольтных вводов

Снятие частотных характеристик силового трансформатора для оценки увлажнения твёрдой изоляции, измерения тангенса угла диэлектрических потерь ($\text{tg}\delta$) и ёмкости на дискретных частотах.

Прибор IDAX-300 реализует метод диэлектрической спектроскопии, который позволяет делать измерение тангенса угла диэлектрических потерь ($\text{tg}\delta$) и ёмкости на дискретных частотах от 0,0001 до 1000 Гц. Это даёт возможность определять состояние изоляции внутри трансформатора при развёртке по частоте, что обеспечивает возможность чёткого определения проблем, связанных с влажностью, загрязнением твёрдой изоляции или проводимостью масла. Полученные кривые зависимостей $\text{tg}\delta$ и ёмкости от частоты испытательного напряжения обрабатываются с помощью специализированного ПО MODS, которое позволяет определить такие важные показатели состояния изоляции трансформатора как влагосодержание бумаги и диэлектрическая проницаемость масла.

Для двухобмоточного трансформатора измерение параметров изоляции производится в следующих сочетаниях:

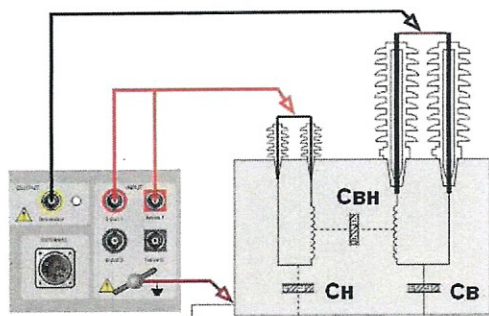
- между обмоткой высшего напряжения и заземлёнными частями трансформатора (C_v);
- между обмоткой высшего напряжения и обмоткой низшего напряжения ($C_{вн}$);
- между обмоткой низшего напряжения и заземлёнными частями трансформатора (C_n).

Схема 1

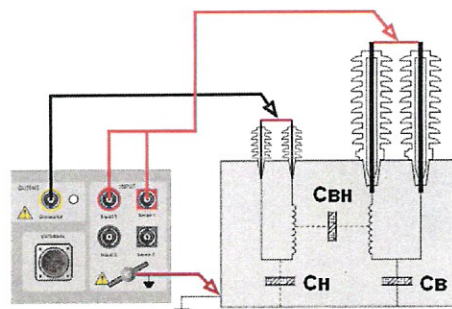
U исп. – к обмотке ВН; Uконтр. – к обмотке НН.

Схема 2

U исп. – к обмотке НН; U контр. – к обмотке ВН.



а) Схема 1



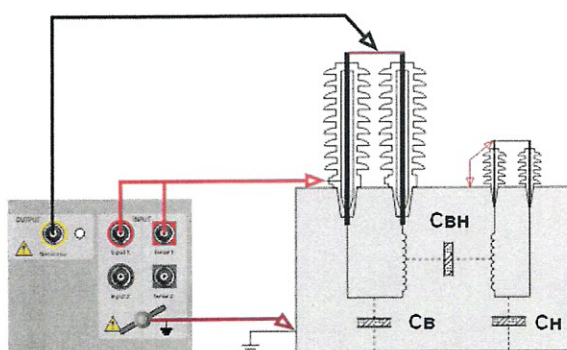
б) Схема 2

Схема измерения изоляции

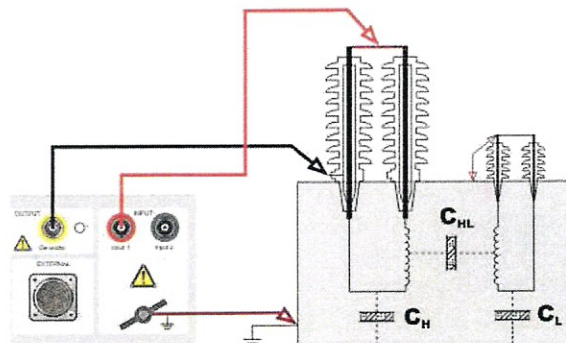
Рис. 1.

Для ввода трансформатора с измерительным выводом (ИВ) измерение параметров изоляции производится в следующих сочетаниях:

- между токоведущим стержнем и измерительным выводом ввода (основных слоёв изоляции - C1);
- между измерительным выводом и заземлённым фланцем (втулкой) ввода (изоляции последних слоёв C3).



а) Схема 3



б) Схема 4

Схема измерения изоляции

Рис. 2.

Схема 3

U исп. – к обмотке ВН; U контр. – к ИВ ввода.

Схема 4

U исп. – к ИВ ввода; U контр. – к обмотке ВН.

Моделирование для определения степени увлажнения твёрдой изоляции.

Межобмоточная изоляция трансформатора представляет собой маслобарьерную конструкцию, в которой цилиндрические барьеры фиксируются с помощью радиальных распорок (рис. 3).

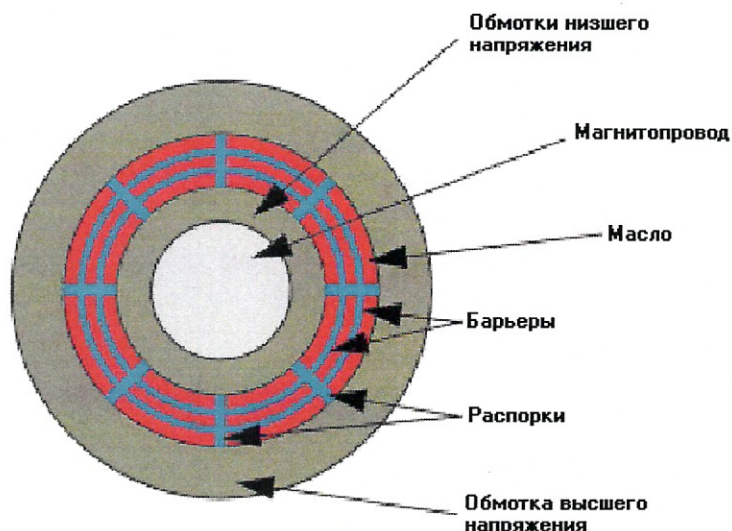


Схема межобмоточной изоляции трансформатора

Рис. 3.

Такая конструкция изоляции может быть представлена моделью «комбинированного конденсатора» (рис. 4). В «комбинированном конденсаторе» все барьеры и все распорки изоляции объединены, соответственно, в продольный и поперечный слой целлюлозы, а остальное пространство между обкладками заполнено маслом.

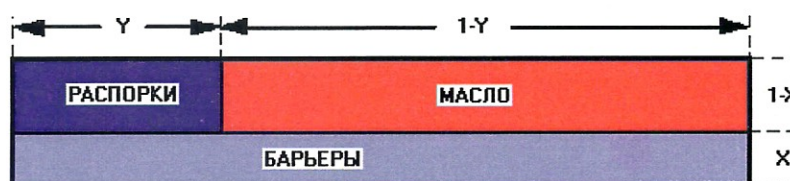


Схема модели «комбинированного конденсатора»

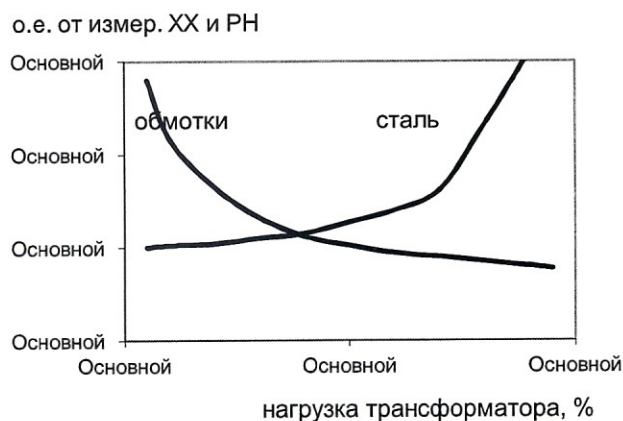
Рис. 4

Программа MODS подбирает наиболее оптимальные параметры «комбинированного конденсатора», обеспечивая наиболее точное совпадение спектрограммы модели с измеренными показателями изоляции. При этом определяется влагосодержание твёрдых слоёв изоляции (целлюлозы).

3. Измерение вибрационных характеристик

Обследование проводилось с целью определения состояния прессовки активных элементов силового трансформатора обмотки, сердечник.

Измерение вибрации производится на поверхности бака трансформатора без отключения от питающей сети. Полный цикл измерений включает в себя замеры вибрации в двух режимах – холостого хода (ХХ) и режима нагрузки (РН). Под режимом ХХ следует понимать состояние трансформатора, когда через него не происходит передача энергии. При этом, как минимум, одна сторона, ВН или СН (НН), подключена к сети и только через одну сторону протекает ток ХХ. Под РН трансформатора следует понимать такое состояние трансформатора, когда через него происходит передача энергии. Идеально, чтобы коэффициент загрузки трансформатора в этом случае был равен единице, но это не всегда возможно на практике. При изменении же коэффициента загрузки трансформатора от 20 до 100 % расчётные коэффициенты крепления меди, стали и конструкции меняются, обычно, не более чем на $\pm 4\%$; обобщённый коэффициент состояния трансформатора меняется не более чем на $\pm 2\%$.



Зависимость погрешности измерения параметров ВХ от нагрузки
Рис. 5.

Промежуток времени между замером в режиме холостого хода и замером в режиме нагрузки должен быть минимальным. Для точности расчётов приемлемо, когда оба замера ХХ и РН выполняются с интервалом в несколько часов в течении одного дня. Допустимо, когда этот промежуток не превышает одной недели.

Увеличение общей погрешности проведения диагностических расчётов с использованием одного замера вибрации, *относительно расчётов с использованием двух замеров*, можно оценить по приведённому рисунку. Чем меньше будет нагрузка

трансформатора при проведении замера, тем выше вероятность получения большей погрешности в определении параметров прессовки обмоток, и, наоборот, чем выше будет нагрузка трансформатора, тем больше вероятность погрешности в определении параметров прессовки магнитопровода. Поэтому при использовании одного замера вибрации рекомендуется нагрузка трансформатора 35–50%.

Один замер вибрации выполняется, как минимум, в четырёх точках на корпусе бака однофазного трансформатора и двенадцати точках на корпусе бака трёхфазного трансформатора. При этом количество точек измерений на баке трансформатора зависит от типа магнитопровода. Место установки вибродатчика на баке выбирается на верхней и нижней частях обмотки фазы.

Для определения точек замера и последовательности проведения в них замеров принимается несколько допущений.

- 1) Будем считать сторону, на которой расположены изоляторы наибольшего напряжения, стороной высокого напряжения (ВН), а сторону с изоляторами наименьшего напряжения – стороной низкого (НН) или среднего напряжения (СН).
- 2) Место установки датчика на корпусе бака будем выбирать так, чтобы он «акустически захватывал» часть обмотки и сердечника.

На основе анализа спектров вибросигналов, учёта мощности целых и дробных гармоник производится:

- контроль качества опрессовки обмоток по всем фазам со сторон ВН и СН (НН); при этом возможно обнаружение мест ослабления опрессовки обмоток и определение относительной степени ослабления;
- выявление общего состояния прессовки сердечника трансформатора, на ранней стадии выявление мест в сердечнике с ослаблением прессовки пакета, где в дальнейшем может возникнуть «пожар в стали»;
- выявление общего состояния элементов конструкции трансформатора посредством контроля магнитного потока по путям рассеяния обмоток.

Состояние трансформатора оценивается при помощи следующих коэффициентов состояния:

- коэффициент опрессовки обмотки K_m ;
- коэффициент прессовки активной стали K_c ;

- коэффициент состояния элементов конструкции K_k ;
- обобщённый коэффициент состояния трансформатора $K_{тр}$.

По результатам нескольких измерений возможна также оценка «скорости ухудшения состояния», численно равная интенсивности уменьшения обобщённого коэффициента состояния трансформатора, приведённая к одному месяцу [о.е./мес.].

Уменьшение коэффициента общего состояния трансформатора на величину в 0,02 за один месяц, выявленное по итогам минимум трёх замеров, говорит об интенсивном ухудшении состояния активной части.

Для всех коэффициентов заложен следующий качественный принцип, чем больше коэффициент отличается в меньшую сторону от единицы, тем хуже состояние.

Количественно приняты следующие усреднённые диапазоны технического состояния трансформатора:

- 0,9 – 1,0 – зона хорошего состояния контролируемого параметра. Зона нормальной эксплуатации;
- 0,8 – 0,9 – зона удовлетворительного состояния контролируемого параметра. Зона «тревожного» состояния трансформатора. Здесь очень важным является выявление тенденций изменения общего состояния трансформатора.
- от 0,8 и менее – зона неудовлетворительного состояния контролируемого параметра. При таком значении параметров трансформатора следует принимать решение об усиленном контроле всеми средствами, а также о проведении регламентных и ремонтных работ.

При проведении обследования учитываются:

- нагрузка трансформатора на момент обследования;
- технические параметры и конструктивные особенности трансформатора;
- температура воздуха и масла на момент обследования.

4. Проверка геометрических параметров активной части

Снятие частотных характеристик трансформатора, в основном, для проверки состояния геометрии активной части.

Анализатор частотных характеристик FRAX создан для обнаружения дефектов обмоток или магнитного сердечника в силовых трансформаторах. Система предоставляет характерные кривые Амплитудно-частотных характеристик (АЧХ), которые можно сравнивать на предмет выявления отклонений, указывающих на следующие возможные дефекты:

- Смещение сердечника
- Деформацию и смещение обмоток
- Неправильное заземление сердечника
- Частичное разрушение обмоток
- Провисание/искривление банджа
- Ослабление или повреждение креплений
- Межвитковые замыкания и обрывы

Суть метода заключается в пошаговом изменении частоты в области частот 1Гц – 10 МГц, или более узкой выбранной экспертом.

Генератор прибора FRAX выдаёт синусоидальное напряжение на заданной частоте и измеряет на двух входных каналах *Опорный* и *Измерительный* входные напряжения, амплитуду и фазу сигнала. Прибор сохраняет значения амплитуды и фазы для обоих каналов, а также отношение сигнала *измерительного* канала к *опорному*. Значения отображаются на графиках как амплитуда, фаза, импеданс (полное сопротивление), импеданс-фаза, адмиттанс (полная проводимость) и т. д. по оси абсцисс и частота по оси ординат.

Функция создания экспертных моделей позволяет вычислять практически любой параметр, основываясь на измеренных/сохранённых данных.

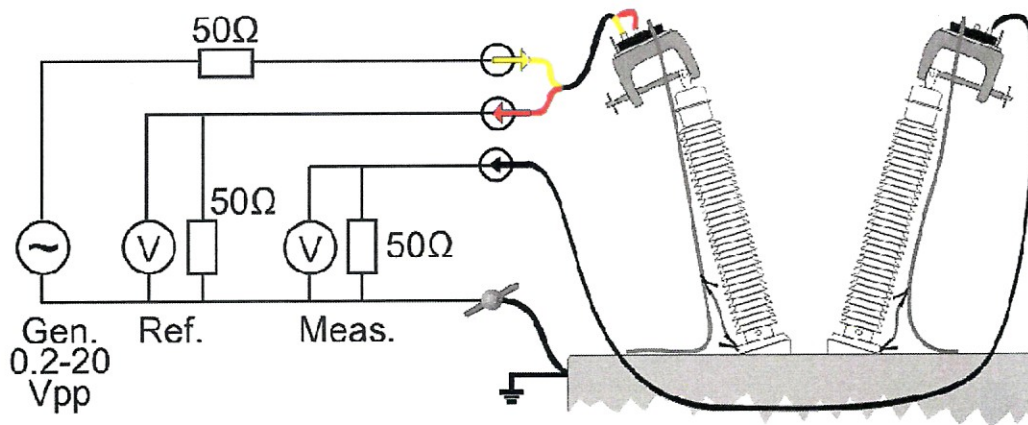


Схема подключения прибора FRAX-99 к выводам трансформатора

Рис 6.

В приборе FRAX используется гармонический корреляционный метод анализа. Это означает, что входные напряжения умножаются на синус и косинус, а затем усредняются по целому кратному за определённый период времени. Синус, косинус и приложенное напряжение имеют одинаковую частоту. Поскольку сигналы на двух входных каналах обрабатываются одновременно, разрешающая способность между этими двумя каналами очень высока.

Таблица 1.

Зависимость между относительными коэффициентами и степенью деформации обмотки трансформатора

| Степень деформации обмотки | Коэффициенты R |
|--|---|
| Серьёзная деформация (Severe Distortion) | $R_{LF} < 0.6$ |
| Явная деформация (Obvious Distortion) | $1.0 > R_{LF} \geq 0.6$ или $R_{MF} < 0.6$ |
| Лёгкая деформация (Light Distortion) | $2.0 > R_{LF} \geq 1.0$ или $0.6 \leq R_{MF} < 1.0$ |
| Нормальная обмотка (Normal) | $R_{LF} \geq 2.0$, $R_{MF} \geq 1.0$ и $R_{HF} \geq 0.6$ |
| R_{LF} – коэффициент, когда кривая находится в диапазоне низких частот (1кГц~100кГц); R_{MF} – коэффициент, когда кривая находится в диапазоне средних частот (100кГц~600кГц) R_{HF} – коэффициент, когда кривая находится в диапазоне высоких частот (600кГц~1000кГц) | |

Проводится сравнение полученного набора АЧХ для фаз «А» «В» «С» между собой и/или с АЧХ аналогичного оборудования. Если имеется ранее полученный набор АЧХ для данной единицы оборудования, то проводится сравнительный анализ непосредственно «аналогичных» измерений.

Также при экспертной оценке, для выявления дефектов используются программное обеспечение в котором реализованы *Анализатор DL/T 911*, который основан на стандарте электроэнергетической промышленности Китайской народной республики (Китай) и *Ковариационный анализ*.

5. Измерение уровня ЧР

Обследование проводится с целью обнаружения и определения местонахождения частичных разрядов (ЧР) в изоляции трансформатора и его вводов.

Регистрация ЧР электрическим методом

Определение интенсивности ЧР производилось с помощью электрического метода регистрации ЧР.

На Рис.7. приведена принципиальная схема регистрации ЧР в изоляции трансформатора.

При регистрации ЧР в изоляции трансформатора в схеме измерения использовались временные датчики, устанавливаемые в цепи заземления баков трансформаторов.

Методика регистрации ЧР состояла в исследовании измеренных сигналов с датчиков всех фаз с помощью осциллографа и автоматического регистратора.

При осциллографировании производилась фильтрация сигналов путём последовательного включения в цепь фильтров верхних частот, согласование волнового сопротивления кабеля с нагрузкой, изменения полярности и уровня запуска развёртки, масштабов по осям осциллограмм, накопление импульсов в течение определённого времени, запись и анализ отдельных импульсов и т.д.

При использовании автоматического регистратора использовался более сложный алгоритм селекции импульсов ЧР на основе физических признаков ЧР и матриц взаимного влияния сигналов между различными фазами и элементами контролируемого оборудования на уровне логики заложенный в прибор.

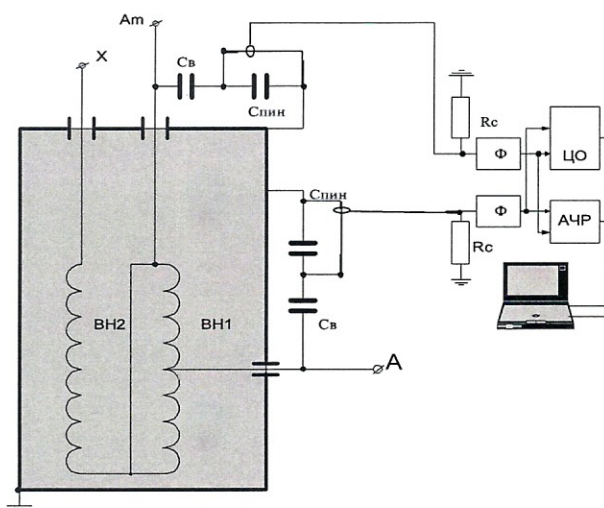


Схема регистрации ЧР для трансформатора.

ЦО – цифровой осциллограф; АЧР – цифровой регистратор-анализатор;

Рис.7.

Регистрация ЧР акустическим методом

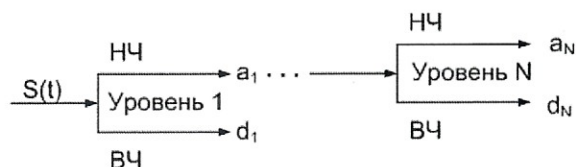
Методика акустического контроля ЧР основывается на регистрации ультразвуковой эмиссии работающего трансформатора с помощью прибора «AR200».

В качестве преобразователей акустической эмиссии (ПАЭ) используются пьезоэлектрические датчики. При обследовании ПАЭ устанавливаются на поверхность бака в местах вероятного возникновения ЧР, и ведётся поиск аномалий в

акустическом излучении. При обнаружении характерных признаков разрядов производится локация источника.

Основными признаками, позволяющими идентифицировать акустические сигналы ЧР, являются: возникновение на возрастающих четвертях периода фазного напряжения; периодичность с привязкой к промышленной частоте (0,01/0,02 с.); проявление в виде последовательностей пачек импульсов с мгновенными частотами, значительно превышающими частоты фоновых сигналов; фронт, стремящийся к бесконечно большой крутизне и др.

Результаты обследования представлены в виде наиболее характерных акустических сигналов «S». Для анализа и выявления признаков ЧР используется декомпозиция сигналов, которая заключается в их фильтрации двумя фильтрами: низкочастотным и высокочастотным. Каждый фильтр представляет собой пару наборов коэффициентов разного уровня – аппроксимирующих «a» (грубого представления сигнала) и детализирующих «d» (точного представления сигнала), причём $S = a_n + \sum_{i=1}^n d_i$. Для создания набора коэффициентов служат особые функции - компактные носители (вейвлеты). В частотной области меньшие значения индексов при «a» и «d» соответствуют высоким частотам, большие значения – низким частотам. Число необходимых уровней декомпозиции определяется по ее результатам для каждого сигнала (рис. 8.).



Вейвлет-декомпозиция сигнала.

Рис.8.

6. Тепловизионное обследование силового трансформатора

Обследование проводилось с целью контроля распределения температуры по поверхности бака трансформатора, элементов системы охлаждения, внешних контактных соединений и высоковольтных вводов.

В ходе работы осматривался силовой трансформатор. Общие картины и места вероятных дефектов фиксировались в виде термограмм (ИК-изображение) и фотоаппаратом.

Обработка результатов проводилась с использованием методик ОРГРЭС, Flir Systems и МЭК. При обследовании и расчётах учитывались: излучательная способность объектов, расстояние, токовые нагрузки оборудования.

Критерии контроля. В качестве основного нормативного документа использовался СО 34.45-52.300-97 «Объем и нормы испытаний электрооборудования».

7. Анализ документации

Проведён анализ информации, содержащейся в технической документации эксплуатации силового трансформатора на протяжении всего срока службы.

Литература

1. СО 34.45-51.300-97 (РД 34.45-51.300-97) Объем и нормы испытаний электрооборудования / Под общей редакцией Б.А. Алексеева, Ф.Л. Когана, Л.Г. Мамиконянца. –6-е изд. - М.: НЦ ЭНАС, 1998.-256с.
2. СО 34.46.302-00 (РД 153.340.46.302-00) Методические указания по диагностике развивающихся дефектов по результатам хроматографического анализа газов, растворенных в масле трансформаторного оборудования: /Разраб. ВНИИЭ/ - М., 2000.
3. Сборник методических пособий по контролю состояния электрооборудования. Раздел 2 «Методы контроля состояния силовых трансформаторов, трансформаторов, шунтирующих и дугогасящих реакторов». - М.: АО «Фирма ОРГРЭС».-1998.- 494с.
4. Сборник методических пособий по контролю состояния электрооборудования. Раздел 12 «Методы контроля состояния вводов, проходных изоляторов». - М.: АО «Фирма ОРГРЭС».-1998.- 494с.
5. Трансформаторы силовые. Измерения частичных разрядов при испытаниях напряжением промышленной частоты. Руководящие технические материалы. Главтрансформатор. РТМ ОАА.688.015 -71.
6. R.E.James, B.T.Phung. Development of Computer-based Measurements and Their Application to PD Pattern Analysis. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol.2 No.5, October 1995, pp.838-856.
7. Partial Discharges in Transformer Insulation. Task Force 15.01.04, CIGRE Session 2000.
8. Рекомендации по регистрации частичных разрядов в изоляции трансформаторного оборудования в эксплуатационных условиях, - М.: РАО «ЕЭС России», 2003.

Электротехническая лаборатория

Свидетельство

№ 31-020-2021 от 23.03.2021

действительно до 22.03.2024

Общество с ограниченной ответственностью «Сибэнергодиагностика»

Адрес (юр. / факт.): 630126, Новосибирская область, г. Новосибирск, микрорайон Зеленый бор, дом 3.

Адрес почтовый: 630126, Новосибирская область, город Новосибирск, а/я 36.

Адрес электронной почты: info@sibenedia.ru

Телефон: (383) 269-21-10

Сайт: https://sibenedia.ru


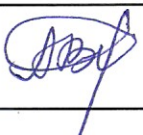
УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

А.Л. Масленников

08.12.2023

Исполнители

| | | |
|---------------------|--|--------------------|
| Ведущий инженер ЭТЛ |  | Скачков О.Л. |
| Инженер ЭТЛ |  | Веретельников А.А. |

Сводная ведомость № СЭД-ЭТЛ-23-0073-ОТС оценки технического состояния силового трансформатора

Силовой трансформатор, основная информация

| | |
|----------------------------|-----------------------------|
| Место установки | ООО "ЕвразЭнергоТранс" ОП-4 |
| Диспетчерское наименование | 1Т-40 |
| Число фаз в баке | 3 |
| Тип | ТРДН-40000/110 У1 |
| Завод-изготовитель | н/д |
| Зав.№ | 18930 |
| Год выпуска | 1989 |
| Год ввода в эксплуатацию | н/д |
| Схема и группа соединений | Ун//Д-Д-11-11 |
| Номинальная мощность, кВА | 40000 |
| Система охлаждения | М |
| Марка масла | н/д |

Высоковольтные вводы, основная информация

Сторона 110 кВ

| Фаза | А | В | С |
|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Тип ввода | ГТТБ-60-110/800 | ГТТБ-60-110/800 | ГТТБ-60-110/800 |
| Класс напряжения, кВ | 110 | 110 | 110 |
| Номер чертежа | - | - | - |
| Зав № | T93720 | T93810 | Ч29165 |
| экспл. | - | - | - |
| Тип изоляции | RIP изоляция | RIP изоляция | RIP изоляция |

Принятые сокращения:

ХАРГ – хроматографический анализ растворенных газов;

ФХА – физико-химический анализ трансформаторного масла;

ТИ – стандартные испытания и измерения;

ВО – внешний осмотр;

ДО – измерение геометрических параметров активной части трансформатора;

ЭЧР – измерение уровня и интенсивности частичных разрядов электрическим методом в изоляции;

АЧР – измерение уровня и интенсивности частичных разрядов акустическим методом;

ТО – тепловизионное обследование;

ВХ – измерение вибрационных характеристик автотрансформатора;

МП – измерение напряжённости магнитного поля.

ДС – измерение диэлектрических характеристик силового трансформатора

| | |
|--|--|
| ВО | |
| Протокол проведения внешнего осмотра силового трансформатора | |
| Бак трансформатора | Наличие продуктов коррозии на крышке бака, следы потеков масла |
| Контактные соединения | Дефектов и замечаний не обнаружено |
| Вводы НН | Загрязнение изоляции |
| Вводы ВН | Загрязнение изоляции, |
| Нейтраль ВН | Дефектов и замечаний не обнаружено |
| Система защиты трансформаторного масла | Розовый цвет силикагеля |
| Система охлаждения | Дефектов и замечаний не обнаружено |
| Другое | РУМ не подключено к цепям РЗА |
| Дефектов не обнаружено. Замечания выявлены | |

| | |
|---|-------------------------|
| ТИ | |
| Протокол стандартных испытаний и измерений | |
| Измерение сопротивления изоляции трансформатора | не соответствует |
| Выявлено снижение измеренных значений сопротивления изоляции по схеме НН1-(ВН+НН2+К) и ВН+НН1+НН2 – К свыше 50% от значений предыдущих измерений. | |
| Измерение диэлектрических характеристик трансформатора | не соответствует |
| Измеренные значения tgδ при схеме НН1-(ВН+НН2+К) и ВН+НН1+НН2 – К превышают предельно допустимую норму 1% | |
| Измерение потерь холостого хода при однофазном | соответствует |
| Дефектов не выявлено | |
| Измерение сопротивления обмоток постоянному току | соответствует |
| Дефектов не выявлено | |
| Измерение диэлектрических характеристик основной изоляции (С1) вводов 110 кВ | соответствует |
| Дефектов не выявлено | |
| Вероятность наличия дефекта | |

| | |
|--|---|
| ДС | |
| Измерение диэлектрических характеристик силового трансформатора | |
| Соответствие параметров требованиям НД | tgδ обмоток НН не соответствует требованиям НД |
| Соответствие степени увлажнения твердой изоляции требованиям НД | Соответствуют |
| Вероятность наличия дефекта | |

| | |
|--|---|
| ЭЧР | |
| Протокол измерения характеристик частичных разрядов силового трансформатора | |
| Параметры трансформаторы измеренные электрическим методом | отсутствие дефектов электрического характера в изоляции. |
| Дефектов и замечаний не обнаружено | |

| | |
|---|--|
| МП | |
| Протокол измерения магнитных полей | |
| Максимальная величина напряжённости магнитного поля не превышает санитарную норму 600 А/м, согласно РД ЭО 0410-02 (прил. Д) и СанПиН 2.2.4.1191-03 . Картина магнитного поля типичная, без локальных аномалий. | |
| Дефектов и замечаний не обнаружено | |

| |
|---|
| ОК |
| Электронно-оптический контроль опорно-стержневой изоляции |
| При детальном осмотре поверхности опорно-стержневой изоляции не выявлены коронные разряды |
| Дефектов и замечаний не обнаружено |

| | |
|--|--------------------|
| ВХ | |
| Протокол измерения вибрационных характеристик силового трансформатора | |
| состояние прессовки обмотки фазы А | удовлетворительное |
| состояние прессовки обмотки фазы В | удовлетворительное |
| состояние прессовки обмотки фазы С | удовлетворительное |
| состояние прессовки магнитопровода | хорошее |
| Согласно РД ЭО 0410-02 параметры вибрации оцениваются как | Рабочие |
| Дефектов и замечаний не обнаружено | |

| | |
|---|--|
| ТО | |
| Протокол тепловизионный контроль силового трансформатора | |
| Бак трансформатора | Распределение температуры по поверхности без аномалий |
| Контактные соединения | Дефектов не выявлено |
| Вводы НН | Температурных аномалий не обнаружено |
| Вводы ВН | Температурных аномалий не обнаружено |
| Вводы СН | Аномальных нагревов не обнаружено |
| Система охлаждения | Дефектов не выявлено |
| Термосифонный фильтр | Дефектов не выявлено |
| Расширительный бак | Дефектов не выявлено |
| Выхлопная труба | Дефектов не выявлено |
| Термоконтроль | Термосигнализатор адекватно отражает температуру верхних слоёв масла в данном температурном режиме работы трансформатора |
| Маслоуказатель на расширителе | Дефектов не выявлено |
| Прочие элементы и узлы | Замечаний нет. |
| Дефектов и замечаний не обнаружено | |

| | |
|---|--|
| ХАРГ (бак) | |
| Протокол хроматографический анализа трансформаторного масла | |
| Результаты испытаний соответствуют требованиям РД 153-34.0-46.302-00 по граничным концентрациям газов, растворенных в трансформаторном масле | |
| Дефектов и замечаний не обнаружено | |

| | |
|---|--|
| ФХА (бак) | |
| Протокол физико-химический анализ трансформаторного масла | |
| Результаты испытаний соответствуют требованиям СТО 34.01-23.1-001-2017 | |
| Дефектов и замечаний не обнаружено | |

| | |
|---|--|
| ХАРГ (РПН) | |
| Протокол хроматографический анализа трансформаторного масла (РПН) | |
| Нормы по ХАРГ для масла баков РПН отсутствуют, результаты испытаний сравнивались с граничными концентрациями растворённых в трансформаторном масле газов для баков трансформаторов (СО 34.46.302-00) | |
| Дефектов и замечаний не обнаружено | |

| | |
|---|--|
| ФХА (РПН) | |
| Протокол физико-химический анализ трансформаторного масла (РПН) | |
| Результаты испытаний соответствуют требованиям СТО 34.01-23.1-001-2017 | |
| Дефектов и замечаний не обнаружено | |

Заключение**СИЛОВОЙ ТРАНСФОРМАТОР 1Т-40 НАХОДИТСЯ В
УХУДШЕННОМ СОСТОЯНИИ**

Общее техническое состояние трансформатора рабочее. Основные параметры находятся в пределах установленных НТД, кроме:

1. Выявлено снижение измеренных значений сопротивления изоляции по схеме НН1-(ВН+НН2+К) и ВН+НН1+НН2 – К свыше 50% от значений предыдущих измерений.
2. Измеренные значения $\tan \delta$ при схеме НН1-(ВН+НН2+К) и ВН+НН1+НН2 – К превышают предельно допустимую норму 1%

Также выявлены следующие замечания:

1. Наличие продуктов коррозии на крышке бака, следы потеков масла на крышке бака трансформатора;
2. Увлажнение силикагеля воздухоосушительного фильтра;
3. Загрязнение фарфора вводов ВН и НН;
4. РУМ не подключено к цепям РЗА.

Рекомендации

Трансформатор может эксплуатироваться в нормальном режиме .

Держать на контроле сопротивление изоляции и $\tan \delta$ по схеме НН1-(ВН+НН2+К) и ВН+НН1+НН2 – К - 1 раз в 6 месяцев.

1. Восстановить ЛКП поверхности бака;
2. Выполнить замену силикагеля ВОФ;
3. Очистить поверхность фарфоровых изоляторов.

Электротехническая лаборатория

Свидетельство

№ 31-020-2021 от 23.03.2021

действительно до 22.03.2024

Общество с ограниченной ответственностью «Сибэнергодиагностика»

Адрес (юр. / факт.): 630126, Новосибирская область, г. Новосибирск, микрорайон Зеленый бор, дом 3.

Адрес почтовый: 630126, Новосибирская область, город Новосибирск, а/я 36.


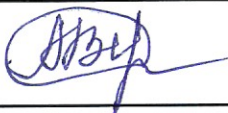
Адрес электронной почты: info@sibenedia.ru

Телефон: (383) 269-21-10

Сайт: https://sibenedia.ru

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
А.Л. Масленников
08.12.2023

Исполнители

| | | |
|---------------------|--|--------------------|
| Ведущий инженер ЭТЛ |  | Скачков О.Л. |
| Инженер ЭТЛ |  | Веретельников А.А. |

ПРОТОКОЛ № СЭД-ЭТЛ-23-0073/ВО

Проведения внешнего осмотра силового трансформатора

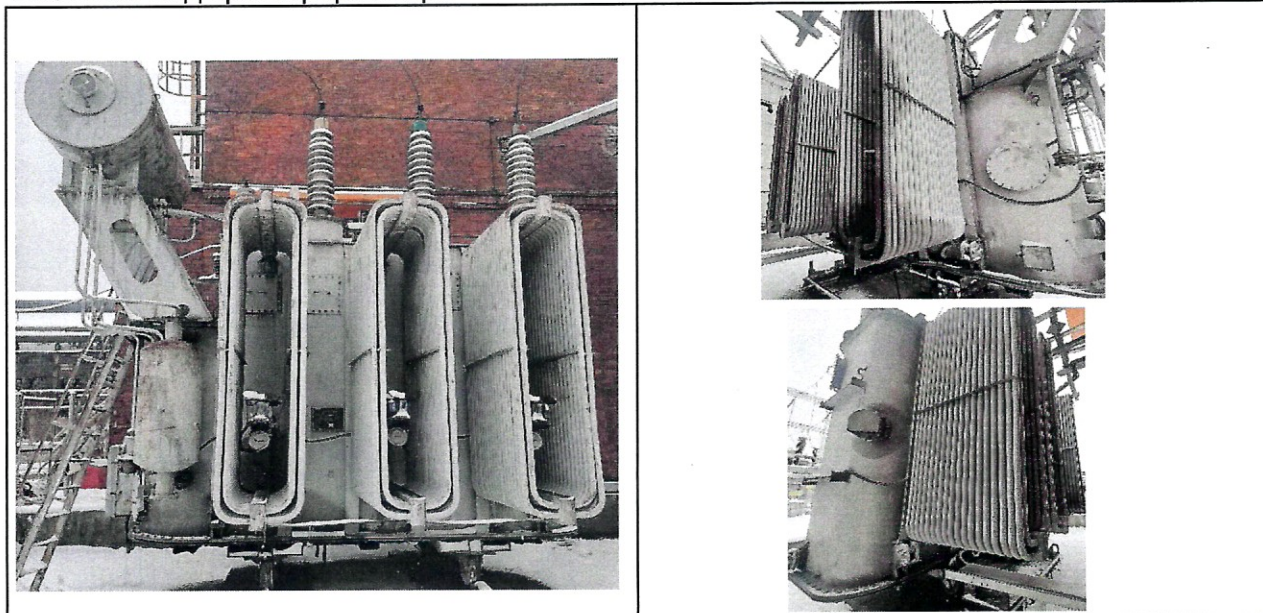
| № п.п. | Тип | Заводской № | Год выпуска / ввода в эксп. | Класс напр., кВ | Марка масла |
|--------|-------------------|-------------|-----------------------------|-----------------|-------------|
| 1 | ТРДН-40000/110 У1 | 18930 | 1989 / н/д | 110 | н/д |

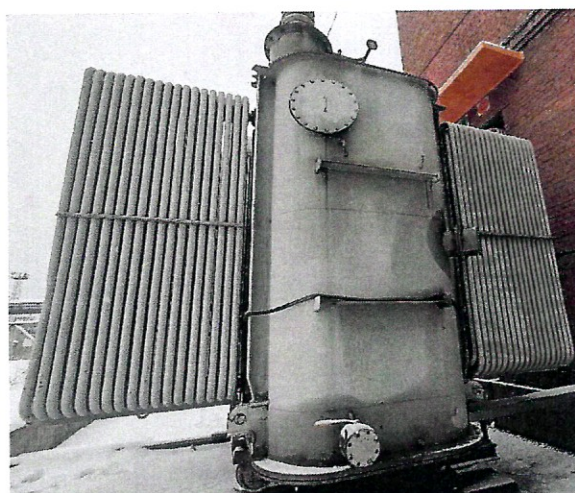
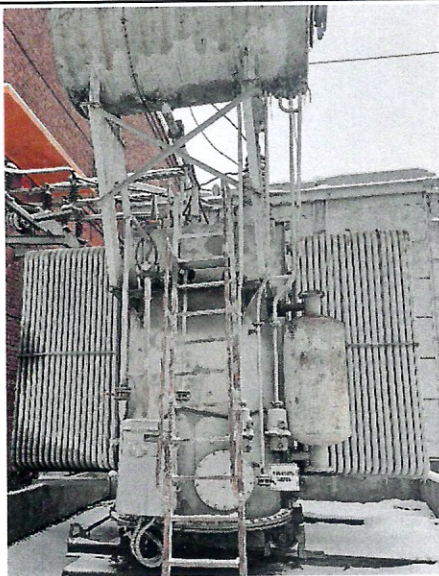
Дата проведения осмотра

01.11.2023

Результаты осмотра

Внешний вид трансформатора





Состояние
Удовлетворительное

Вводы ВН



Фаза А



Фаза В



Фаза С

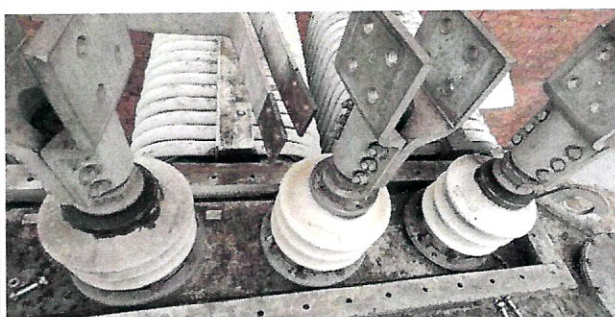
Состояние
Загрязнение изоляции

Вводы НН

НН1



НН2



Состояние
Загрязнение изоляции

Нейтраль ВН



Состояние

Загрязнение изоляции

Заводская табличка



Состояние

Удовлетворительное

Указатели уровня масла

| | | |
|-----|---|-------------------------------|
| Бак |  | Состояние |
| | | РУМ не подключено к цепям РЗА |
| РПН |  | Состояние |
| | | РУМ не подключено к цепям РЗА |

Крышка бака трансформатора

| | |
|--|----------------------------|
|  | Состояние |
| | Наличие продуктов коррозии |

ВОФ

| | |
|---|---------------------|
|  | Состояние |
| | Силикагель: Розовый |

Бак трансформатора

Крышка бака трансформатора

| | |
|----------------------------------|---------------------------------------|
| Наличие продуктов коррозии | Наличие продуктов коррозии |
| Наличие следов подтекания масла | Следы подтекания масла на крышке бака |
| Наличие механических повреждений | Нет |

| | |
|--|----------------------|
| Бак трансформатора | |
| Наличие несоответствия обозначения и номера диспетчерскому | Нет |
| Отсутствует или нечитаема Заводская табличка | Нет |
| Наличие продуктов коррозии | Нет |
| Наличие следов подтекания масла | Нет |
| Наличие механических повреждений | Нет |
| Заземляющее устройство | |
| Наличие дефектов цепи заземления | Нет |
| Наличие продуктов коррозии | Нет |
| Ослабление контактных соединений | Нет |
| Фундамент | |
| Несоответствие положения трансформатора на фундаменте требованиям НТД | Нет |
| Отсутствие гравийной подсыпки | Нет |
| Вводы | |
| Контактные соединения | |
| Следы перегревов болтовых соединений | Нет |
| Нарушения исполнения контактного перехода | Нет |
| Вводы НН | |
| Загрязнение | Загрязнение изоляции |
| Трещины и сколы | Нет |
| Наличие следов подтекания масла | Нет |
| Дефекты измерительного вывода (ИВ) | Нет |
| Вводы ВН | |
| Загрязнение | Загрязнение изоляции |
| Трещины и сколы | Нет |
| Наличие следов подтекания масла | Нет |
| Дефекты измерительного вывода (ИВ) | Нет |
| Нейтраль ВН | |
| Загрязнение | Загрязнение изоляции |
| Трещины и сколы | Нет |
| Наличие следов подтекания масла | Нет |
| Дефекты измерительного вывода (ИВ) | Нет |
| Система защиты трансформаторного масла | |
| Маслорасширитель | |
| Несоответствие уровня масла температурному режиму в основном отсеке маслорасширителя | Нет |
| Несоответствие уровня масла температурному режиму в отсеке РПН маслорасширителя | Нет |
| Наличие следов подтекания масла | Нет |
| Наличие воздуха в газовом реле | Нет |
| Воздухоосушитель основного отсека маслорасширителя | |
| Цвет силикагеля | Розовый |
| Отсутствие масла в масляном затворе | нет |
| Несоответствие количества адсорбента объёму | нет |

Контрольные приборы

| № | Наименование оборудования | Тип | Заводской номер | Диапазон измерений | Погрешность | Дата поверки | Дата след. поверки |
|---|---------------------------|-------|-----------------|--------------------|-------------|--------------|--------------------|
| 1 | Фотоаппарат Кэнон | SX100 | 143128 | н/д | н/д | не треб. | не треб. |

Измерения проводились при:

| | |
|-----------------------|----|
| Температура ОС, °С | -3 |
| Влажность, % | 55 |
| Температура масла, °С | 30 |

Заключение**Наличие дефектов и замечаний**

| | |
|---|---|
| Бак трансформатора | Наличие продуктов коррозии на крышке бака, следы потеков масла |
| Контактные соединения | Дефектов и замечаний не обнаружено |
| Вводы ВН | Загрязнение изоляции, |
| Вводы НН | Загрязнение изоляции |
| Система защиты трансформаторного масла | Маслорасширитель : Дефектов и замечаний не обнаружено Воздухоосушитель основного отсека маслорасширителя, выявлено замечание: Увлажнение силикагеля. цвет силикагеля - розовый |
| Система охлаждения | Дефектов и замечаний не обнаружено |
| Другое | РУМ не подключено к цепям РЗА |

Электротехническая лаборатория

Свидетельство

№ 31-020-2021 от 23.03.2021

действительно до 22.03.2024

Общество с ограниченной ответственностью «Сибэнергодиагностика»

Адрес (юр. / факт.): 630126, Новосибирская область, г. Новосибирск, микрорайон Зеленый бор, дом 3.

Адрес почтовый: 630126, Новосибирская область, город Новосибирск, а/я 36.

Адрес электронной почты: info@sibenedia.ru

Телефон: (383) 269-21-10

Сайт: https://sibenedia.ru


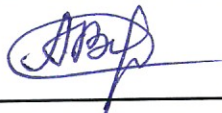
УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

И.А.Самарцева

08.12.2023

Исполнители

| | | |
|---------------------|--|--------------------|
| Ведущий инженер ЭТЛ |  | Скачков О.Л. |
| Инженер ЭТЛ |  | Веретельников А.А. |

ПРОТОКОЛ № СЭД-ЭТЛ-23-0073/ДС

Измерение диэлектрических характеристик силового трансформатора

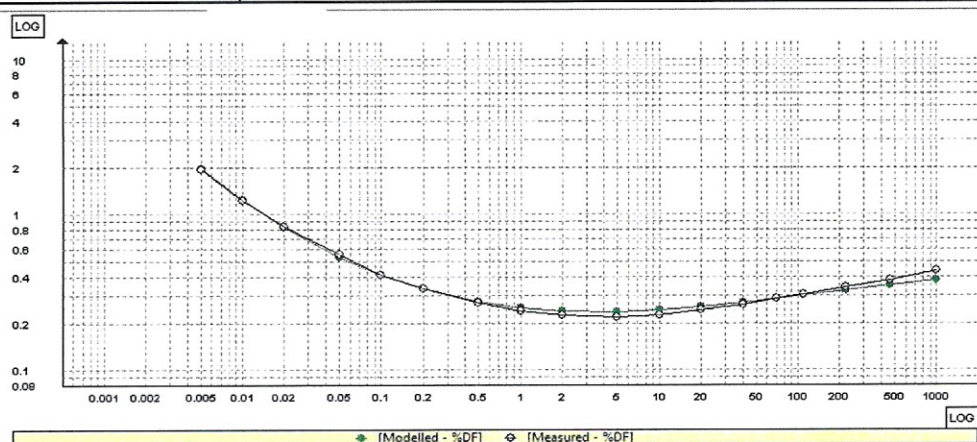
| № п.п. | Тип | Заводской № | Год выпуска / ввода в эксп. | Класс напр., кВ | Марка масла |
|--------|-------------------|-------------|-----------------------------|-----------------|-------------|
| 1 | ТРДН-40000/110 У1 | 18930 | 1989 | 110 | н/д |

| | |
|----------------|------------|
| Дата испытаний | 01.11.2023 |
|----------------|------------|

Результаты испытаний

| | |
|-------------------------------|--|
| Испытываемые участки изоляции | |
|-------------------------------|--|

| Результаты определения степени увлажнения твёрдой изоляции | |
|--|------------|
| tgδ прив. к 20°C, % | 0,29 |
| Проводимость прив. к 25°C, пС/м | 0,006 |
| Влагосодержание твёрдых слоёв изоляции, % массы | 0,6 |
| Зависимость tgδ от частоты (обмотка-обмотка) | |
| Участок изоляции | Свн |
| Цвет на графике | зеленый |
| Частотный диапазон, Гц | 0,002-1000 |



Контрольные приборы

| № | Наименование | Тип | Заводск | Диапазон | Погрешность | Дата | Дата след. |
|---|--------------------------|----------|---------|------------------------------|-------------|------------|------------|
| 1 | Диагностический комплекс | IDAX-300 | 2101056 | 10 пФ-100 мкФ 0-10% (tgδ) | ±5% | 10.12.2021 | 09.12.2023 |

Измерения проводились при:

| | |
|-----------------------|----|
| Температура ОС, °C | 4 |
| Влажность, % | 60 |
| Температура масла, °C | 25 |

Заключение:

Трансформатор испытан.

| | |
|---|--|
| Соответствие параметров требованиям РД 34.45-51.300-97 | tgδ обмоток НН не соответствует требованиям НД |
| Соответствие степени увлажнения твердой изоляции требованиям РД 34.45-51.300-97 | Соответствуют |

Электротехническая лаборатория

Свидетельство

№ 31-020-2021 от 23.03.2021

действительно до 22.03.2024

Общество с ограниченной ответственностью «Сибэнергодиагностика»

Адрес (юр. / факт.): 630126, Новосибирская область, г. Новосибирск, микрорайон Зеленый бор, дом 3.

Адрес почтовый: 630126, Новосибирская область, город Новосибирск, а/я 36.

Адрес электронной почты: info@sibenedia.ru

Телефон: (383) 269-21-10

Сайт: https://sibenedia.ru



УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

А.Л. Масленников

08.12.2023

Исполнители

| | | |
|---------------------|--|--------------------|
| Ведущий инженер ЭТЛ | | Скачков О.Л. |
| Инженер ЭТЛ | | Веретельников А.А. |

ПРОТОКОЛ № СЭД-ЭТЛ-23-0073/АЧР

Измерение характеристик частичных разрядов трансформатора акустическим методом

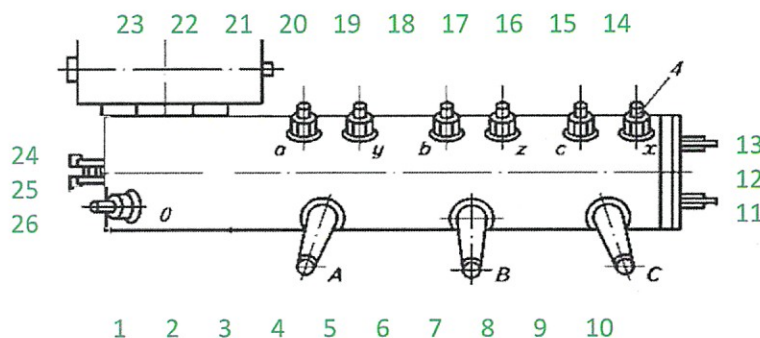
| № п.п. | Тип | Заводской № | Год выпуска / ввода в эксп. | Класс напр., кВ | Марка масла |
|--------|-------------------|-------------|-----------------------------|-----------------|-------------|
| 1 | ТРДН-40000/110 У1 | 18930 | 1989 / н/д | 110 | н/д |

| | |
|----------------|------------|
| Дата испытаний | 01.11.2023 |
|----------------|------------|

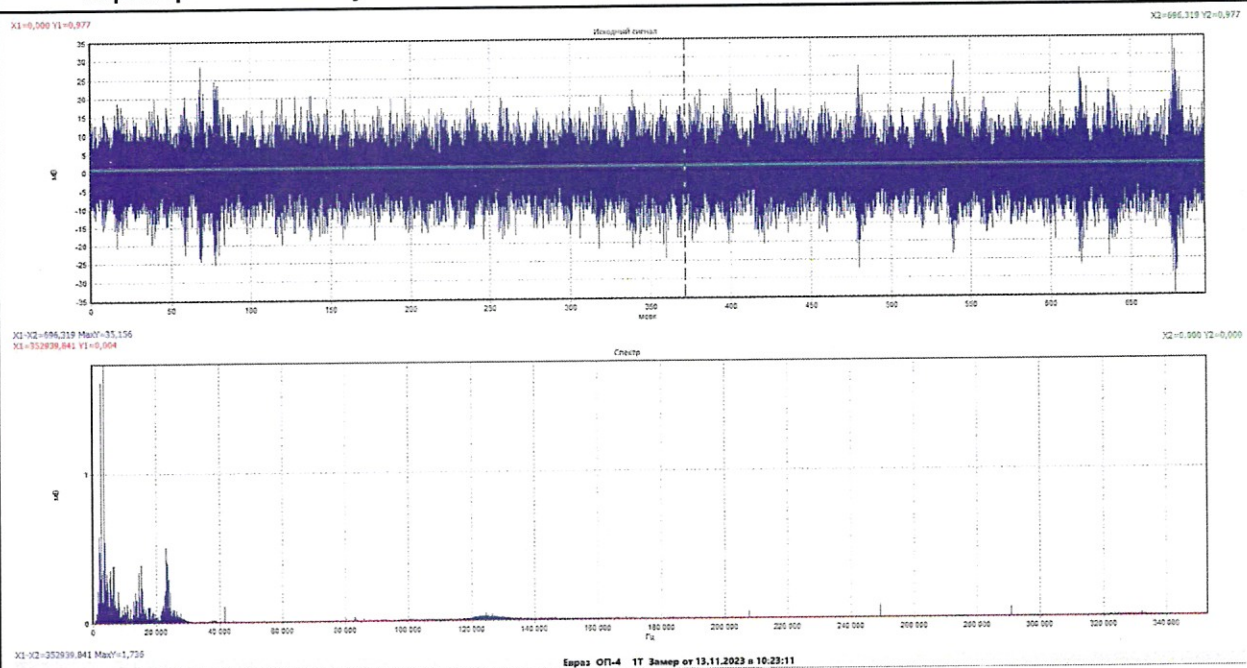
Результаты испытаний

Точки установки датчика по периметру бака трансформатора:

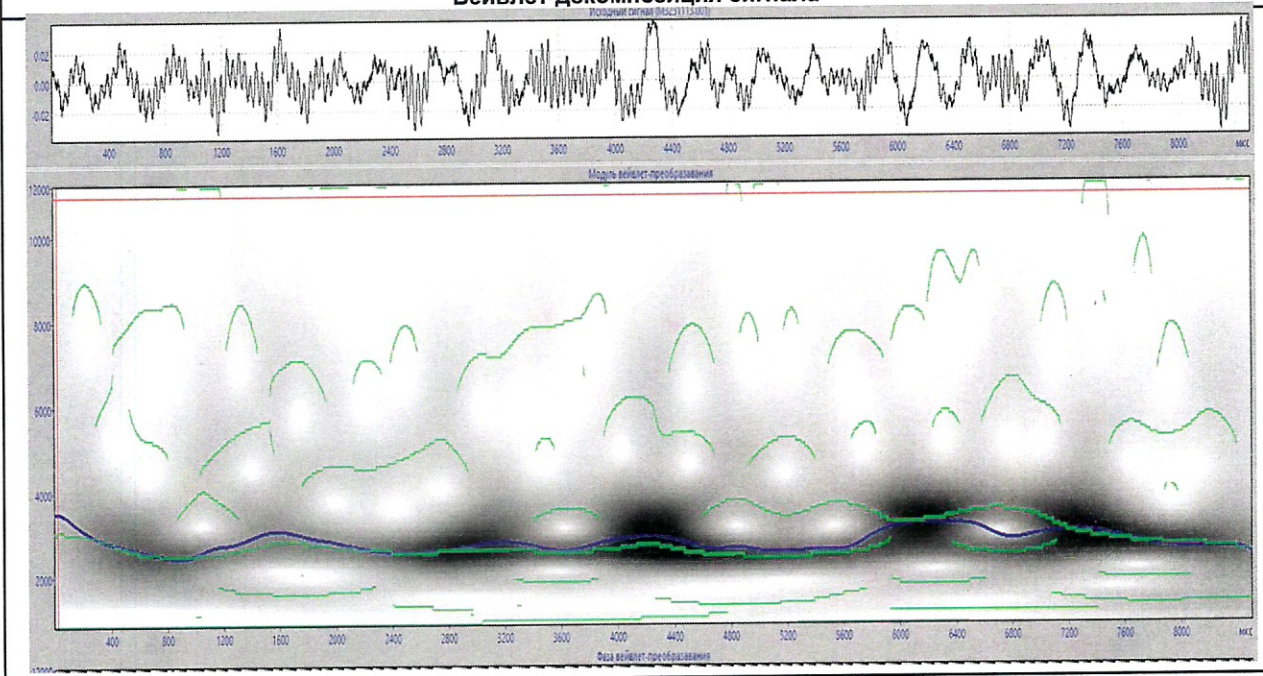
Всего выполнено по 26 измерений по периметру бака на 2-х уровнях.

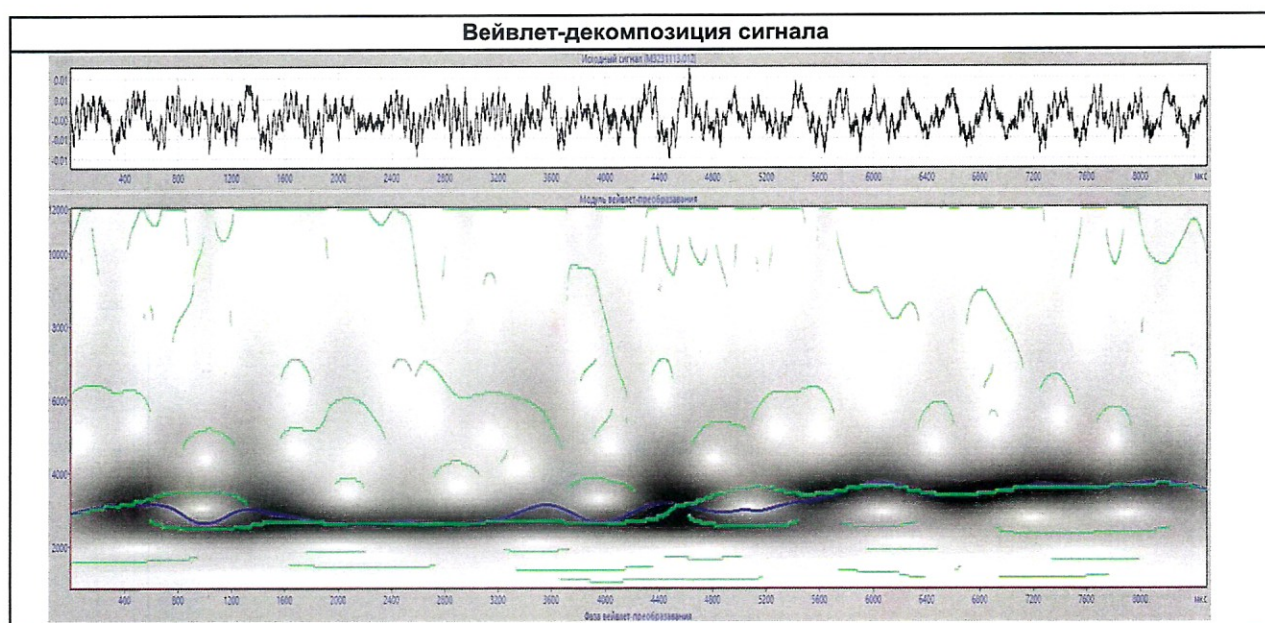
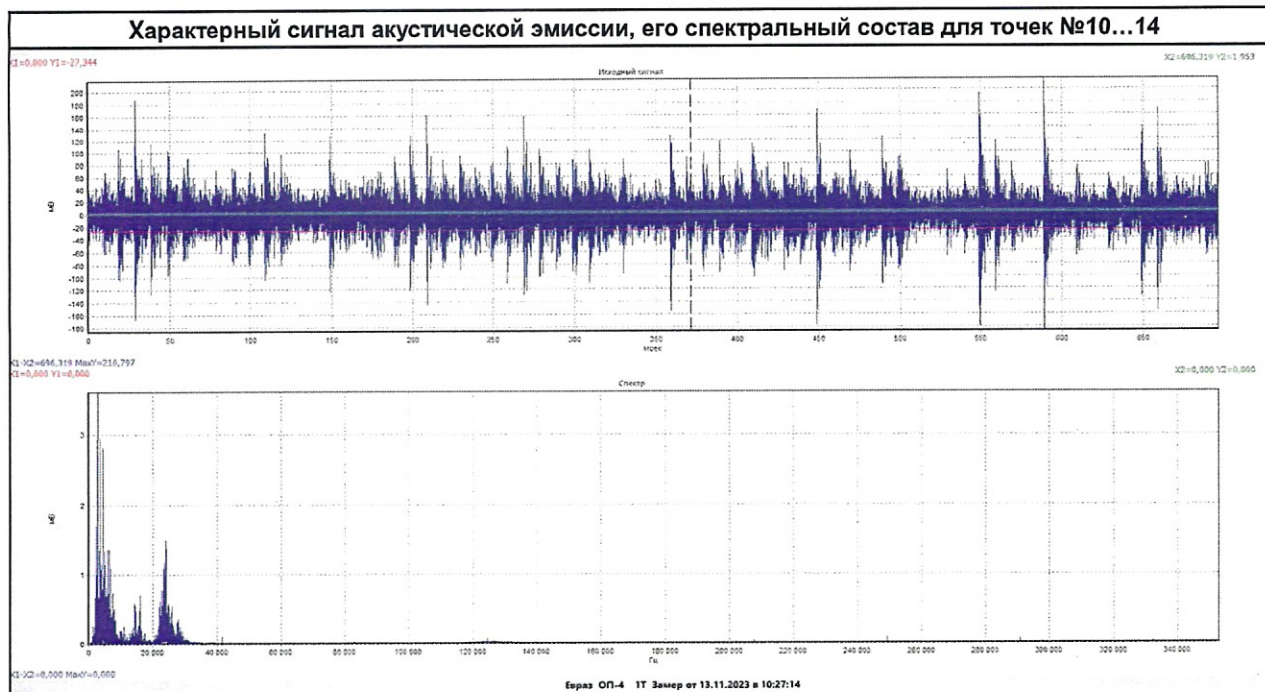


Характерный сигнал акустической эмиссии, его спектральный состав для точек №1...9, 15...26



Вейвлет-декомпозиция сигнала





Контрольные приборы

| № | Наименование | Тип | Заводск | Диапазон | Погрешность | Дата | Дата |
|---|--|--------|---------|------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | Регистратор-анализатор акустических сигналов | AR-200 | 15 | 30-300 кГц | 0% | не требует. | не требует. |

Измерения проводились при:

| | |
|-----------------------|----|
| Температура ОС, °C | 4 |
| Влажность, % | 60 |
| Температура масла, °C | 25 |

Заключение:

Трансформатор испытан.

| | |
|----------------------------------|---------|
| Согласно РД ЭО 0410-02 (прил. В) | |
| параметры ЧР оцениваются как | рабочие |




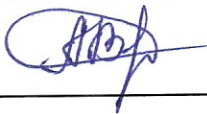
УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

А.Л. Масленников

08.12.2023

Исполнители

| | | |
|---------------------|---|--------------------|
| Ведущий инженер ЭТЛ |  | Скачков О.Л. |
| Инженер ЭТЛ |  | Веретельников А.А. |

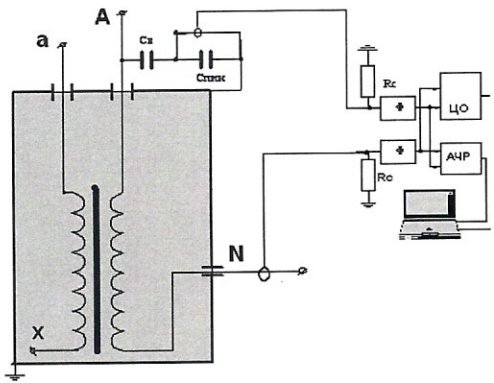
ПРОТОКОЛ № СЭД-ЭТЛ-23-0073/ЭЧР

Измерение характеристик частичных разрядов трансформатора электрическим методом

| № п.п. | Тип | Заводской № | Год выпуска / ввода в эксп. | Класс напр., кВ | Марка масла |
|--------|-------------------|-------------|--------------------------------|--------------------|-------------|
| 1 | ТРДН-40000/110 У1 | 18930 | 1989 / н/д | 110 | н/д |

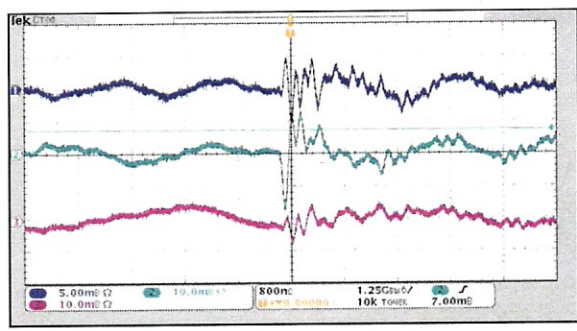
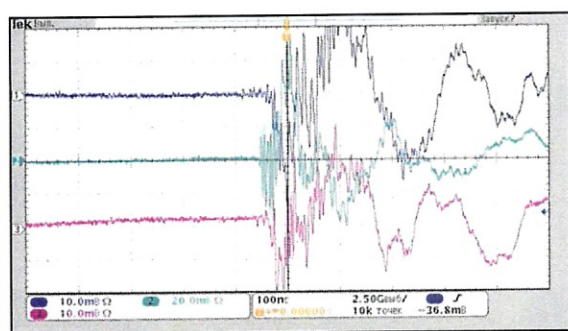
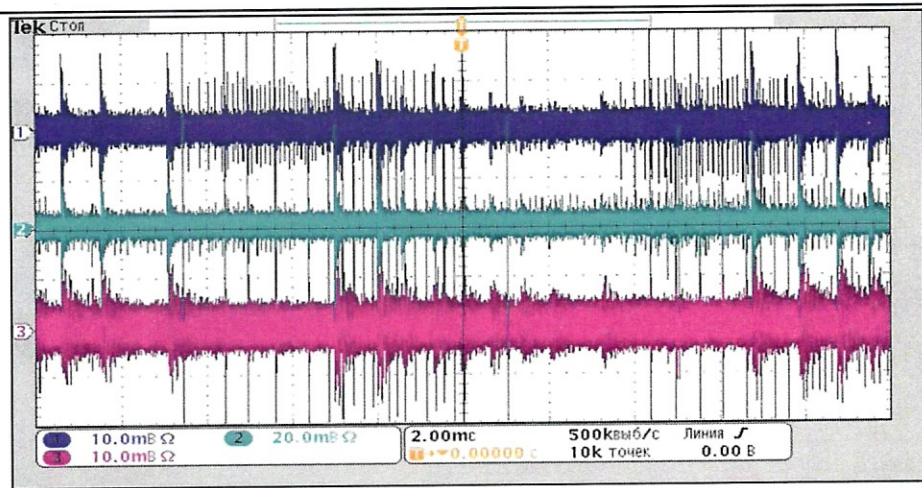
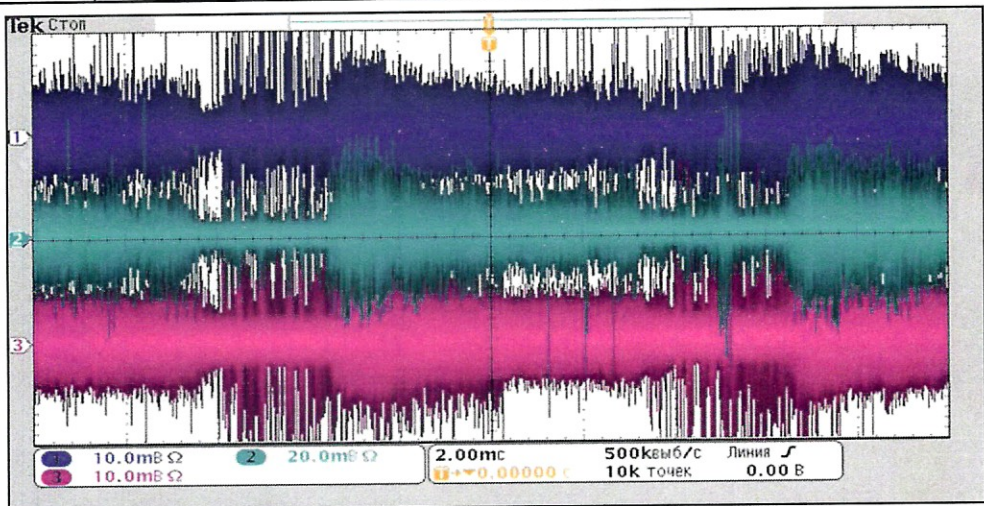
| | |
|----------------|------------|
| Дата испытаний | 14.11.2023 |
|----------------|------------|

Результаты испытаний

| Расстановка датчиков ЧР | | |
|--|--------|---------------------------|
| Тип датчика ЧР | RFCT-5 | Датчики в цепи заземления |
|  | | |

Осциллографирование

| Осциллографирование: характерные накопительные осциллограммы | | | |
|--|-----|------------------------------------|--|
| Канал измерения осциллографа | CH1 | датчик на ИВ ввода 110 кВ фазы «А» | |
| | CH2 | датчик на ИВ ввода 110 кВ фазы «В» | |
| | CH3 | датчик на ИВ ввода 110 кВ фазы «С» | |
| | CH4 | - | |



Сводная таблица результатов регистрации ЧР

| Узел трансформатора | Фаза | Измеренный кажущийся заряд, нКл | Граничное значение кажущегося заряда, нКл |
|---------------------|------|---------------------------------|--|
| Сторона ВН | | | |
| Обмотка | A | <1 | ≥ 1 – дефектное сост. ≥ 5 – разв.дефект |
| | B | <1 | |
| | C | <1 | |
| Ввод ВН | A | <0,1 | ≥ 1 – дефектное сост. ≥ 5 – разв.дефект |
| | B | <0,1 | |
| | C | <0,1 | |

Контрольные приборы

| № | Наименование | Тип | Заводс | Диапазон | Погрешность | Дата | Дата |
|---|--|----------|---------|------------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | Регистратор-анализатор акустических сигналов | AR-200 | 15 | 30-300 кГц | 0% | не требует. | не требует. |
| 2 | Цифровой осциллограф | TPS 2024 | C022866 | 2,5нс - 50с /дел | ± 0,005 % | 26.12.2022 | 25.12.2023 |

Измерения проводились при:

| | |
|-----------------------|----|
| Температура ОС, °С | -3 |
| Влажность, % | 55 |
| Температура масла, °С | 30 |

Заключение:

Трансформатор испытан.

| | |
|--|--|
| Сигналов, однозначно удовлетворяющих признакам ЧР, в изоляции обмоток | не зарегистрировано |
| Сигналов, удовлетворяющих признакам ЧР, в изоляции вводов 110 кВ | не зарегистрировано |
| Сигналы, приведённые на осциллограммах, относятся к внешним помехам и короне на ошиновке | |
| Согласно РД ЭО 0410-02 (прил. Б) параметры ЧР указывают на | отсутствие дефектов электрического характера в изоляции. |
| | |

**Электротехническая
лаборатория**
Свидетельство
№ 31-020-2021 от 23.03.2021
действительно до 22.03.2024

Общество с ограниченной
ответственностью
«Сибэнергодиагностика»

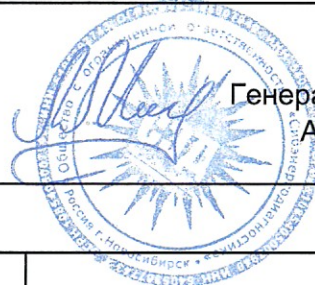
Адрес (юр. / факт.): 630126, Новосибирская область, г.
Новосибирск, микрорайон Зеленый бор, дом 3.

Адрес почтовый: 630126, Новосибирская область,
город Новосибирск, а/я 36.

Адрес электронной почты: info@sibenedia.ru

Телефон: (383) 269-21-10

Сайт: https://sibenedia.ru



УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

А.Л. Масленников

08.12.2023

Исполнители

| | | |
|---------------------|--|--------------------|
| Ведущий инженер ЭТЛ | | Скачков О.Л. |
| Инженер ЭТЛ | | Веретельников А.А. |

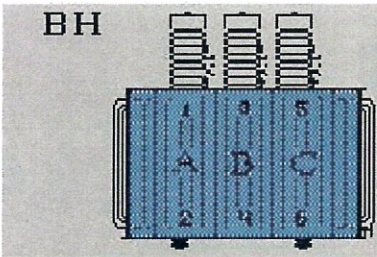
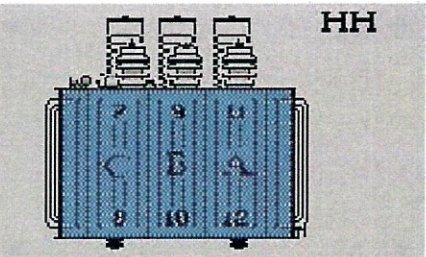
ПРОТОКОЛ № СЭД-ЭТЛ-23-0073/ВХ

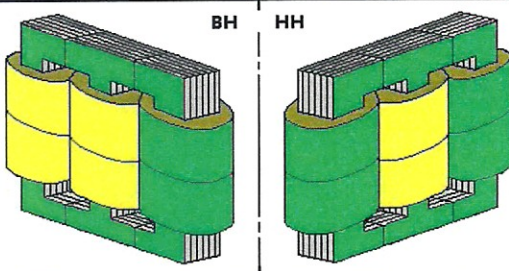
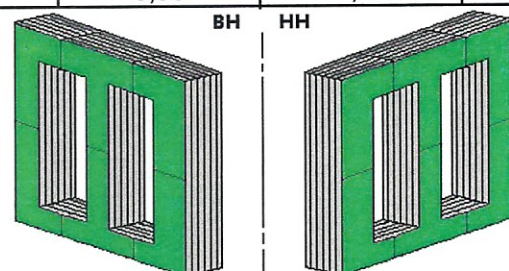
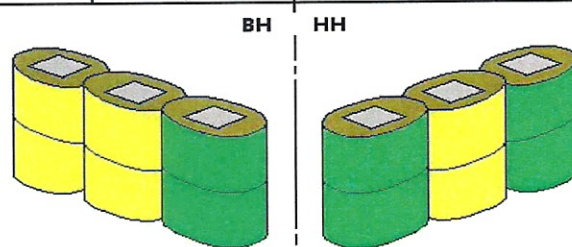
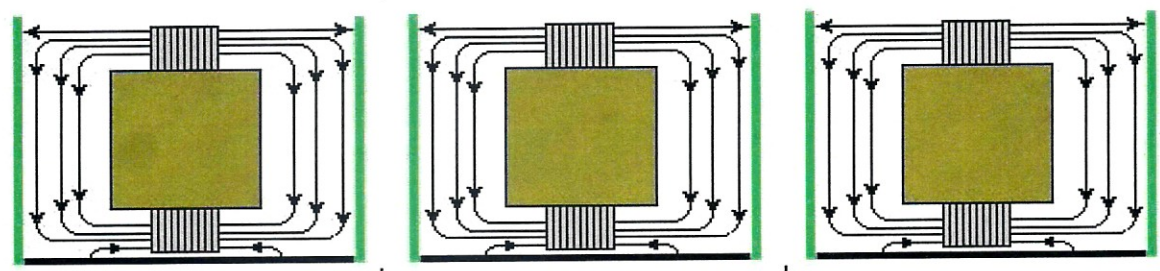
Измерение вибрационных характеристик силового трансформатора

| № п.п. | Тип | Заводской № | Год выпуска / ввода в эксп. | Класс напр., кВ | Марка масла |
|--------|-------------------|-------------|--------------------------------|--------------------|-------------|
| 1 | ТРДН-40000/110 У1 | 18930 | 1989 / н/д | 110 | н/д |

| | | |
|----------------|------------|------------|
| Дата испытаний | 01.11.2023 | 14.11.2023 |
|----------------|------------|------------|

Результаты осмотра

| Точки измерений на трансформаторе | | | | | | | |
|---|-------|--------|-----|--|-----|--------|-----|
|  | | | |  | | | |
| СКЗ виброскорости в точках замера, мм/с | | | | | | | |
| | Точки | Фаза А | | Фаза В | | Фаза С | |
| | | XX | PH | XX | PH | XX | PH |
| Сторона ВН | Верх | 2,3 | 2,3 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 |
| | Низ | 3,3 | 3,3 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 |
| Сторона НН | Верх | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1,5 | 1,5 |
| | Низ | 0,6 | 0,6 | 1,8 | 1,8 | 0,7 | 0,7 |

| Обобщённые коэффициенты состояния трансформатора | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|
| Фаза А | Фаза В | Фаза С | Фаза А | Фаза В | Фаза С |
| 0,91 | 0,88 | 0,93 | 0,97 | 0,87 | 0,92 |
|  | | | | | |
| 0,91 | 0,90 | 0,93 | 0,96 | 0,90 | 0,93 |
| Коэффициенты прессовки стали трансформатора | | | | | |
| Фаза А | Фаза В | Фаза С | Фаза А | Фаза В | Фаза С |
| 0,93 | 0,92 | 0,96 | 0,97 | 0,91 | 0,93 |
|  | | | | | |
| 0,94 | 0,96 | 0,95 | 0,96 | 0,96 | 0,95 |
| Коэффициенты опрессовки обмотки трансформатора | | | | | |
| Фаза А | Фаза В | Фаза С | Фаза А | Фаза В | Фаза С |
| 0,89 | 0,84 | 0,91 | 0,96 | 0,83 | 0,91 |
|  | | | | | |
| 0,88 | 0,84 | 0,9 | 0,96 | 0,83 | 0,92 |
| Коэффициент качества прессовки конструкции (по путям потоков рассеяния) | | | | | |
| Фаза А | | Фаза В | | Фаза С | |
| ВН | НН | ВН | НН | ВН | НН |
| 1,00 | 1,00 | 0,95 | 0,95 | 0,99 | 1,00 |
|  | | | | | |
| 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,95 | 0,95 | 0,97 |

Контрольные приборы

| № | Наименование оборудования | Тип | Заводской № | Диапазон измерений | Погрешность | Дата поверки | Дата след. поверки |
|---|---------------------------|---------|-------------|--|-------------|--------------|--------------------|
| 1 | Виброметр с памятью | Корсар+ | 143128 | 0,3 - 100 м/с ² 10-2000, Гц 5 - 500 мкм 0,3 - 100 мм/с | 5% | 09.12.2022 | 08.12.2023 |

Измерения проводились при:**Включен****Отключен**

| | | |
|-----------------------|----|----|
| Температура ОС, °С | -3 | 4 |
| Влажность, % | 55 | 60 |
| Температура масла, °С | 30 | 25 |

Оценка качества прессовки элементов силового трансформатора в диагностической системе «Веста»

| | |
|--|---------|
| Общий коэффициент технического состояния | 0,91 |
| Коэффициент опрессовки обмотки | 0,87 |
| Коэффициент прессовки стали | 0,94 |
| Состояние конструкции | 0,97 |
| Общее состояние | хорошее |

Заключение

Трансформатор испытан.

Согласно заключению экспертно-диагностической системы «Веста»,

| | |
|---|--------------------|
| состояние прессовки обмотки фазы А | удовлетворительное |
| состояние прессовки обмотки фазы В | удовлетворительное |
| состояние прессовки обмотки фазы С | удовлетворительное |
| состояние прессовки магнитопровода | хорошее |
| Согласно РД ЭО 0410-02 параметры вибрации оцениваются как | Рабочие |
| | |

Электротехническая лаборатория
Свидетельство
№ 31-020-2021 от 23.03.2021
действительно до 22.03.2024


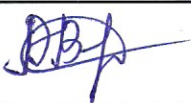
**Общество с ограниченной
ответственностью
«Сибэнергодиагностика»**

Адрес (юр. / факт.): 630126. Новосибирская область. г.
Новосибирск. микрорайон Зеленый бор. дом 3.
Адрес почтовый: 630126. Новосибирская область. город
Новосибирск. а/я 36.
Адрес электронной почты: info@sibenedia.ru
Телефон: (383) 269-21-10
Сайт: https://sibenedia.ru

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
А.Л. Масленников
08.12.2023

Исполнители

| | | |
|---------------------|---|--------------------|
| Ведущий инженер ЭТЛ |  | Скачков О.Л. |
| Инженер ЭТЛ |  | Веретельников А.А. |

ПРОТОКОЛ №СЭД-ЭТЛ-23-0073/ТИ

Стандартные испытания и измерения

| № п.п. | Тип | Заводской № | Год выпуска / ввода в эксп. | Класс напр.. кВ | Марка масла/ Тип изоляции |
|--------|-------------------|-------------|-----------------------------|-----------------|---------------------------|
| Трасф | ТРДН-40000/110 У1 | 18930 | 1989 / н/д | 110 | н/д |
| Ввод А | ГТТБ-60-110/800 | T93720 | - | 110 | RIP изоляция |
| Ввод В | ГТТБ-60-110/800 | T93810 | - | 110 | RIP изоляция |
| Ввод С | ГТТБ-60-110/800 | Ч29165 | - | 110 | RIP изоляция |

| | |
|----------------|------------|
| Дата испытаний | 01.11.2023 |
|----------------|------------|

Результаты испытаний

Измерение сопротивления изоляции трансформатора

| Схема измерения | Измеренные значения | | | Исходные данные* | | | Измеренные значения, приведенные к t=50 °C | | | Заключение |
|-----------------|---------------------|-------------|------------------|------------------|-------------|------------------|--|-------------|------------------|------------------|
| | при t= | 25 | °C | при t= | 50 | °C | при t= | 50 | °C | |
| | R15. МОм | R60. МОм | K _{абс} | R15. МОм | R60. МОм | K _{абс} | R15. МОм | R60. МОм | K _{абс} | |
| ВН-(НН1+НН2+К) | 35500 | 54500 | 1,54 | 20100 | 31600 | 1,3 | 23217 | 35643 | 1,54 | соответствует |
| НН1-(ВН+НН2+К) | 14200 | 10600 | 0,75 | 21900 | 28300 | 1,3 | 9287 | 6932 | 0,75 | не соответствует |
| НН2-(ВН+НН1+К) | 79600 | 111000 | 1,4 | 22100 | 32300 | 1,3 | 52058 | 72594 | 1,4 | соответствует |
| ВН+НН1+НН2 – К | 437 | 439 | 1,01 | 20600 | 30800 | 1,5 | 286 | 287 | 1,01 | не соответствует |

* За исходные данные приняты данные технического отчета №433 от 09.07.2021

Измерение диэлектрических характеристик трансформатора

| Схема измерения | Измеренные значения | | Исходные данные* при t=50 °C | | Измеренные значения, приведенные к t=50 °C** | Заключение |
|-----------------|---------------------|--------|---------------------------------|-------|--|------------------|
| | при t= 25 °C | | | | | |
| | tgδ. % | C. пФ | tgδ. % | C. пФ | tgδ. % | |
| ВН-(НН1+НН2+К) | 0,488 | 10136 | 0,24 | 11814 | 0,98 | соответствует |
| НН1-(ВН+НН2+К) | 1,712 | 8299,2 | 0,256 | 8298 | 3,45 | не соответствует |
| НН2-(ВН+НН1+К) | 0,315 | 8686,3 | 0,271 | 8717 | 0,63 | соответствует |
| ВН+НН1+НН2 – К | 1,819 | 12721 | 0,264 | 12577 | 3,66 | не соответствует |

**Измеренные значения tgδ изоляции при температуре изоляции 20°C и выше, не превышающие 1%, считаются удовлетворительными и их сравнение с исходными данными не требуется.

Измерение потерь холостого хода при однофазном возбуждении

| | Подано напряжение | Закорочено | Измерено | | | | | Значения потерь, приведенные к U=380В | | |
|---------------------|-------------------|------------|----------|-------|-------|--------------------|------|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|
| | | | U, В | I, А | P, Вт | Соотношение потерь | Δ, % | R _{прив} 2, Вт | P _Σ ¹ , Вт | P _{Σотн} , % |
| Паспортные данные * | a-b | c | - | - | - | (a-b)/(b-c) | - | - | - | - |
| | b-c | a | - | - | - | (c-a)/(b-c) | - | - | - | - |
| | c-a | b | - | - | - | (c-a)/(a-b) | - | - | - | - |
| Измерено НН | a-b | c | 220 | 0,345 | 44,00 | (a-b)/(b-c) | 0,96 | - | - | 75 |
| | b-c | a | 220 | 0,37 | 46,00 | (c-a)/(b-c) | 1,31 | - | - | |
| | c-a | b | 220 | 0,47 | 60,00 | (c-a)/(a-b) | 1,37 | - | - | |

* Исходные данные отсутствуют

Измерение диэлектрических характеристик основной изоляции (C1) вводов

| Фаза | Измеренные значения основной изоляции ввода при t (°C) 11,00 | | Измеренные значения, приведенные к t=35 °C | | Предел значения tgδ1, %, не более | Нач. емкость основн. изоляции ввода при t=35 °C | Δ, % | Предел. Отклон. емкости основн. изоляции и ввода, не более, % | Заключение |
|------------|---|--------|--|--------|-----------------------------------|---|------|---|---------------|
| | tgδ1, % | C1, пФ | tgδ1, % | C1, пФ | | | | | |
| | Ввод 110 кВ | | | | | | | | |
| Ввод ф «А» | 0,47 | 219,5 | 0,3585 | 219,5 | 1,5 | 224 | -2,1 | 5 | соответствует |
| Ввод ф «В» | 0,686 | 215,1 | 0,5233 | 215,1 | 1,5 | 217 | -0,9 | 5 | соответствует |
| Ввод ф «С» | 0,751 | 226,1 | 0,5729 | 226,1 | 1,5 | 230 | -1,7 | 5 | соответствует |

* За исходные данные приняты данные технического отчета №433 от 09.07.2021

Измерение сопротивления изоляции последней обкладки вводов

| Фаза | Измеренные значения R_3 | | | Норма, не менее | Заключение |
|-------------|--------------------------------------|-----------|-----------|--------------------|---------------|
| | при $t=-3\text{ }^{\circ}\text{C}^*$ | | | | |
| | $R_{15,}$ | $R_{60,}$ | $k_{абс}$ | $R_{60,}$ | |
| | МОм | МОм | | МОм | |
| Ввод 110 кВ | | | | | |
| Ввод ф «А» | - | >10000 | - | 500 | соответствует |
| Ввод ф «В» | - | >10000 | - | 500 | соответствует |
| Ввод ф «С» | - | >10000 | - | 500 | соответствует |

*Измерения проводились при напряжении 1000 В.

Измерение сопротивления обмоток постоянному току

| | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|-----------|------------|-----------|------------|-----------|-----------------------------------|-------|---------------|
| Число положений РПН (ПБВ) | | | | | | | 11 | | |
| обмотка | сопротивление обмоток постоянному току по фазам, Ом | | | | | | | | |
| | Пред. Изм. | Измере но | Пред. Изм. | Измерен о | Пред. Изм. | Измере но | разн ость межд у фаза ми, ΔRmax1, | Норма | Заклучение |
| | - | 30°C | - | 30°C | - | 30°C | | | |
| ВН | А-0 | | В-0 | | С-0 | | | | |
| полож РПН | | | | | | | | | |
| 1 | 0,706 | 0,667 | 0,707 | 0,668 | 0,707 | 0,677 | | | |
| 2 | 0,688 | 0,649 | 0,689 | 0,650 | 0,691 | 0,661 | | | |
| 3 | 0,668 | 0,629 | 0,669 | 0,630 | 0,669 | 0,639 | | | |
| 4 | 0,650 | 0,611 | 0,652 | 0,613 | 0,654 | 0,618 | | | |
| 5 | 0,632 | 0,593 | 0,633 | 0,594 | 0,638 | 0,599 | | | |
| 6 | 0,613 | 0,574 | 0,615 | 0,572 | 0,616 | 0,576 | | | |
| 7 | 0,595 | 0,556 | 0,596 | 0,557 | 0,596 | 0,566 | | | |
| 8 | 0,576 | 0,537 | 0,578 | 0,539 | 0,579 | 0,543 | | | |
| 9 | 0,558 | 0,519 | 0,560 | 0,521 | 0,559 | 0,529 | | | |
| 10 | 0,539 | 0,500 | 0,539 | 0,500 | 0,540 | 0,510 | | | |
| 11 | 0,559 | 0,520 | 0,560 | 0,521 | 0,559 | 0,529 | | | |
| НН1 | a-b | | b-c | | c-a | | 1,948 | 2 | соответствует |
| | 0,005569 | 0,005100 | 0,005613 | 0,005100 | 0,005548 | 0,005200 | | | |
| НН2 | a-b | | b-c | | c-a | | 1,88 | 2 | соответствует |
| | 0,005734 | 0,005300 | 0,005686 | 0,005300 | 0,005784 | 0,005400 | | | |

*Исходные данные взяты из протокола №433 от 09.07.2021г.

Максимальное различие сопротивлений обмоток постоянному току, измеренных в разных фазах - ΔR_{max} , рассчитано по формуле:

$$\Delta R_{max}, \% = \max \left(\left| \frac{R_{изм\ A} - R_{изм\ B}}{\frac{1}{3} \sum R_{изм}} \right|, \left| \frac{R_{изм\ A} - R_{изм\ C}}{\frac{1}{3} \sum R_{изм}} \right|, \left| \frac{R_{изм\ B} - R_{изм\ C}}{\frac{1}{3} \sum R_{изм}} \right| \right) \times 100$$

За температуру измерения принята температура обмотки ВН фазы В трансформатора, определённая по сопротивлению обмотки постоянному току.

Контрольные приборы

| № | Наименование оборудования | Тип | Заводско | Диапазон | Погрешность | Дата | Дата |
|---|---|--------------|----------|--|---|-------------|-------------|
| 1 | Комплект измерительный | K540-3 | 81 | 0-600 В 0-600 А | $\pm 0.5 \%$ $\pm 0.5 \%$ | 14.12.2022 | 13.12.2023 |
| 2 | Мегаомметр | МІС-2500 | 252242 | 1кОм - 10,00 ТОм; | $\pm 5 \%$ от измер. + 3 емп | 14.12.2022 | 13.12.2023 |
| 3 | Измеритель параметров изоляции | Тангенс 2000 | 1112760 | tgδ: 1x10-5-1,000 Сх: 10 пФ - 65 нФ | $\pm(2 \times 10^{-4} + 0,01 \times \text{tg} \delta \times X)$ | 28.12.2021 | 27.12.2023 |
| 4 | Устройство размагничивания трансформатора | ЧЭП360 1 | 11 | 220 \pm 20 В 1-15 А | $\pm 5 \%$ | не требует. | не требует. |
| 6 | Миллиомметр | МИКО-9 | 18 | 0,0001-2000 Ом | $\pm(0,1\% + 0,5 \mu\Omega)$ | 25.11.2021 | 24.11.2024 |

Измерения проводились при:

| | |
|-----------------------|----|
| Температура ОС. °С | 4 |
| Влажность. % | 60 |
| Температура масла. °С | 25 |

Заключение:

| | |
|--|------------------|
| Трансформатор испытан. | |
| Соответствие показателей требованиям РД 34.45-51.300-97 | |
| Измерение сопротивления изоляции трансформатора | не соответствует |
| Выявлено снижение измеренных значений сопротивления изоляции по схеме НН1-(ВН+НН2+К) и ВН+НН1+НН2 – К свыше 50% от значений предыдущих измерений. | |
| Измерение диэлектрических характеристик трансформатора | не соответствует |
| Измеренные значения tgδ при схеме НН1-(ВН+НН2+К) и ВН+НН1+НН2 – К превышают предельно допустимую норму 1% | |
| Измерение потерь холостого хода при однофазном возбуждении | соответствует |
| Дефектов не выявлено | |
| Измерение сопротивления обмоток постоянному току | соответствует |
| Дефектов не выявлено | |
| Измерение диэлектрических характеристик основной изоляции (С1) вводов | соответствует |
| Дефектов не выявлено | |
| Измерение сопротивления изоляции последней обкладки вводов | соответствует |
| Дефектов не выявлено | |

Электротехническая лаборатория

Свидетельство

№ 31-020-2021 от 23.03.2021

действительно до 22.03.2024

Общество с ограниченной ответственностью «Сибэнергодиагностика»

Адрес (юр. / факт.): 630126, Новосибирская область, г. Новосибирск, микрорайон Зеленый бор, дом 3.

Адрес почтовый: 630126, Новосибирская область, город Новосибирск, а/я 36.

Адрес электронной почты: info@sibenedia.ru

Телефон: (383) 269-21-10

Сайт: https://sibenedia.ru





УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

А.Л. Масленников

08.12.2023

Исполнители

| | | |
|---------------------|--|--------------------|
| Ведущий инженер ЭТЛ |  | Скачков О.Л. |
| Инженер ЭТЛ |  | Веретельников А.А. |

ПРОТОКОЛ № СЭД-ЭТЛ-23-0073/ТО

Проведения тепловизионного контроля трансформатора

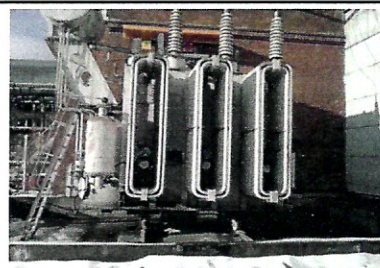
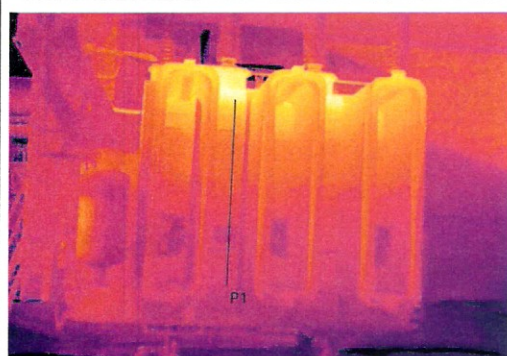
| № п.п. | Тип | Заводской № | Год выпуска / ввода в эксп. | Класс напр., кВ | Марка масла |
|--------|-------------------|-------------|-----------------------------|-----------------|-------------|
| 1 | ТРДН-40000/110 У1 | 18930 | 1989 | 110 | н/д |

| | |
|-------------------------|------------|
| Дата проведения осмотра | 14.11.2023 |
|-------------------------|------------|

Результаты осмотра

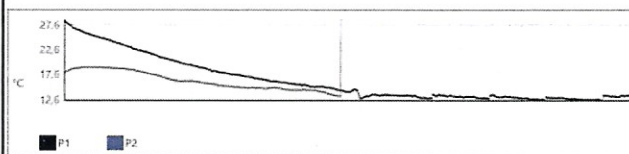
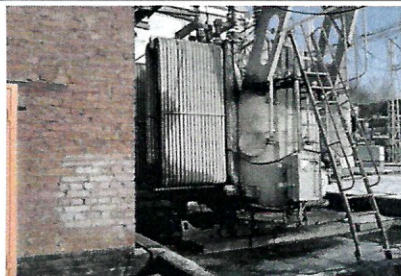
Внешний вид трансформатора со стороны ВН и НН

Распределение температуры по баку без замечаний

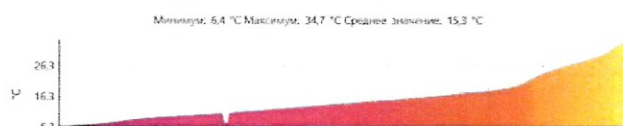
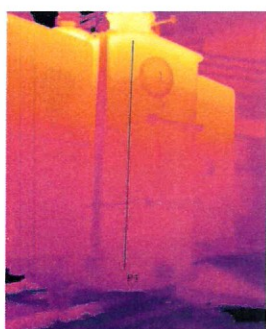
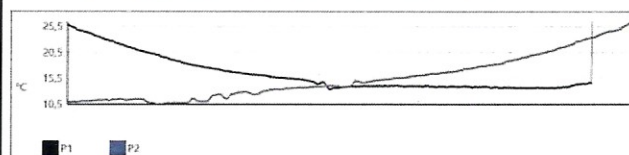
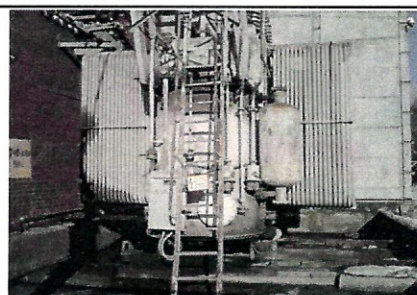
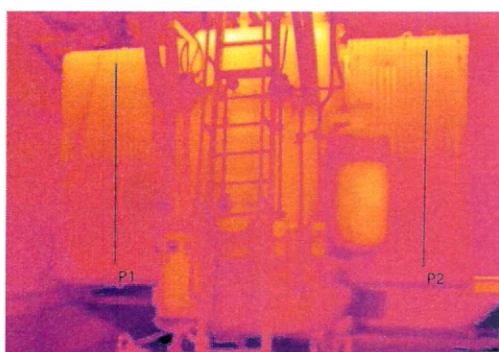


Минимум: 6,6 °C Максимум: 35,8 °C Среднее значение: 16,1 °C

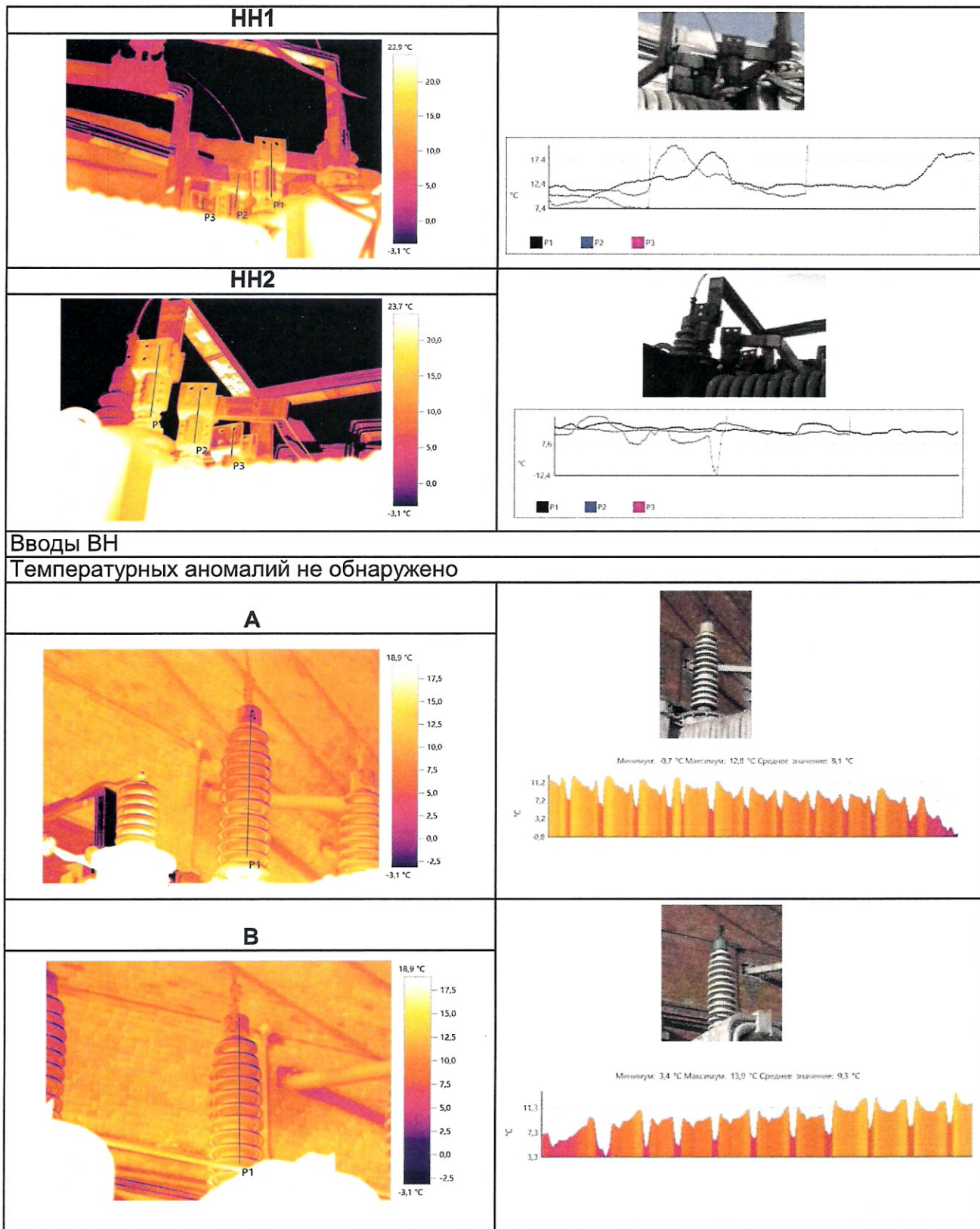




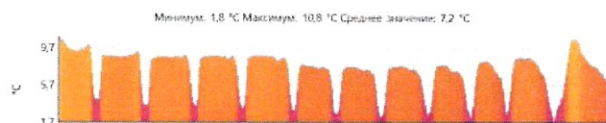
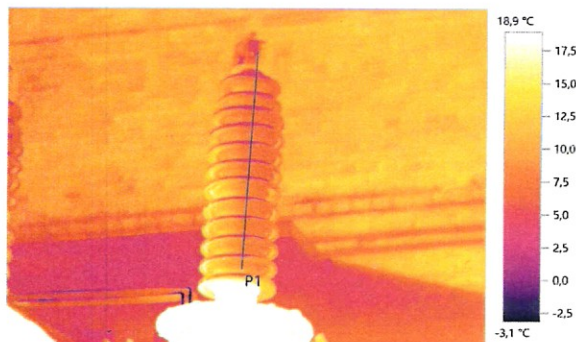
Внешний вид трансформатора с боковых сторон
Распределение температуры по охладителю без замечаний



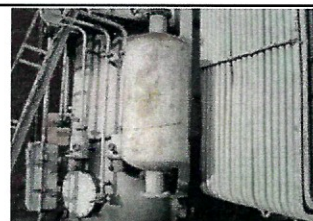
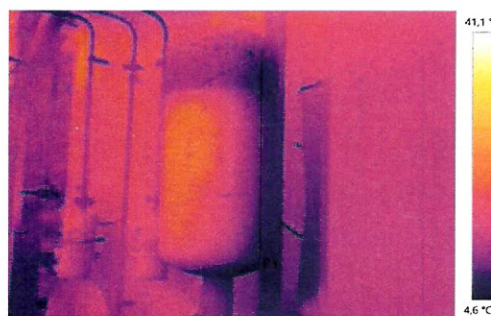
Вводы НН
Температурных аномалий не обнаружено



С



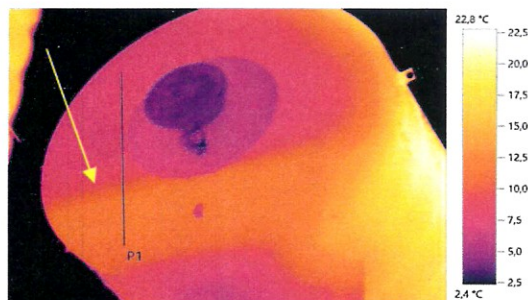
Термосифонный фильтр



Состояние

Проток масла в норме

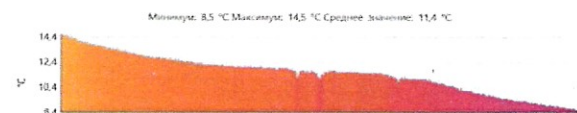
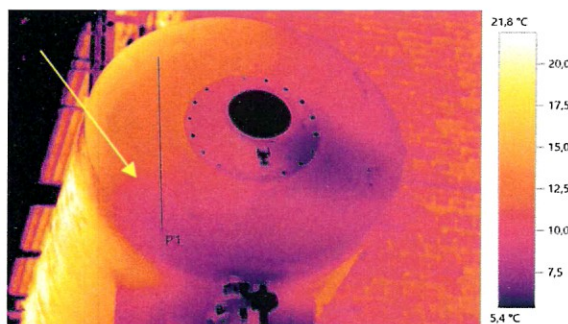
Расширительный бак



Состояние

Уровень масла соответствует данным указателя

Расширительный бак РПН



Состояние

Уровень масла соответствует данным указателя

Контрольные приборы

| № | Наименование оборудования | Тип | Заводской номер | Диапазон измерений | Погрешность | Дата поверки | Дата след. поверки |
|---|---------------------------|-------------|-----------------|--------------------|-------------|--------------|--------------------|
| 1 | Камера инфракрасная | TESTO 890-2 | 3629340 | -30 , +650 оС | ±2% ±2°С | 21.03.2023 | 22.03.2024 |

Измерения проводились при:

| | |
|----------------------------------|----|
| Температура ОС, °С | -3 |
| Влажность, % | 55 |
| Температура масла, °С | 30 |
| Нагрузка в момент обследования % | 52 |

Заключение

| | |
|--|--|
| Проведён тепловизионный контроль трансформатора | |
| Результаты контроля в соответствии с требованиями РД 153-34.0-20.363-99 и РД 34.45-51.300-97 | |
| Бак трансформатора | Распределение температуры по поверхности без аномалий |
| Контактные соединения | Дефектов не выявлено |
| Вводы НН | Температурных аномалий не обнаружено |
| Вводы ВН | Температурных аномалий не обнаружено |
| Система охлаждения | Дефектов не выявлено |
| Термосифонный | Дефектов не выявлено |
| Расширительный бак | Дефектов не выявлено |
| Выхлопная труба | Дефектов не выявлено |
| Термоконтроль | Термосигнализатор адекватно отражает температуру верхних слоёв масла в данном температурном режиме работы трансформатора |
| Маслоуказатель на расширителе | Дефектов не выявлено |
| Прочие элементы и узлы | Замечаний нет. |
| | |

**Электротехническая
лаборатория**
Свидетельство
№ 31-020-2021 от 23.03.2021
действительно до 22.03.2024

**Общество с ограниченной
ответственностью
«Сибэнергодиагностика»**

Адрес (юр. / факт.): 630126, Новосибирская область, г.
Новосибирск, микрорайон Зеленый бор, дом 3.
Адрес почтовый: 630126, Новосибирская область,
город Новосибирск, а/я 36.
Адрес электронной почты: info@sibenedia.ru
Телефон: (383) 269-21-10
Сайт: https://sibenedia.ru



УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
А.Л. Масленников
08.12.2023

Исполнители

| | | |
|---------------------|--|--------------------|
| Ведущий инженер ЭТЛ | | Скачков О.Л. |
| Инженер ЭТЛ | | Веретельников А.А. |

ПРОТОКОЛ № СЭД-ЭТЛ-23-0073/МП

Измерение напряженности магнитного поля трансформатора

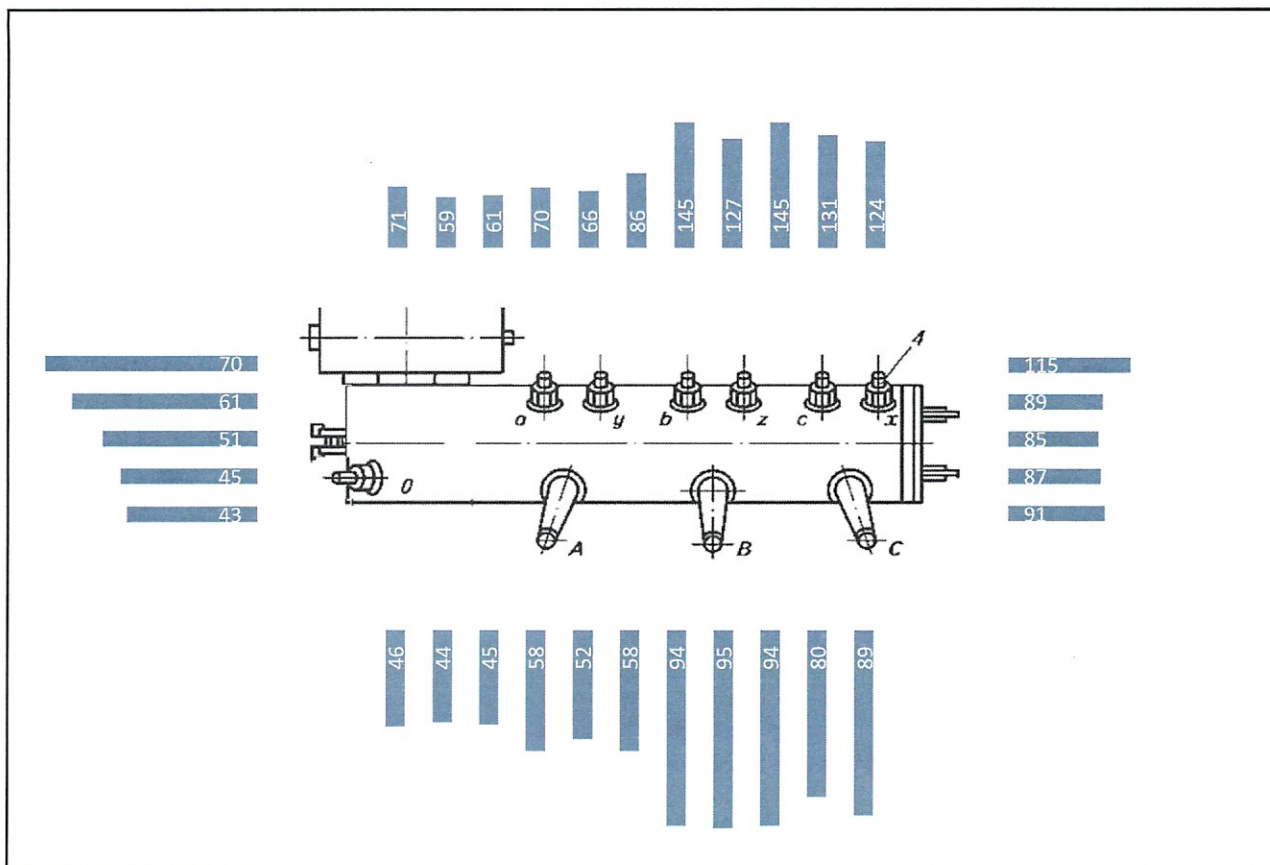
| № п.п. | Тип | Заводской № | Год выпуска / ввода в эксп. | Класс напр., кВ | Марка масла |
|--------|-------------------|-------------|--------------------------------|--------------------|-------------|
| 1 | ТРДН-40000/110 У1 | 18930 | 1989 / н/д | 110 | н/д |

| | |
|----------------|------------|
| Дата испытаний | 14.11.2023 |
|----------------|------------|

Результаты испытаний

Напряжённость магнитного поля, А/м

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|--------------|----|----|----|----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| ВН | 46 | 44 | 45 | 58 | 52 | 58 | 94 | 95 | 94 | 80 | 89 |
| Торец ф.С | 91 | 87 | 85 | 89 | 115 | - | - | - | - | - | - |
| НН | 71 | 59 | 61 | 70 | 66 | 86 | 145 | 127 | 145 | 131 | 124 |
| Торец ф.А | 43 | 45 | 51 | 61 | 70 | - | - | - | - | - | - |



Контрольные приборы

| № | Наименование | Тип | Заводск | Диапазон | Погреш | Дата поверки | Дата след. |
|---|--|-------------------|---------|---|--------|--------------|------------|
| 1 | Измеритель параметров магнитного поля трехкомпонентный | ВЕ-метр мод. 50Гц | 82521 | от 0,8 А/м до 4000 А/м от 48 Гц до 52 Гц | 15% | 07.12.2022 | 06.12.2024 |

Измерения проводились при:

| | |
|----------------------------------|----|
| Температура ОС, °С | -3 |
| Влажность, % | 55 |
| Температура масла, °С | 30 |
| Нагрузка в момент обследования % | 52 |

Заключение:

Трансформатор испытан.

Максимальная величина напряжённости магнитного поля не превышает санитарную норму 600 А/м, согласно РД ЭО 0410-02 (прил. Д) и СанПиН 2.2.4.1191-03 .

Картина магнитного поля типичная, без локальных аномалий.

Электротехническая лаборатория

Свидетельство

№ 31-020-2021 от 23.03.2021

действительно до 22.03.2024

Общество с ограниченной ответственностью «Сибэнергодиагностика»

Адрес (юр. / факт.): 630126, Новосибирская область, г. Новосибирск, микрорайон Зеленый бор, дом 3.

Адрес почтовый: 630126, Новосибирская область, город Новосибирск, а/я 36.

Адрес электронной почты: info@sibenedia.ru

Телефон: (383) 269-21-10

Сайт: <https://sibenedia.ru>

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

А.Л. Масленников

08.12.2023

Исполнители

| | | |
|---------------------|--|--------------------|
| Ведущий инженер ЭТЛ |  | Скачков О.Л. |
| Инженер ЭТЛ |  | Веретельников А.А. |

ПРОТОКОЛ № СЭД-ЭТЛ-23-0073/ОК

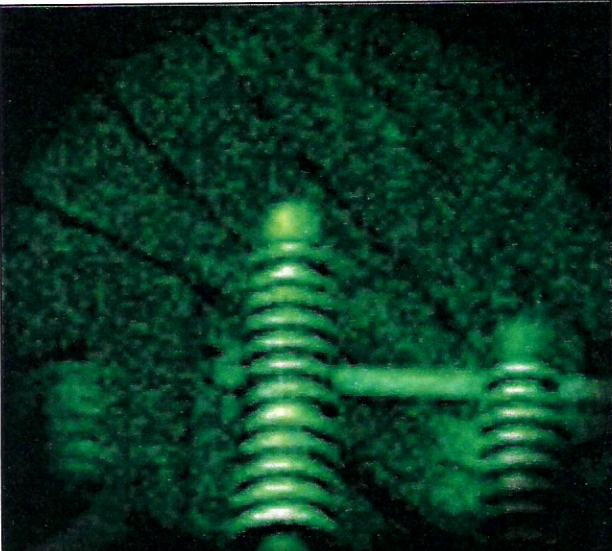
Электронно-оптический контроль опорно-стержневой изоляции

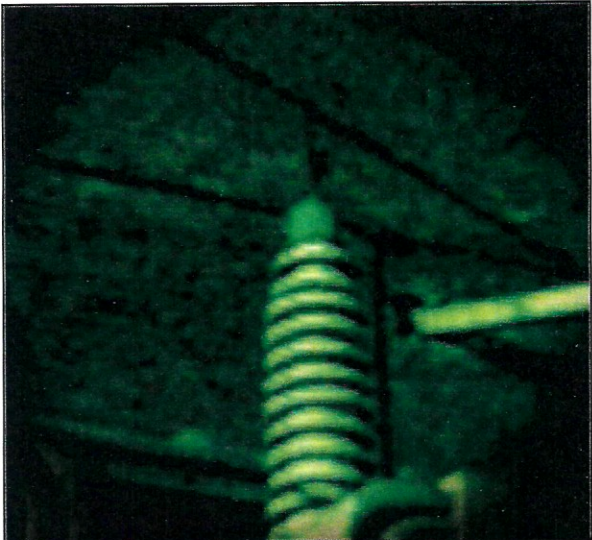
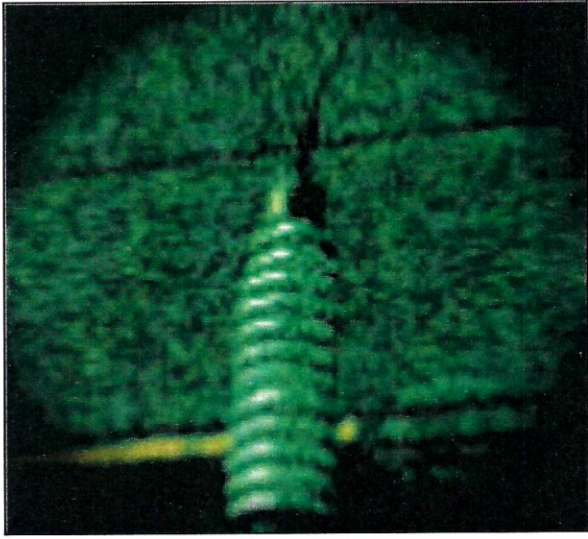
| № п.п. | Тип | Заводской № | Год выпуска / ввода в эксп. | Класс напр., кВ | Марка масла |
|--------|-------------------|-------------|-----------------------------|-----------------|-------------|
| 1 | ТРДН-40000/110 У1 | 18930 | 1989 / н/д | 110 | н/д |

| | |
|-------------------------|------------|
| Дата проведения осмотра | 14.11.2023 |
|-------------------------|------------|

Результаты осмотра

Эопограммы опорно-стержневой изоляции

| | |
|-------------------|--|
| Ввод 110кВ фаза А |  |
|-------------------|--|

| | |
|-------------------|---|
| Ввод 110кВ фаза В |  |
| Ввод 110кВ фаза С |  |

Контрольные приборы

| № | Наименование оборудования | Тип | Заводской номер | Диапазон измерений | Погрешность | Дата проверки | Дата след. проверки |
|---|-----------------------------------|----------|-----------------|--------------------|-------------|---------------|---------------------|
| 1 | Фотоаппарат Кэнон | SX100 | 143128 | н/д | н/д | не треб. | не треб. |
| 2 | Электронно-оптический дефектоскоп | Филин-6+ | 8 | н/д | н/д | не треб. | не треб. |

Измерения проводились при:

| | |
|-----------------------|----|
| Температура ОС, °С | -3 |
| Влажность, % | 55 |
| Температура масла, °С | 30 |

Заключение

Трансформатор испытан.

При детальном осмотре поверхности опорно-стержневой изоляции не выявлены коронные разряды

Протокол № ФХ-04-14-11-23
физико-химических испытаний трансформаторного масла

от 14.11.2023 г.

1. Характеристика объекта испытаний

| | |
|----------------------------|------------------------|
| Наименование предприятия | ООО "ЕвразЭнергоТранс" |
| Место установки | ПС ОП-4 |
| Диспетчерское наименование | 1Т |
| Место отбора | Бак |
| Тип оборудования | ТРДН-40000/110-У1 |
| Заводской номер | 18930 |

| | |
|--------------------------|------------------|
| Тип защиты | Без спец. защиты |
| Класс напряжения | 110 |
| Марка масла | н/д |
| Год выпуска | н/д |
| Год ввода в эксплуатацию | н/д |

2. Условия отбора пробы

| | | | | | |
|----------------|--------------------------|--|------------|-----------------------------|----------------------|
| Причина отбора | Комплексное обследование | Температура окр. среды, °С | -3 | Температура масла пробы, °С | +30 |
| Дата отбора | 01/11/2023 | Дата доставки пробы в лабораторию | 07/11/2023 | Даты выполнения испытаний | 08.11.2023 |
| Шифр пробы | 401-07-11-23 | Условия проведения испытаний: темпер., °С/давл., мм.рт.ст./влажность, % | | | 22,80 / 753,4 / 23,2 |

НД: ГОСТ Р МЭК 60475-2013

3. Испытательное оборудование и средства измерений

| № п/п | Наименование | Тип | Заводской номер | Погрешность измерений | Свидетельство о поверке | Дата следующей поверки |
|-------|---|-----------------|-----------------|--|-------------------------------------|------------------------|
| 1 | Титратор Mettler Toledo | DL-32 | 5127071425 | Предел допускаемого относительного СКО титрования 1,0%; приведенная погрешность $\pm 3,0\%$ | С-НН/ 15-12-2022/ 209034154 | 14.12.2023 |
| 2 | Аппарат для определения электрической прочности жидких диэлектриков | СКАТ-М100 | 2126 | Предел допустимой приведенной основной погрешности измерения напряжения $\pm 2,5\%$ | С-НН/ 24-11-2022/ 203741598 | 23.11.2023 |
| 3 | Регистратор автоматический температуры вспышки нефтепродуктов | Вспышка-А | 10.16.243 | Предел абсолютной погрешности для температур свыше 104°C $\pm 5^\circ\text{C}$ | С-НН/ 15-12-2022/ 209034153 | 14.12.2023 |
| 4 | Анализатор лабораторный (рН-метр) | АНИОН 4100 | 294 | Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерения рН, ед.рН $\pm 0,02$ | С-НН/ 09-12-2022/ 207135626 | 08.12.2023 |
| 5 | Установка для контроля качества трансформаторного масла | АСТ-2М | 051 | Абсолютная погрешность $\pm 0,02^* (1,0 + \text{tg}\delta)$ | № С-Н/ 11-04-2023/ 237795813 | 10.04.2024 |
| 6 | Анализатор загрязнения жидкостей | АЗЖ-975.0 | 1104 | $\pm 10\%$; для размерной группы от 100 до 200 мкм $\pm 20\%$ | С-З/ 07-04-2023/ 238515595 | 06.04.2024г. |
| 7 | Хроматографический комплекс (определение ионола) | Кристалл 2000М | 721621 | Предел допускаемого значения относительного СКО выходного сигнала не более 2%, Предел допускаемого значения изменения выходного сигнала $\pm 5\%$ | С-НН/ 15-12-2022/ 209034143 | 14.12.2023 |
| 8 | Весы электронные | AB204-S/FACT | 1128173401 | Класс специальный 1 | № С-НН/ 29-11-2022/ 204741938 | 28.11.2023 |
| 9 | Весы неавтоматического действия | DX-500 | 15912067 | Класс точности - II по ГОСТ OIML R 76-1-2011 | С-НН/29-11-2022/ 204741937 | 28.11.2023 |
| 10 | Хроматографический комплекс (определение фурановых производных) | Кристалл 5000.1 | 4649 | - / Предел допускаемого значения относительного СКО выходного сигнала не более 2%, Предел допускаемого значения изменения выходного сигнала $\pm 5\%$ | С-НН/ 15-12-2022/ 209034149 | 14.12.2023 |
| 11 | Измеритель параметров микроклимата | «МЕТЕО-СКОП-М» | 427719 | Пределы допускаемой абсолютной погрешности: канал измерения температуры $\pm 0,2^\circ\text{C}$, относительной влажности $\pm 3,0\%$, давления воздуха $\pm 0,1\text{кПа}$ | С-НН/ 21-12-2022/ 210287050 | 20.12.2024 |

4. Результаты испытаний

| № п/п | Наименование показателя масла, единицы измерения | Значение показателя качества масла* | | Результат испытания |
|-------|--|--|----------------------|----------------------------------|
| | | Огранич. область норм. состояния | Предельно допустимая | |
| 1 | Внешний вид пробы | - | - | Прозрачное, светло-жёлтое |
| 2 | Влагосодержание по ГОСТ Р МЭК 60814-2013, г/т, не более | 20 | 25 | 4,6 |
| 3 | Пробивное напряжение, кВ, не менее/коэф. вариации, %, не более | 40/20 | 35/20 | 71,1 / 2,9 |
| 4 | Температура вспышки в закрытом тигле, не ниже °С | Снижение более чем на 5 °С в сравнении с предыдущим анализом | 125 | 137 |
| 5 | Кислотное число, мг КОН/г, не более | 0,05 | 0,15 | 0,002 |
| 6 | Содержание водорастворимых кислот и щелочей, рН водной вытяжки, не менее | 5,5 | - | 6,3 |
| 7 | Тангенс угла диэлектрических потерь при 90°С, %, не более | 12 | 15 | 0,18 |
| 8 | Содержание мех. примесей (класс пром. чистоты), не более | 10 | 11 | 8 |
| 9 | Содержание антиокислительной присадки (ионол), % массы, не менее | 0,1 | - | 0,220 |
| 10 | Содержание фурановых производных, % массы, не более | 0,0015 | - | <0,00005 |

* -СТО 34.01-23.1-001-2017.

Содержание мех. примесей и распределение частиц по фракциям


| Размер частиц, мкм | 5-10 | 10-25 | 25-50 | 50-100 | 100-200 | > 200 | Мех. примеси, % |
|----------------------------------|-------------|------------|-----------|-----------|----------|----------|-----------------|
| Количество частиц в 100 мл масла | 2223 | 424 | 47 | 18 | 4 | 0 | 0,000125 |

5. Заключение

Результаты испытаний соответствуют требованиям СТО 34.01-23.1-001-2017 (таблица 31.4).

6. Свидетельство об аттестации испытательной лаборатории

№ ЭСС-2023-1г, выдано 03.04.2023г. ПАО «РОССЕТИ»

| | | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|--|
| Протокол проверил Масленников А.Л. | Должность Генеральный директор | Подпись  |
|---------------------------------------|-----------------------------------|--|



Протокол № ФХ-05-14-11-23
физико-химических испытаний трансформаторного масла

от 14.11.2023 г.

1. Характеристика объекта испытаний

| | | | |
|----------------------------|------------------------|--------------------------|------------------|
| Наименование предприятия | ООО "ЕвразЭнергоТранс" | Тип защиты | Без спец. защиты |
| Место установки | ПС ОП-4 | Класс напряжения | 110 |
| Диспетчерское наименование | 1Т | Марка масла | н/д |
| Место отбора | Бак контактора РПН | Год выпуска | н/д |
| Тип оборудования | н/д | Год ввода в эксплуатацию | н/д |
| Заводской номер | н/д | | |

2. Условия отбора пробы

| | | | | | |
|----------------|--------------------------|--|------------|-----------------------------|----------------------|
| Причина отбора | Комплексное обследование | Температура окр. среды, °C | -3 | Температура масла пробы, °C | +30 |
| Дата отбора | 01/11/2023 | Дата доставки пробы в лабораторию | 07/11/2023 | Даты выполнения испытаний | 08.11.2023 |
| Шифр пробы | 402-07-11-23 | Условия проведения испытаний: темп., °C/давл., мм.рт.ст./влажность, % | | | 22,80 / 753,4 / 23,2 |

НД: ГОСТ Р МЭК 60475-2013

3. Испытательное оборудование и средства измерений

| № п/п | Наименование | Тип | Заводской номер | Погрешность измерений | Свидетельство о поверке | Дата следующей поверки |
|-------|---|----------------|-----------------|--|-------------------------------|------------------------|
| 1 | Титратор Mettler Toledo | DL-32 | 5127071425 | Предел допускаемого относительного СКО титрования 1,0%; приведенная погрешность $\pm 3,0\%$ | С-НН/ 15-12-2022/ 209034154 | 14.12.2023 |
| 2 | Аппарат для определения электрической прочности жидких диэлектриков | СКАТ-М100В | 20198 | Предел допустимой приведенной основной погрешности измерения напряжения $\pm 2,5\%$ | С-НН/ 24-11-2022/ 203741599 | 23.11.2024 |
| 3 | Установка для контроля качества трансформаторного масла | АСТ-2М | 050 | Абсолютная погрешность $\pm 0,02^* (1,0 + tg\delta)$ | № С-Н/ 11-04-2023/ 237795812 | 10.04.2024 |
| 4 | Анализатор загрязнения жидкостей | АЗЖ-975.0 | 1104 | $\pm 10\%$; для размерной группы от 100 до 200 мкм - $\pm 20\%$ | С-3/ 07-04-2023/ 238515595 | 06.04.2024г. |
| 5 | Весы электронные | AB204-S/FACT | 1128173401 | Класс специальный 1 | № С-НН/ 29-11-2022/ 204741938 | 28.11.2023 |
| 6 | Измеритель параметров микроклимата | «МЕТЕО-СКОП-М» | 427719 | Пределы допускаемой абсолютной погрешности: канал измерения температуры $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$, относительной влажности $\pm 3,0\%$, давления воздуха $\pm 0,1 \text{ кПа}$ | С-НН/ 21-12-2022/ 210287050 | 20.12.2024 |

4. Результаты испытаний

| № п/п | Наименование показателя масла, единицы измерения | Значение показателя качества масла* | | Результат испытания |
|-------|---|-------------------------------------|----------------------|----------------------------------|
| | | Огранич. область норм. состояния | Предельно допустимая | |
| 1 | Внешний вид пробы | - | - | Прозрачное, Светло-жёлтое |
| 2 | Влагосодержание по ГОСТ Р МЭК 60814-2013, г/т, не более | 20 | 25 | 5,8 |
| 3 | Пробивное напряжение, кВ, не менее/ коэф. вариации, %, не более | 40/20 | 35/20 | 70,6 / 2,6 |
| 4 | Тангенс угла диэлектрических потерь при 90°C, %, не более | 12 | 15 | 0,15 |

| | | | | |
|---|--|----|----|---|
| 5 | Содержание мех. примесей (класс пром. чистоты), не более | 10 | 11 | 7 |
|---|--|----|----|---|

* -СТО 34.01-23.1-001-2017.

Содержание мех. примесей и распределение частиц по фракциям

| Размер частиц, мкм | 5-10 | 10-25 | 25-50 | 50-100 | 100-200 | > 200 | Мех. примеси, % |
|----------------------------------|------|-------|-------|--------|---------|-------|-----------------|
| Количество частиц в 100 мл масла | 1802 | 274 | 35 | 5 | 1 | 0 | 0,000064 |

4. Заключение

Результаты испытаний соответствуют требованиям СТО 34.01-23.1-001-2017 (таблица 31.4).

6. Свидетельство об аттестации испытательной лаборатории

№ ЭСС-2023-1г, выдано 03.04.2023г. ПАО «РОССЕТИ»

| | | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|---------|
| Протокол проверил Масленников А.Л. | Должность Генеральный директор | Подпись |
|---------------------------------------|-----------------------------------|---------|



Протокол № ХА-06-14-11-23
хроматографический анализ растворённых в трансформаторном масле газов

от 14.11.2023г.

1. Характеристика объекта испытаний

| | | | |
|----------------------------|------------------------|--------------------------|------------------|
| Наименование предприятия | ООО "ЕвразЭнергоТранс" | Тип защиты | Без спец. защиты |
| Место установки | ПС ОП-4 | Класс напряжения | 110 |
| Диспетчерское наименование | 1Т | Марка масла | н/д |
| Место отбора | Бак | Год выпуска | н/д |
| Тип оборудования | ТРДН-40000/110-У1 | Год ввода в эксплуатацию | н/д |
| Заводской номер | 18930 | | |

2. Условия отбора пробы

| | | | | | |
|----------------|--------------------------|---|------------|-----------------------------|----------------------|
| Причина отбора | Комплексное обследование | Температура окр. среды, °С | -3 | Температура масла пробы, °С | +30 |
| Дата отбора | 01/11/2023 | Дата доставки пробы в лабораторию | 07/11/2023 | Даты выполнения испытаний | 08.11.2023 |
| Шифр пробы | 403-07-11-23 | Условия проведения испытаний: темп., °С/давл., мм.рт.ст./влажность, % | | | 22,80 / 753,4 / 23,2 |

НД: ГОСТ Р МЭК 60475-2013

3. Испытательное оборудование и средства измерений

| № п/п | Наименование оборудования | Тип | Заводской номер | Погрешность измерений | Свидетельство о поверке | Дата следующей поверки |
|-------|------------------------------------|----------------------------|-----------------|--|-----------------------------|------------------------|
| 1 | Хроматографический комплекс | Хроматэк - Кристалл 5000.1 | 253152 | Предел допускаемого значения относительного СКО выходного сигнала не более 2%. Предел допускаемого значения изменения выходного сигнала ±5%. | С-НН/ 15-12-2022/ 209034148 | 14.12.2023 |
| 2 | Измеритель параметров микроклимата | «МЕТЕО-СКОП-М» | 427719 | Пределы допускаемой абсолютной погрешности: канал измерения температуры ±0,2С, относительной влажности ±3,0%, давления воздуха ±0,1кПа | С-НН/ 21-12-2022/ 210287050 | 20.12.2024 |

4. Результаты испытаний

| Наименование параметра по НД | H2 | CH4 | C2H4 | C2H6 | C2H2 | CO2 | CO |
|---|---------|---------|---------|---------|----------|------------------|----------------|
| | водород | метан | этилен | этан | ацетилен | диоксид углерода | оксид углерода |
| Значение параметра по НД, * % об. | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,005 | 0,001 | 0,8 | 0,06 |
| Фактическое значение параметра, % об**. | 0,00013 | 0,00010 | 0,00004 | 0,00002 | 0,00000 | 0,0812 | 0,0107 |

*- РД 153-34.0-46.302-00;

** - фактическое значение параметра рассчитано на основании двух параллельных испытаний.

5. Заключение

Результаты испытаний соответствуют требованиям РД 153-34.0-46.302-00 по граничным концентрациям растворённых в трансформаторном масле газов.

| | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|
| Протокол проверил Масленников А.Л. | Должность Генеральный директор |
|---------------------------------------|-----------------------------------|



Протокол № ХА-07-14-11-23
хроматографический анализ растворённых в трансформаторном масле газов

от 14.11.2023г.

1. Характеристика объекта испытаний

| | | | |
|----------------------------|------------------------|--------------------------|------------------|
| Наименование предприятия | ООО "ЕвразЭнергоТранс" | Тип защиты | Без спец. защиты |
| Место установки | ПС ОП-4 | Класс напряжения | 110 |
| Диспетчерское наименование | 1Т | Марка масла | н/д |
| Место отбора | Бак контактора РПН | Год выпуска | н/д |
| Тип оборудования | н/д | Год ввода в эксплуатацию | н/д |
| Заводской номер | н/д | | |

2. Условия отбора пробы

| | | | | | |
|----------------|--------------------------|---|------------|-----------------------------|----------------------|
| Причина отбора | Комплексное обследование | Температура окр. среды, °С | -3 | Температура масла пробы, °С | +30 |
| Дата отбора | 01/11/2023 | Дата доставки пробы в лабораторию | 07/11/2023 | Даты выполнения испытаний | 08.11.2023 |
| Шифр пробы | 404-07-11-23 | Условия проведения испытаний: темп., °С/давл., мм.рт.ст./влажность, % | | | 22,80 / 753,4 / 23,2 |

НД: ГОСТ Р МЭК 60475-2013

3. Испытательное оборудование и средства измерений

| № п/п | Наименование оборудования | Тип | Заводской номер | Погрешность измерений | Свидетельство о поверке | Дата следующей поверки |
|-------|------------------------------------|----------------------------|-----------------|--|-----------------------------|------------------------|
| 1 | Хроматографический комплекс | Хроматэк - Кристалл 5000.1 | 253152 | Предел допускаемого значения относительного СКО выходного сигнала не более 2%. Предел допускаемого значения изменения выходного сигнала ±5%. | С-НН/ 15-12-2022/ 209034148 | 14.12.2023 |
| 2 | Измеритель параметров микроклимата | «МЕТЕО-СКОП-М» | 427719 | Пределы допускаемой абсолютной погрешности: канал измерения температуры ±0,2С, относительной влажности ±3,0%, давления воздуха ±0,1кПа | С-НН/ 21-12-2022/ 210287050 | 20.12.2024 |

4. Результаты испытаний

| Наименование параметра по НД | H2 | CH4 | C2H4 | C2H6 | C2H2 | CO2 | CO |
|---|---------|---------|---------|---------|----------|------------------|----------------|
| | водород | метан | этилен | этан | ацетилен | диоксид углерода | оксид углерода |
| Значение параметра по НД, * % об. | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,005 | 0,001 | 0,8 | 0,06 |
| Фактическое значение параметра, % об**. | 0,00009 | 0,00011 | 0,00004 | 0,00002 | 0,00000 | 0,0837 | 0,0089 |

*- РД 153-34.0-46.302-00;

** - фактическое значение параметра рассчитано на основании двух параллельных испытаний.

5. Заключение

Нормы по ХАРГ для масла баков РПН отсутствуют, результаты испытаний сравнивались с граничными концентрациями растворённых в трансформаторном масле газов для баков Т (РД 153- 34.0-46.302-00).

| | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|
| Протокол проверил Масленников А.Л. | Должность Генеральный директор |
|---------------------------------------|-----------------------------------|

