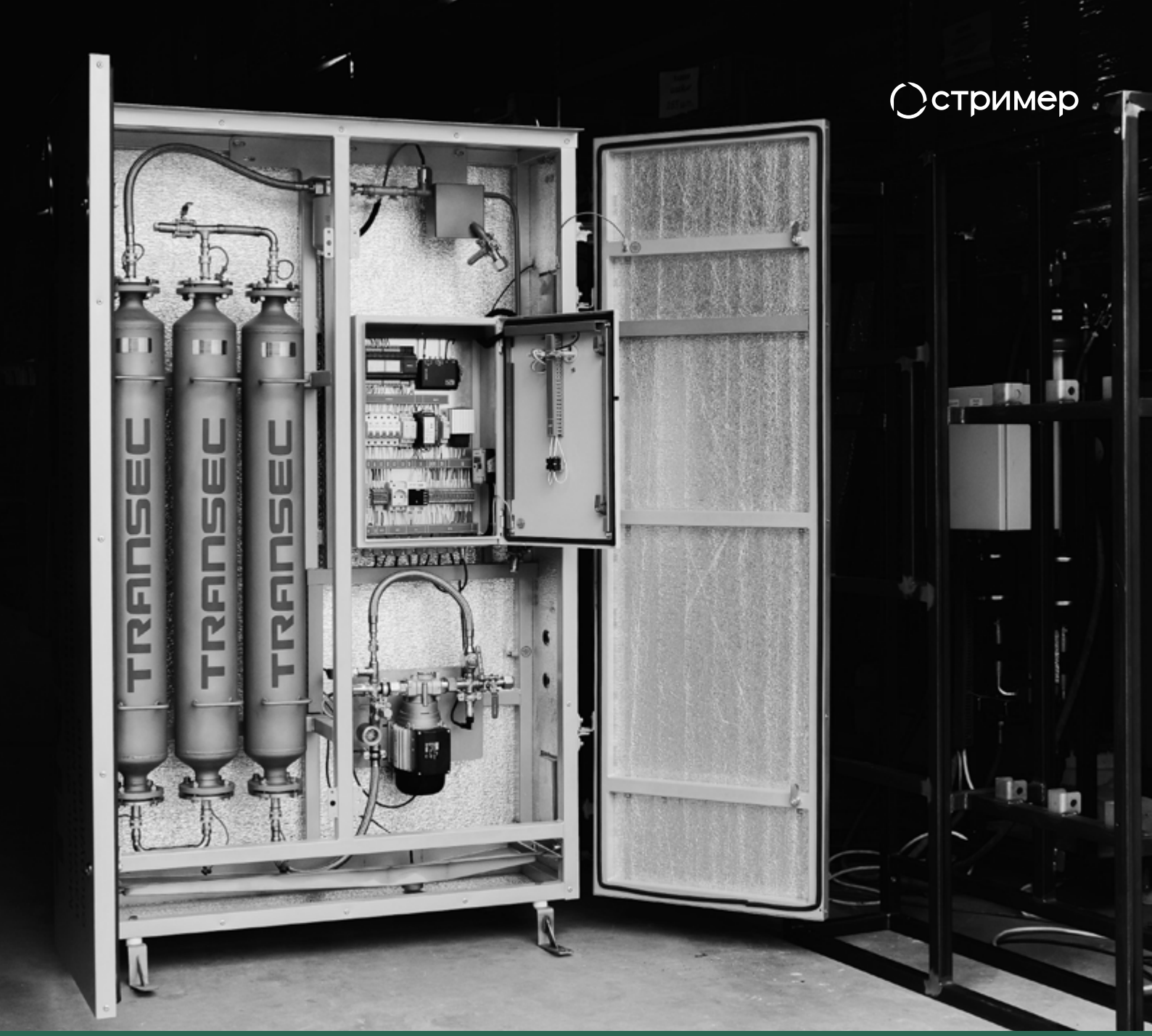
стример



TRANSEC

МОДУЛЬ МОНИТОРИНГА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ
ИЗОЛЯЦИИ МАСЛОНАПОЛНЕННОГО
ТРАНСФОРМАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

TRANSCO

2004
Создание компании TRANSEC UK Ltd и запуск первого модуля TRANSEC

2007
Первая установка 22 модулей с ABB в Индии

2009
Установка TRANSEC на атомных электростанциях Великобритании

2012
Включение установок TRANSEC в стандарт для всех новых трансформаторов PGCIL Индия. Оснащение TRANSEC первой версией системы мониторинга с сенсорами VAISALA

2016
Сотрудничество со Streamer Electric AG. Начало продвижения и продаж в новых регионах: Юго-Восточная Азия, Латинская Америка, Африка

2018
Первая установка TRANSEC на территории РФ

2019
Streamer Electric AG приобретает бизнес TRANSEC. Создаётся TRANSEC Electric Ltd. Новый этап инвестиций в компанию и в дизайн продукта

2020
Выпуск цифровой версии TRANSEC на территории РФ

2021
Успешно апробированы 22 модуля TRANSEC в ДЭУ на территории РФ (сетевые, генерирующие, производственные компании)

2022
Модули TRANSEC установлены и успешно себя зарекомендовали на 47 электрических машинах (силовые трансформаторы, реакторы) различных конструкций напряжением от 35 до 500 кВ

СОСТОЯНИЕ ИЗОЛЯЦИИ ТРАНСФОРМАТОРА ВЛИЯЕТ НА НАДЕЖНОСТЬ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА

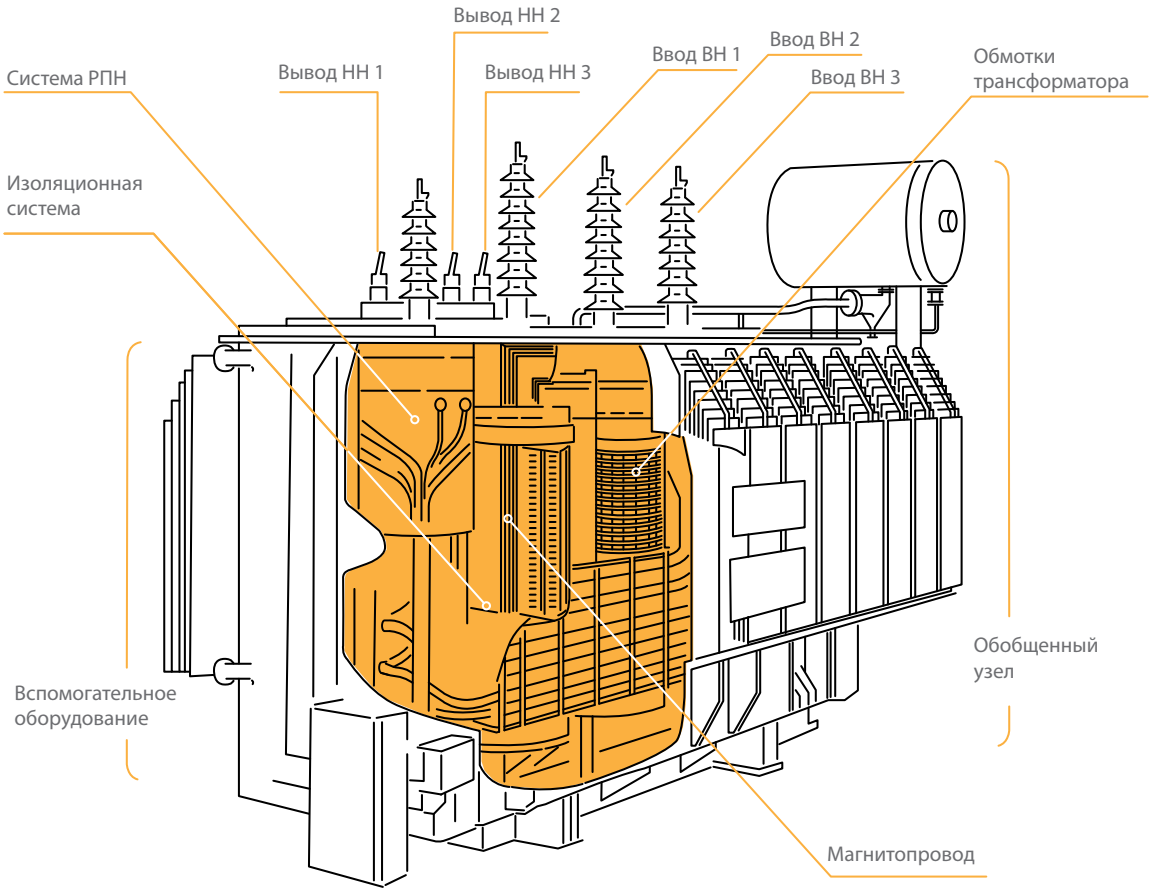
Силовой трансформатор (автотрансформатор, реактор) разделяется на семь функциональных узлов*, имеющих свой весовой коэффициент (%), согласно которому определяется вклад каждого узла в общий индекс технического состояния трансформатора – общую надежность.

На два узла: изоляционная система (трансформаторное масло) и обмотки трансформатора — негативно влияет влага и образующиеся продукты старения/деградации.

Твердая (целлюлозная) изоляция является ресурсоопределяющим элементом. Обеспечение ее оптимальной увлажненности, допустимых показателей электрического и механического износа существенно влияет как на срок службы и безаварийность эксплуатации оборудования, так и на возможность создания необходимых сетевых режимов.

ОТ – обмотки трансформатора; ИС – изоляционная система; ВВ – высоковольтный ввод; ОУ – обобщенный узел; ВО – вспомогательное оборудование; РПН – регулятор напряжения под нагрузкой; МП – магнитопровод.

* Методика Минэнерго, утверждена приказом Минэнерго России от 26.07.2017 г. № 676.



НАДЕЖНОСТЬ ТРАНСФОРМАТОРА

Повышенная влажность изоляции увеличивает риск внутренних КЗ в баке трансформатора*

* В.В. Соколов, В.А. Лукащук. Вопросы оценки и обеспечения надежности силовых трансформаторов // Соколов В.В. Избранные труды. / Сост. А.Г. Овсянников, В.Н. Осотов, В.Н. Бережной. – Екатеринбург: Издательский дом «Автограф», 2010. С. 22–30.

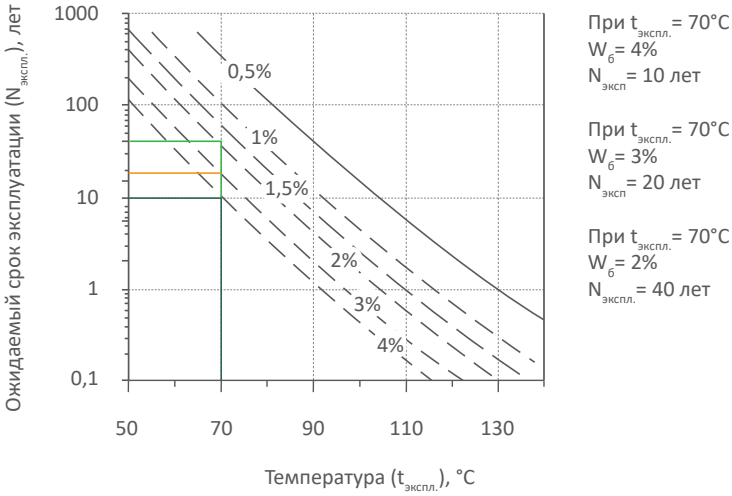
ТРУДОЕМКОСТЬ РЕМОНТОВ

Повышенная влажность изоляции влияет на трудоемкость и качество ремонтов – на межремонтный период

С ростом мощности силового трансформатора растет сложность сушки изоляции.

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ТРАНСФОРМАТОРА

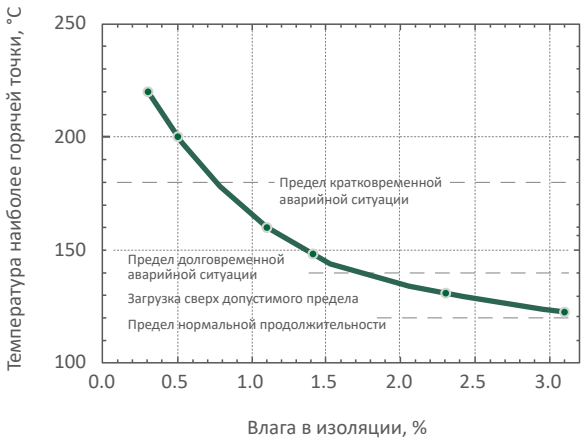
Избыточная влажность твердой изоляции ($W_б$) снижает срок полезного использования трансформатора.*



* Lars E. Lundgaard, Walter Hansen, Dag Linhjell, Terence J. Painter, Ageing of oil-impregnated paper in power transformers , IEEE PWRD, 2003.

НАГРУЗОЧНАЯ СПОСОБНОСТЬ ТРАНСФОРМАТОРА

Рост влажности снижает температуру, которую может безотказно выдержать витковая изоляция трансформатора.*

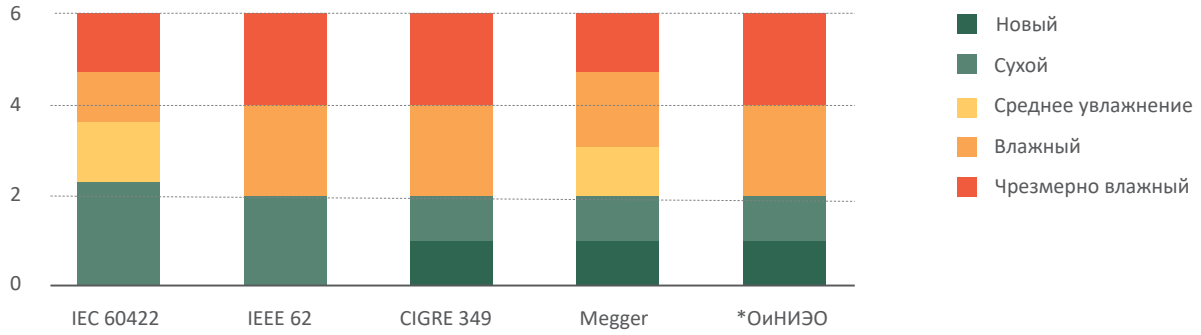


* Frimpong G. K., Perkins M., Fazlagic A., Gafvert U. Estimation of Moisture in Cellulose and Oil Quality of Transformer Insulation using Dielectric Response Measurements , Doble Client Conference, Paper 8M, 2001.

ОТКУДА БЕРЕТСЯ ВЛАГА В ИЗОЛЯЦИИ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА?

Влагосодержание твердой изоляции нового трансформатора на выходе из производства 0,5–0,8 %; после монтажа **не более 1%**. **К 25 годам** эксплуатации трансформатора **ожидается** влажность твердой изоляции **2,7–3,0 %** (норма не более 2%).

В конструкции трансформаторов отсутствуют штатные узлы для удаления влаги из изоляции.

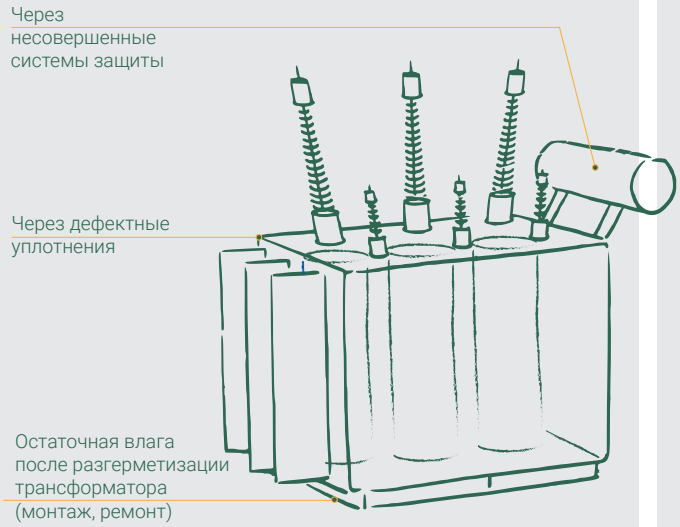


* п.6.3 РД 34.45-51.300-97 (изм. № 2, 2005 г.)

ДВА ИСТОЧНИКА ВЛАГИ

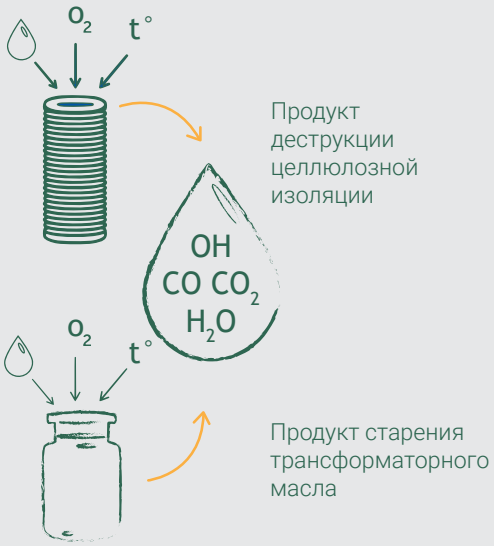
ВЛАГА ИЗ АТМОСФЕРЫ

Недостатки конструкции и эксплуатации способствуют проникновению атмосферной влаги. Скорость роста влажности изоляции из-за атмосферной влаги: **0,03–0,05 % в год**



ВЛАГА КАК ПРОДУКТ СТАРЕНИЯ

Старение/окисление — неотъемлемый процесс в эксплуатации, продуктом которого является влага. Скорость роста влажности изоляции из-за старения целлюлозы/масла: **0,04–0,05% в год**



СЛОЖНОСТИ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ УВЛАЖНЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ

ПОСТОЯННАЯ МИГРАЦИЯ ВЛАГИ ВНУТРИ ТРАНСФОРМАТОРА

При снижении t° (особенно при резких изменениях нагрузки), при которой в масле находится предельное (насыщающее) значение влаги, часть ее выделяется в виде эмульсии – мелких капель (мицелл), которые имеют тенденцию осаждаться на твердых включениях, имеющихся в масле. Под воздействием электрического поля и движения масла, мицеллы воды выстраиваются в цепочки, образуя проводящие мостики, или осаждаются на поверхности твердой изоляции.

При увеличении нагрузки, под воздействием быстрого роста t° увлажненной витковой изоляции, прилегающей к медному проводнику, и давления водяных паров в ней будет выделяться пропитывающее масло, а микрокапилляры могут заполняться пузырьками водяных паров. Вышеизложенное увеличивает риски внутренних КЗ в трансформаторе. При окружающей t° ниже нуля (на отключенном трансформаторе) и при выделении свободной воды из масла она переходит в лед.

При вводе такого трансформатора в работу ледяные кристаллы увлекаются потоком трансформаторного масла, могут оказаться в электрически наиболее напряженных местах и спровоцировать дефекты/повреждения трансформатора.

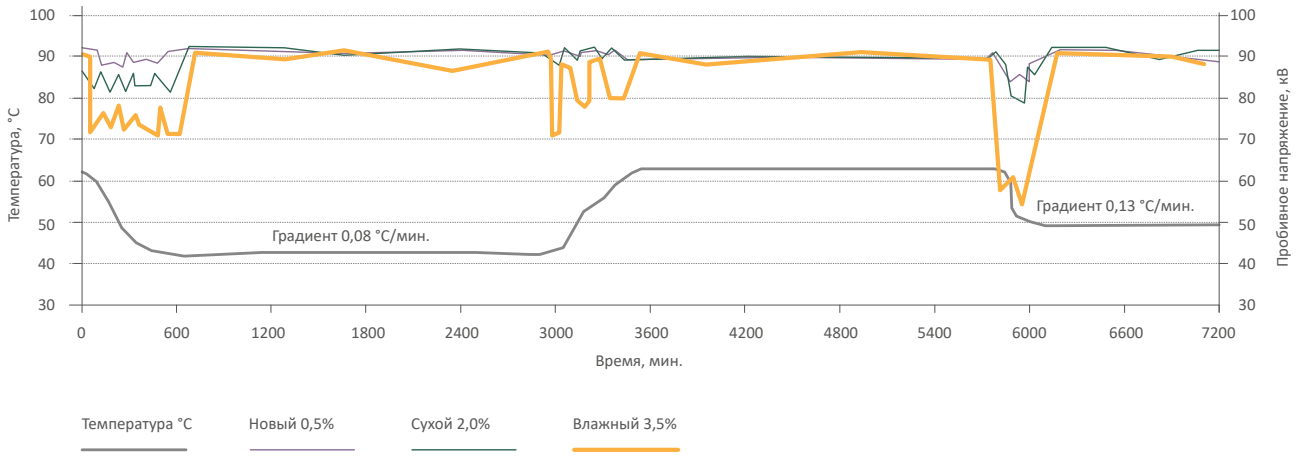


Рис.1. Перераспределение влаги и снижение электрической прочности изоляции трансформатора при изменении нагрузки

Наличие масла не предохраняет твердую изоляцию от увлажнения, оно лишь замедляет этот процесс. Увлажнение твердой изоляции в эксплуатации происходит путем миграции влаги из масла. При этом насыщающее значение влагосодержания целлюлозной изоляции, в отличие от масла, практически не зависит от температуры и составляет около 17 %.

Время диффузии воды из бумаги в масло и наоборот различное, что создает сложности корректного косвенного оценивания влажности твердой изоляции, а также риски повреждений трансформаторов при переходных процессах.

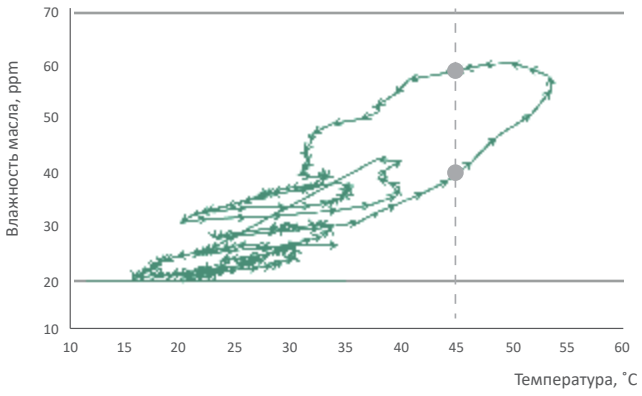


Рис.2. Динамика влажности изоляции трансформатора: гистерезис

ОСНОВНАЯ МАССА ВЛАГИ НАХОДИТСЯ В ТРУДНОДОСТУПНЫХ МЕСТАХ

Основной объем влаги, присутствующей в трансформаторе, содержится в целлюлозной изоляции – до 98%. В эксплуатационном трансформаторном масле содержание воды в среднем составляет 2%. Отбор образцов твердой изоляции для прямого измерения ее влажности — трудоемкий процесс. Косвенно о влажности твердой изоляции, как правило, судят по параметрам масла (влажность масла с учетом температуры масла при отборе).

Растворимость воды в масле ограничена и зависит от температуры и химического состава масла. Так, увеличение температуры и содержания ароматических углеводородов увеличивает растворимость воды в эксплуатационном масле (см. таблицу 1*).

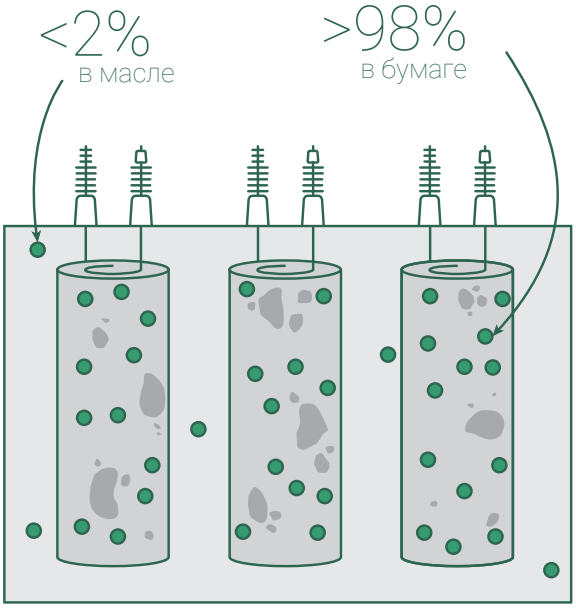


Таблица 1

Масло	Содержание ароматических углеводородов в масле, %	Растворимость воды в масле, г/т		
		20 °C	40 °C	70 °C
ГК (ТУ 38101.1025-85)	1,6	37	85	270
ТКП (ТУ 38.189.08-81)	12,3	54	125	335
Т-750 (ГОСТ 982-80)	17,0	64	140	390

*Griffin P., Socolov V. Moisture equilibrium and moisture migration within transformer insulation. CIGRE WG 12.18, Site management of transformers.

ДОСТИЖЕНИЕ РАВНОВЕСНОГО СОСТОЯНИЯ

Зная влажность и температуру эксплуатационного масла, с помощью равновесных кривых Ооммена (равновесное содержание влаги в системе масло–бумага, рис.3.) можно определить содержание воды в бумаге расчетным способом. Чем выше температура эксплуатационного масла, тем с большей достоверностью можно косвенно оценить влажность твердой изоляции трансформатора.

Если влагосодержание масла, проба которого отобрана из трансформатора, прогретого до 60 °C, не превышает 10 г/т, допускается в эксплуатации влагосодержание твердой изоляции не определять (считается, что оно не будет превышать 2%).

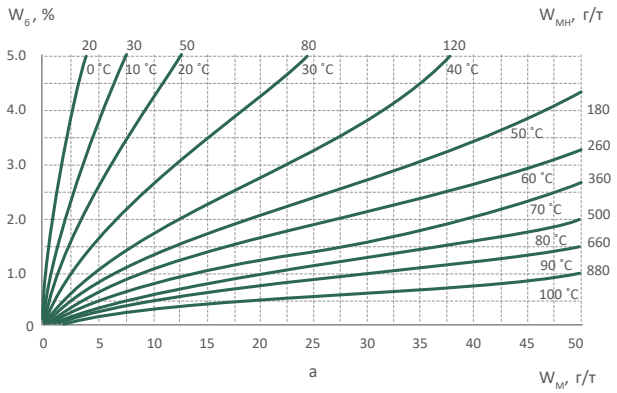


Рис.3. Кривые Ооммена: $W_б$ – влагосодержание бумаги, %; $W_м$ – влагосодержание масла, г/т; на полях даны насыщающие значения масла при данной температуре – $W_{мн}$, г/т.

ПОДДЕРЖАНИЕ ПРЕВОСХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗОЛЯЦИИ ТРАНСФОРМАТОРА ПУТЕМ НЕПРЕРЫВНОЙ ОБРАБОТКИ

Поддержание низкого уровня влажности в изоляции трансформатора дает значительные преимущества с точки зрения оптимальных эксплуатационных затрат и низких рисков отказов, поскольку поддерживается постоянно высокий уровень эксплуатационной надежности.

Следовательно, трансформатор может надежно работать во всех сетевых режимах, в т.ч. с высокими нагрузками, и изменять их без риска повреждения данной электрической машины. Кроме того, это дает финансовые выгоды, поскольку продлевает срок службы актива за счет замедления деградации бумаги (изоляции обмоток трансформатора) и жидкого диэлектрика.

При повышенной влажности масла катализируются окислительные процессы с образованием кислот и шлама (в т.ч. растет каталитическая активность железа и обильное выделение осадков из масла); ухудшается электрическая прочность жидкого диэлектрика; усиливается коррозионное воздействие масла на стальные части трансформаторов.

При избыточной влажности бумаги снижается стойкость изоляции к ЧР (снижается напряжение возникновения ЧР); экспоненциально увеличиваются диэлектрические потери в изоляции (повышается тепловыделение, растет риск появления теплового пробоя и местного перегрева изоляции). Всё это влияет на рост рисков внутренних КЗ в основном баке трансформатора.

ТОЛЬКО НЕПРЕРЫВНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ ЭФФЕКТИВНА ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ НОРМАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ТРАНСФОРМАТОРА

Поскольку влага накапливается в изоляции постоянно (непрерывно) и является одной из основных проблем надежности и срока службы трансформатора, неэффективно применять временные решения этой постоянной проблемы.

С ростом мощности трансформатора растет сложность сушки изоляции, т.к. усложняется ее конфигурация, увеличивается объем как твердой, так и жидкой изоляции. Диффузия воды из бумаги в масло протекает очень медленно, соответственно длительность сушки изоляции классическими методами может занимать значительную часть от общей продолжительности капитального ремонта.

Длительность средних и капитальных ремонтов в эксплуатации может быть ограничена, что будет сказываться на глубине (эффективности) сушки изоляции, а следовательно, и на межремонтном периоде трансформатора.

ОНЛАЙН-ФИЛЬТРАЦИЯ ПОЗВОЛЯЕТ ПРОВОДИТЬ МЕДЛЕННУЮ ГЛУБОКУЮ СУШКУ КАК ЖИДКОЙ, ТАК И ТВЕРДОЙ ИЗОЛЯЦИИ ТРАНСФОРМАТОРА ПОД НАГРУЗКОЙ.

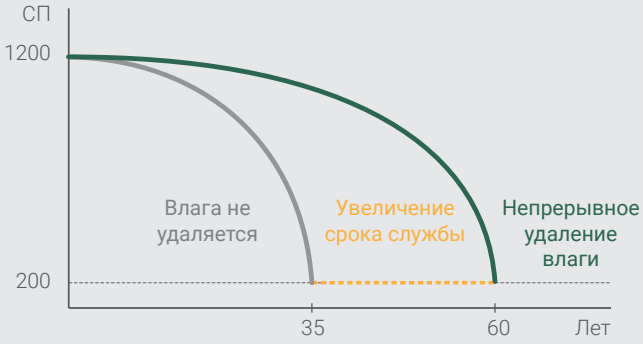


Рис. 4. Преимущества системы непрерывной онлайн-фильтрации

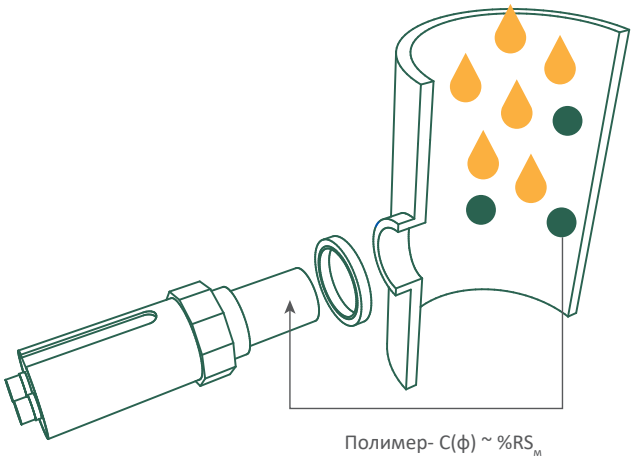
	Вакуумная обработка масла на обесточенном оборудовании	Низкочастотный нагрев или аналогичный метод	Непрерывные системы удаления влаги
Тип решения	Временное	Временное	Непрерывное
Трансформатор под напряжением во время процесса	НЕТ	НЕТ	ДА (ВАЖНО! Ограниченная скорость потока масла в системе)
Сушка масла	ДА	ДА	ДА
Сушка бумаги	НЕТ	ДА	ДА
Повышение пробивного напряжения	Временно (месяцы)	ДА	ДА
Продление срока службы	НЕТ	ДА	ДА
Сохраняется уровень растворённых газов	НЕТ	НЕТ	ДА
Безлюдная технология	НЕТ	НЕТ	ДА
Затраты	$ $	$ $ $	$

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ
МОДУЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ НЕПРЕРЫВНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ТРАНСФОРМАТОРОВ

1. МОНИТОРИНГ ПАРАМЕТРОВ ИЗОЛЯЦИИ ТРАНСФОРМАТОРА

Система мониторинга TRANSEC использует емкостные **тонкопленочные датчики измерения влажности и температуры масла**, которые обеспечивают контроль относительного влагонасыщения (%), абсолютного влагосодержания (г/т) и температуры масла (°С). Измерения проводятся на входе и на выходе модульной системы TRANSEC. Сведения передаются в шкаф мониторинга и управления (ШМУ) для накапливания, анализа и архивации.

Чувствительный элемент датчика состоит из двух электродов, соединенных гигроскопичным тонкопленочным полимером. Основа измерения — изменение проводимости емкостного чувствительного элемента от относительного влагонасыщения масла.



Сенсоры датчиков непрерывно измеряют температуру масла и его относительное влагонасыщение (активность воды) при данной температуре. Используя коэффициенты растворимости воды в трансформаторном масле (заводская настройка), внутренний микропроцессор датчика пересчитывает относительное влагонасыщение в абсолютное влагосодержание масла, выраженное в частях на миллион (ppm или г/т).

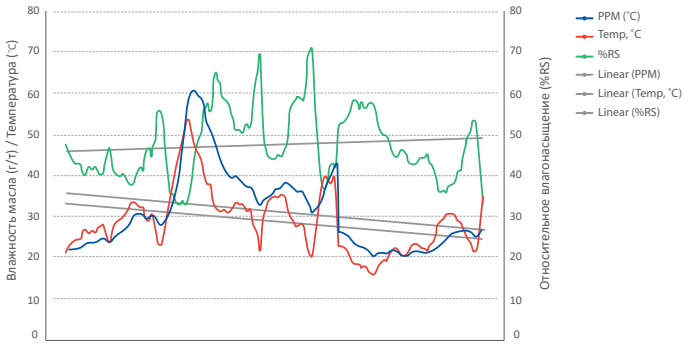


Рис.5. Изменение относительного влагонасыщения, абсолютного влагосодержания и температуры во времени в трансформаторе 10 МВА*

Система онлайн-измерений исключает ошибки пробоотбора, позволяет отслеживать тренды в режиме реального времени (см. рис.5.), оценивать эффективность процессов обработки изоляции и оперативно управлять ими.

Мониторинг гистерезиса (см. рис.6.) относительного влагонасыщения в зависимости от температуры позволяет наблюдать его форму. Узкая петля с влажностью ниже 20% показывает исправный трансформатор, в то время как широкая петля гистерезиса, превышающая относительное насыщение 20% (TR P1), свидетельствует о влажном и ненадежном трансформаторе.

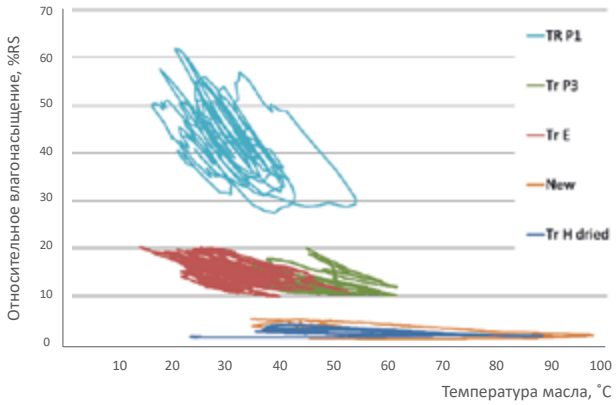


Рис.6. Петли гистерезиса в зависимости от относительного влагонасыщения и температуры в трансформаторах с разным уровнем влажности *

* СИГРЭ Измерение и оценка влажности в трансформаторной изоляции — оценка химических методов и емкостных датчиков влажности, стр. 100

2. МОНИТОРИНГ РАБОТЫ УЗЛОВ МОДУЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Расходомер — служит для контроля скорости потока в трубопроводе модуля, определяет количество перекаченного масла.

Индикатор потока — служит для визуализации циркуляции масла.

Поплавковый датчик уровня — встраивается в поддон в нижней части модуля TRANSEC, предназначен для контроля герметичности соединений модуля и отсутствия утечек масла.

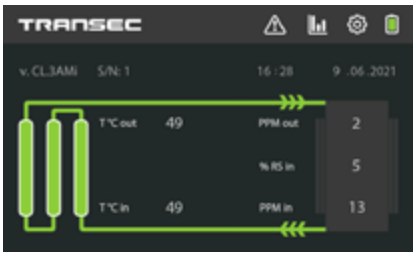
Термодатчик ШМУ — устанавливается на задней стенке ШМУ, предназначен для контроля температурного режима ШМУ.

Наличие датчиков мониторинга узлов модульной системы TRANSEC позволяет обеспечить надежную подконтрольную работу технологии в автоматическом режиме без постоянного надзора персонала. Так, при обнаружении событий, связанных со снижением надежности и/или эффективности работы TRANSEC (появление утечек, аварийное изменение температуры масла, аварийное изменение параметров изоляции, исчерпание ресурса сорбента), сработают уставки системы на уведомление и/или отключение модуля.

УНИКАЛЬНЫЙ АНАЛИТИЧЕСКИЙ АППАРАТ TRANSEC

- Расчет остаточного ресурса адсорбента
- Прогнозирование даты обслуживания трансформатора — замены адсорбента
- Управление модульной системой обработки изоляции на основе потока цифровых данных (измерений параметров изоляции)

РАЗНООБРАЗИЕ РЕШЕНИЙ МОНИТОРИНГА МОДУЛЬНОЙ СИСТЕМЫ TRANSEC. СПОСОБЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ



ШКАФ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ. ВЕРСИЯ AMi

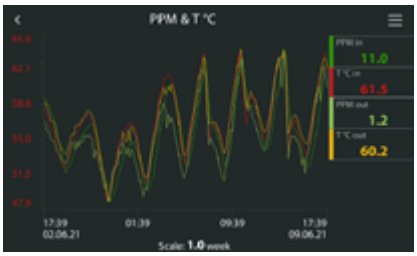
Версия AMi TRANSEC обеспечивает непрерывный контроль температуры и влаги в масле на входе и на выходе модуля TRANSEC, а также температуры ШМУ. Предусмотрена сигнализация при срабатывании уставок на аварийную температуру и влажность масла, отказ датчиков. Это позволяет отслеживать в режиме реального времени течение процесса извлечения воды, контролировать уровень влажности изоляции трансформатора, а также обеспечивать надежную работу электроники.

ШКАФ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ. ВЕРСИЯ WSi

Версия WSi TRANSEC обеспечивает непрерывный мониторинг температуры и влаги в масле на входе и на выходе модуля TRANSEC, мониторинг влажности бумаги, потока масла, протечки, количества извлеченной воды, ресурса адсорбента, а также температуры ШМУ. Предусмотрена сигнализация при срабатывании на аварийные показатели температуры, влажности масла и бумаги, потока, протечки, износа адсорбента и на отказ датчиков. Это позволяет, помимо контроля процессов осушки и состояния изоляции, обеспечить поток цифровых данных для планирования ТОиР и управления режимами трансформатора.

УДАЛЁННЫЙ ДОСТУП К ЦИФРОВОЙ СРЕДЕ TRANSEC С ЛЮБОГО УСТРОЙСТВА

Возможны различные варианты передачи данных в системы верхнего уровня: выгрузка на сменный USB-носитель файла в формате csv; удаленное скачивание файла по протоколу FTP; удаленный просмотр экрана устройства и трендов по технологии VNC (удаленный доступ к экрану) с компьютера либо мобильного устройства iOS/Android; опрос измеряемых величин системами SCADA заказчика по протоколу Modbus TCP. Удобный интерфейс для просмотра и управления данными.



Тренды абсолютной влажности масла и температуры

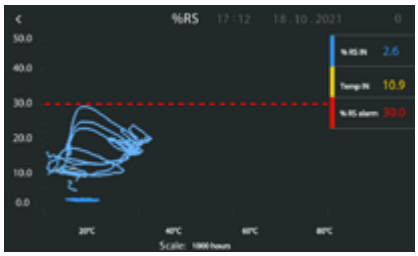
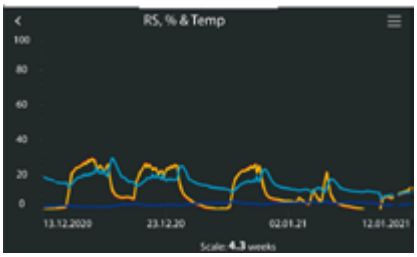
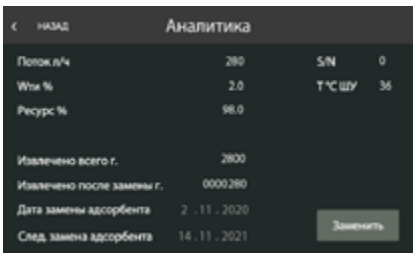


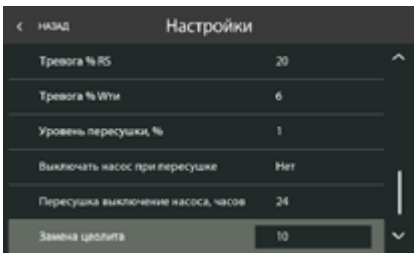
График влагонасыщения в зависимости от температурного гистерезиса



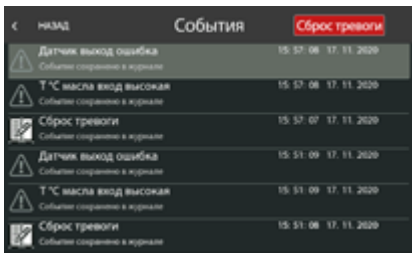
Тренды влагонасыщения масла и температуры



Экран аналитики



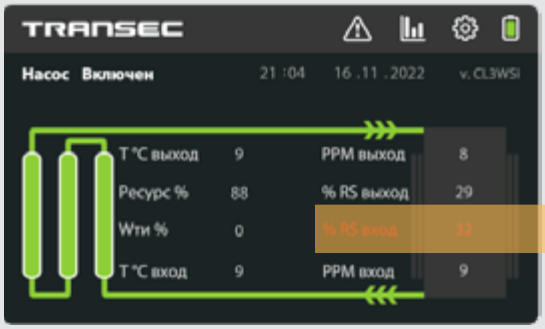
Экран настроек. Ввод уставок, выбор языка

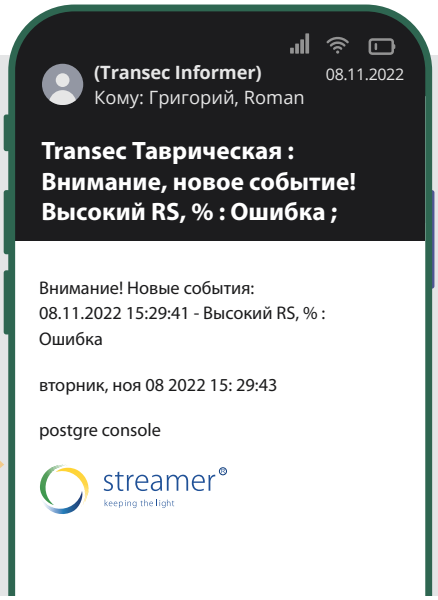


Экран событий. Просмотр аварийных событий

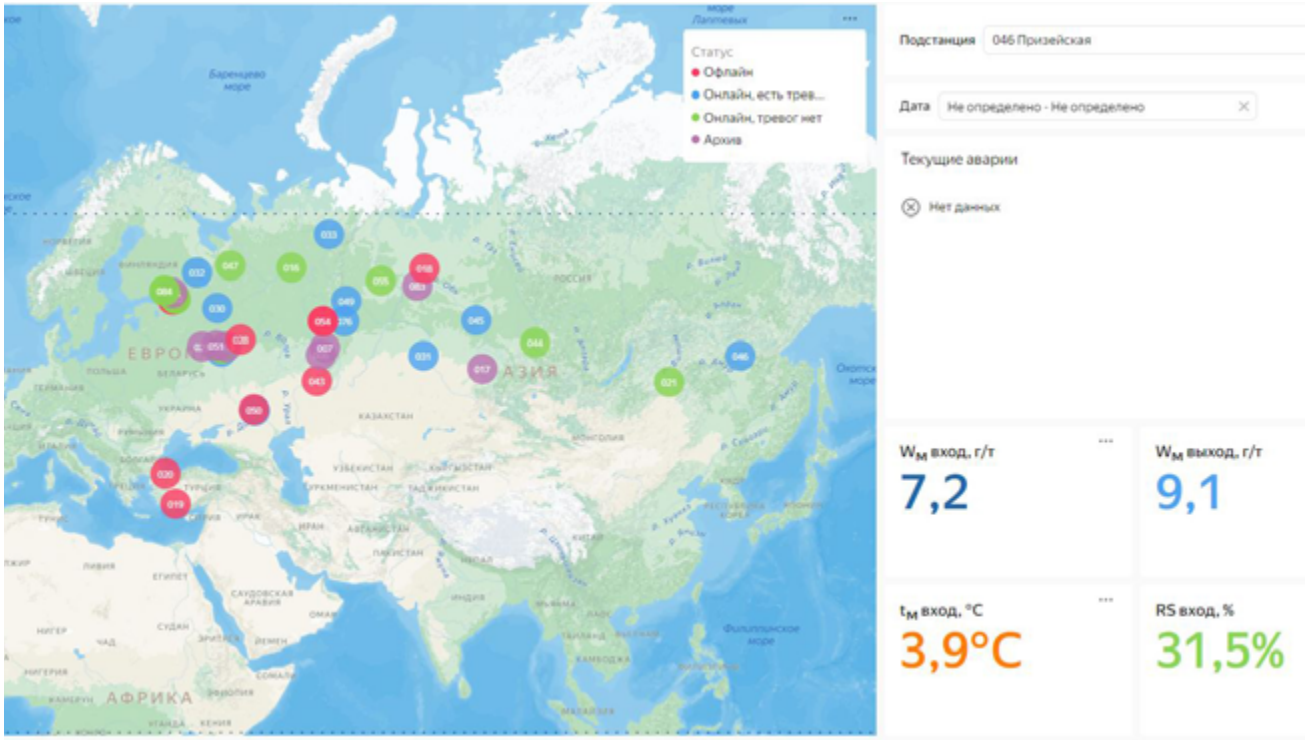
ЦИФРОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ МОДУЛЬНОЙ СИСТЕМЫ TRANSEC

В случае возникновения самодиагностируемых событий, в т. ч. достижения пороговых величин (уставок), выхода контролируемых параметров за пределы установленных значений, на **электронную почту ответственного лица поступит уведомление:**





Организован удаленный надзор за всеми модульными системами TRANSEC, включенными в единую систему:



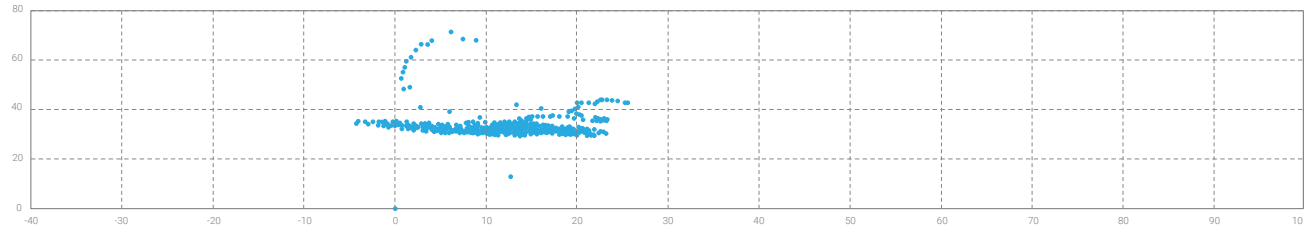
На карте размещения модулей TRANSEC отражается их статус:

- в онлайне, есть тревога;
- в онлайне, тревоги нет;
- в офлайне;
- в архиве.

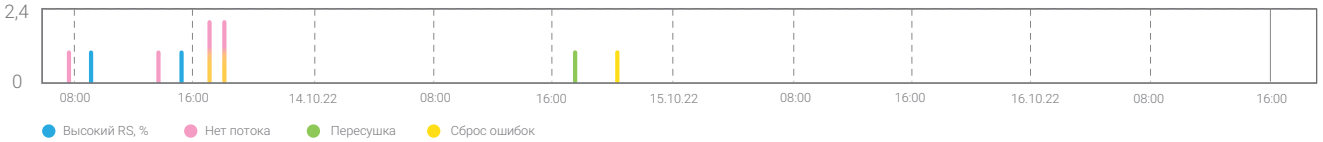
Далее платформа позволяет выбрать интересующую модульную систему TRANSEC и провести расширенный анализ данных за весь интервал времени.

НАПРИМЕР:

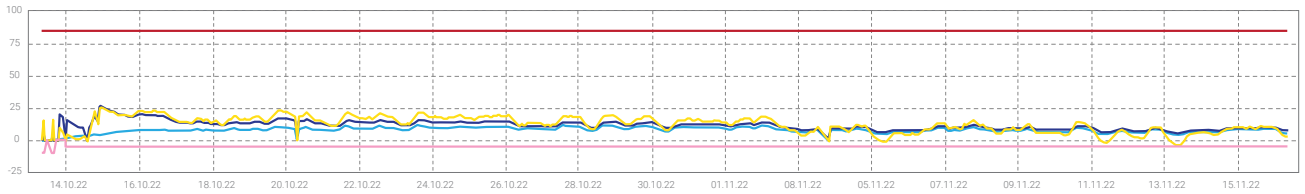
1. Петля гистерезиса (тестируется новый (заимствованный) признак изменения влажности изоляции).



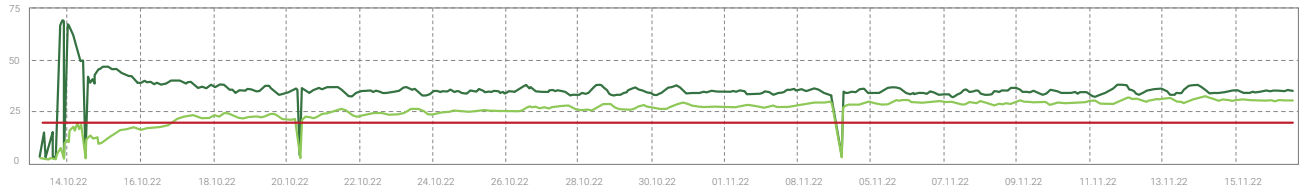
2. История событий (отражается история событий за весь период времени).



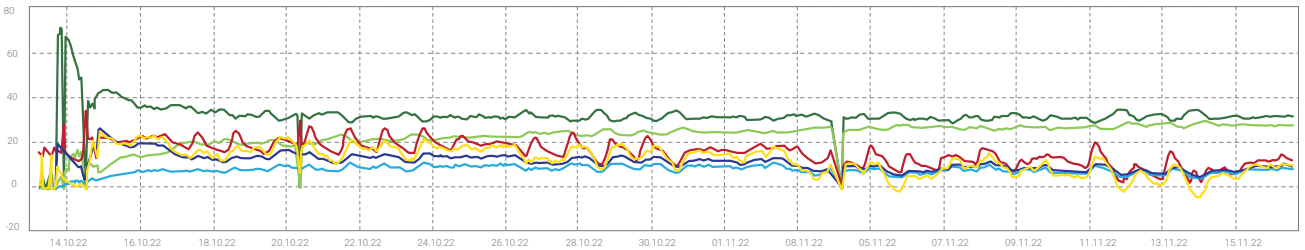
3. Изменение абсолютного влагосодержание масла (отражается измерение влажности масла на входе и выходе из модуля TRANSEC с учетом изменения температуры масла).



4. Изменение относительного влагонасыщения масла (отражается изменение относительного влагонасыщения масла на входе и выходе из модуля TRANSEC с учетом изменения температуры масла).



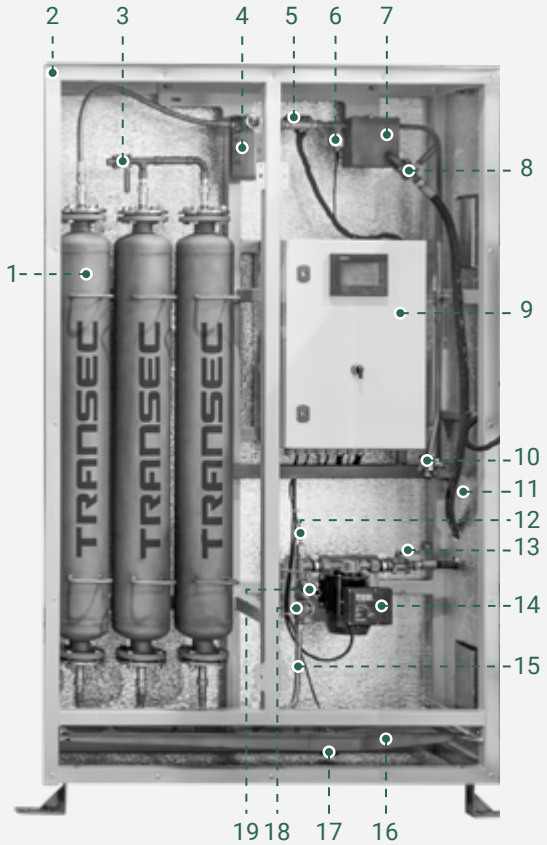
5. Совмещенные графики изменения влажности масла (абсолютного влагосодержания и относительного влагонасыщения), температуры масла и температуры ШМУ.



И иные параметры (всего разворачивается 9 графиков для ретроспективного анализа).

КОНСТРУКЦИЯ МОДУЛЯ

МОНИТОРИНГА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ МАСЛОНАПОЛНЕННОГО ТРАНСФОРМАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

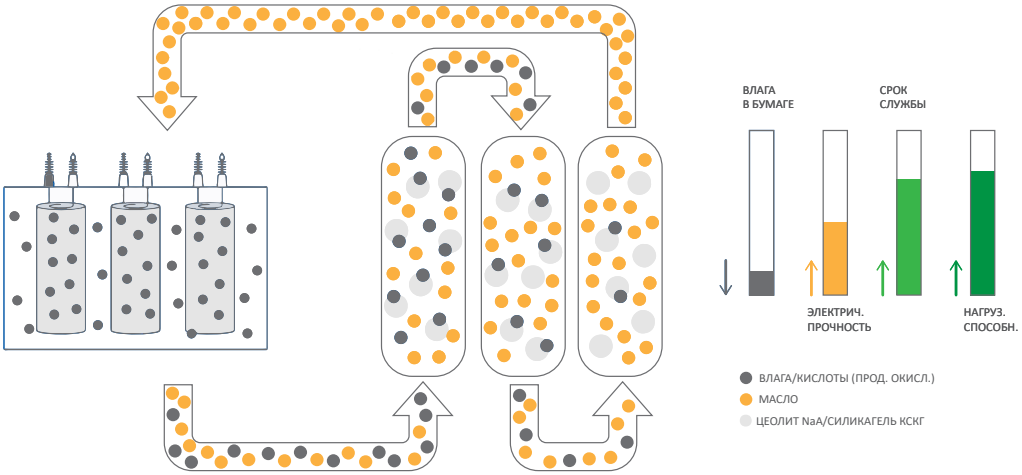


1. Резервуары адсорбции
2. Рама
3. Воздухоперепускной кран между 1 и 2 резервуарами
4. Фильтр тонкой очистки
5. Расходомер
6. Датчик влагосодержания и температуры масла на выходе
7. Деаэратор
8. Выпускной шаровой кран
9. Шкаф мониторинга и управления
10. Воздухоперепускной кран деаэратора (пробоотборный кран на выходе)
11. Шкаф наружный
12. Датчик влагосодержания и температуры масла на входе
13. Впускной шаровой кран
14. Насос
15. Соединительные трубопроводы
16. Поддон
17. Поплавковый датчик уровня
18. Индикатор потока
19. Пробоотборный кран на входе

Производство на территории РФ

	CL1	CL3
Рекомендуемая $S_{ном}$ трансформатора	Ниже 10 МВА	10 МВА и выше
Поглощающая ёмкость цилиндров	Не менее 3 кг воды	Не менее 7 кг воды
Скорость потока	350–500 литров в час	
Фильтр твёрдых частиц	3 мкм на выходе из резервуаров адсорбции TRANSEC	
Материал	Сталь с порошковым покрытием и нержавеющая сталь	
Рабочий диапазон температур масла	От 0 до 75°C	
Разрешённые условия окружающей среды	УХЛ1 (от –60 до +40°C)	
Класс защиты	УХЛ1 - IP54; УХЛ4 - IP31	
Напряжение питания однофазной сети переменного тока 50 Гц	230 В	
Потребляемая мощность	Не более 2,2 кВт	
Мониторинг	Доступен в опции (смотри страницу 19)	
Габаритные размеры модуля, ДхШхВ	1000 x 354 x 2004 мм	1250 x 354 x 2004 мм
Габаритные размеры модуля в ШН, ДхШхВ	1045 x 413 x 2077 мм	1328 x 413 x 2200 мм
Масса модуля (включая цилиндры)	155–210 кг	250–310 кг
Масса модуля с ШН	185–240 кг	280–360 кг
Время монтажа	От 4 часов, 2 человека	
Шкаф для наружной установки (ШН)	Для УХЛ1 — алюминий	

ПРИНЦИП РАБОТЫ
МОДУЛЯ TRANSEC



ПРИ НАПОЛНЕНИИ ЦЕОЛИТОМ МАРКИ NaA

Осушение масел основано на адсорбционной очистке, заключающейся в перколяции через стационарный слой гранулированного адсорбента: цеолита марки NaA. Цеолит NaA, имеющий размер пор, близкий к размеру молекул воды 3–4 Å, избирательно поглощает влагу, обеспечивая глубокую осушку масла.

Осушение твердой изоляции основано на диффузионном эффекте. Благодаря непрерывному сокращению количества воды в масле влага из твердой изоляции, подчиняясь закону равновесия, мигрирует в масло, а затем, при прохождении масла через модуль, вновь адсорбируется цеолитом. Такой циклический эффект позволяет глубоко осушать твердую изоляцию обмоток щадящим способом (без травмирующего воздействия высоких температур и вакуума).

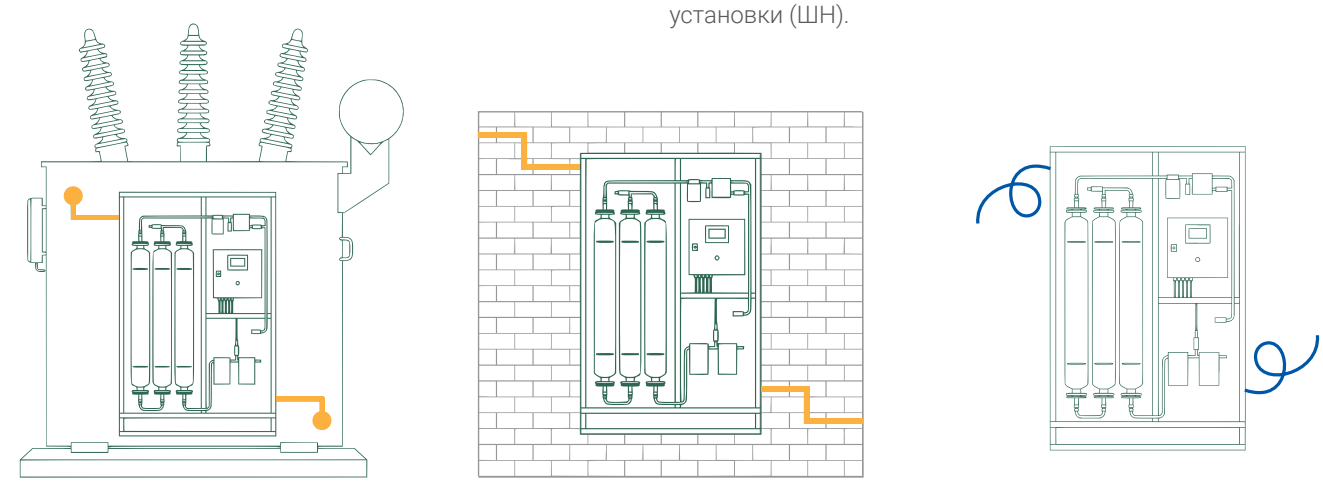
За счет молекулярно-ситового эффекта цеолит NaA не влияет на предиктивную диагностику: не поглощает антиокислительные присадки, диагностические газы и фурановые производные.

ПРИ НАПОЛНЕНИИ СИЛИКАГЕЛЕМ МАРКИ КСКГ

Регенерация масел основана на адсорбции продуктов старения, образующихся в процессе окисления, методом перколяции через стационарный слой адсорбента: крупнопористого гранулированного силикагеля КСКГ. Силикагель КСКГ, имеющий средний радиус пор 50–70 Å, извлекает продукты старения из масла.

СПОСОБЫ УСТАНОВКИ МОДУЛЯ TRANSEC

При эксплуатации TRANSEC на открытом воздухе необходимо использовать шкаф для наружной установки (ШН).



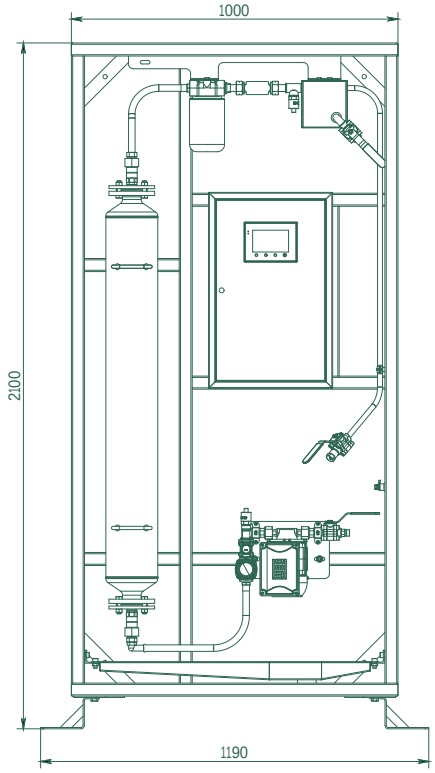
Трубы из нержавеющей стали

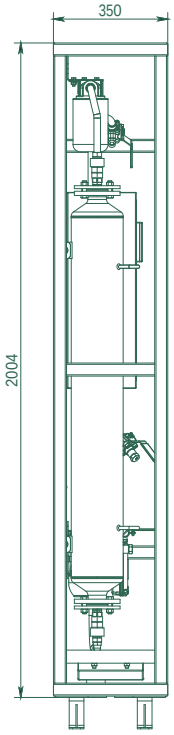
Маслостойкие шланги

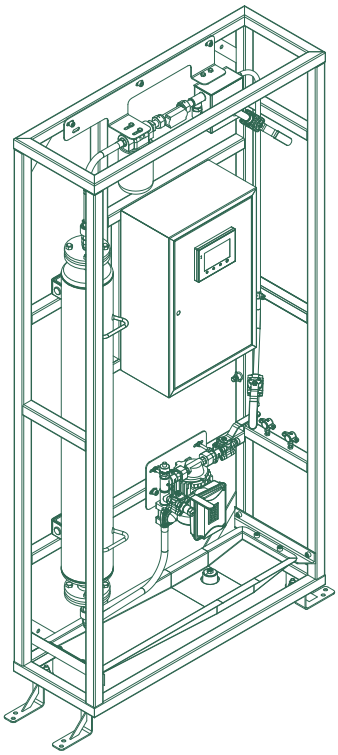
На трансформатор **На стену** **Отдельно стоящий**

РАЗМЕРЫ
МОДУЛЕЙ TRANSEC

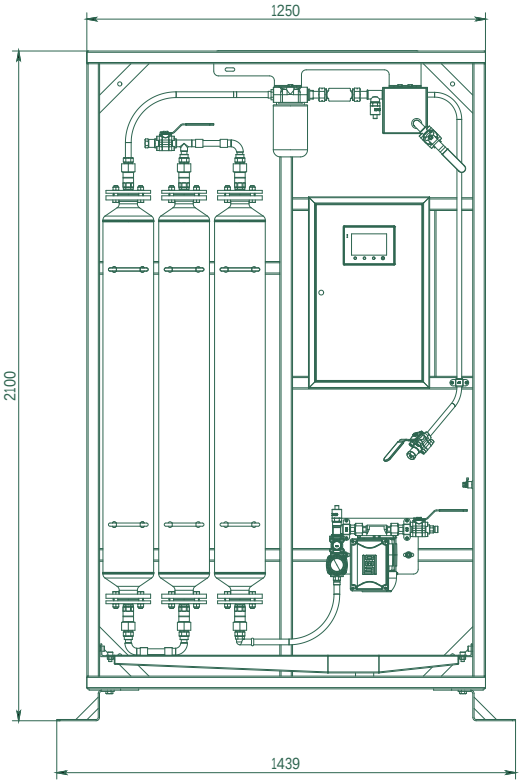
CL1

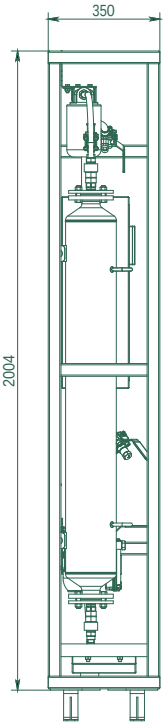


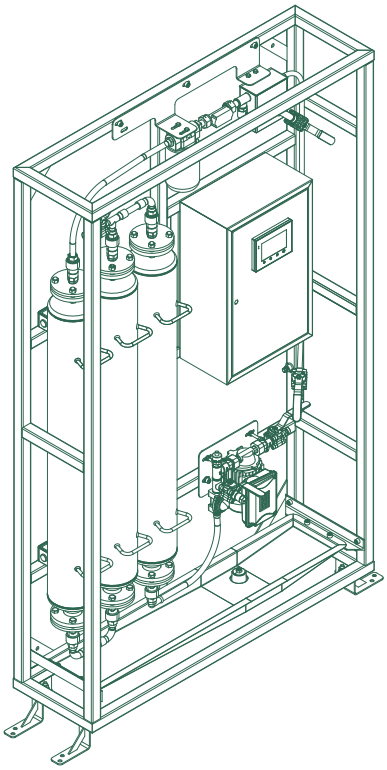




CL3

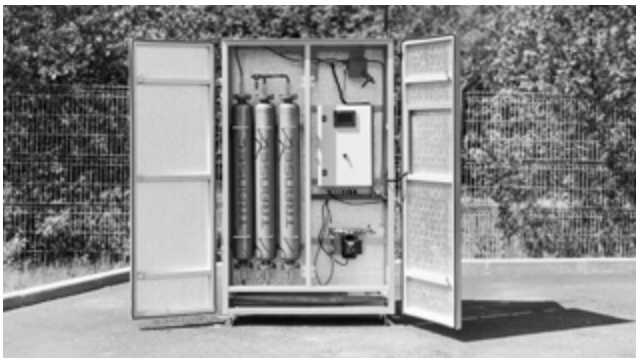






	AMi — обеспечивает автоматизированную работу модуля	**WSi — обеспечивает автоматическую работу модуля, полноценный элемент цифровой подстанции**
Локальный дисплей	Температура и абсолютное влагосодержание масла (ppm) на входе и выходе, относительное влагонасыщение на входе, состояние датчиков или сигнал тревоги, настройки, отчеты, тренды	Температура, абсолютное влагосодержание (ppm) и относительное влагонасыщение масла на входе и выходе, содержание воды в бумаге, состояние насоса и датчика или сигнал тревоги, настройки, отчеты, тренды, уровень насыщения адсорбента, общий объем извлеченной воды
Регистрация данных	Температура и абсолютное влагосодержание масла на входе и выходе, относительное влагонасыщение на входе, сигналы тревоги	Температура, абсолютное влагосодержание и относительное влагонасыщение масла на входе и выходе, содержание воды в бумаге, остаточный ресурс цеолита, количество извлеченной воды, объем перекаченного масла, рекомендуемая дата замены цилиндров, поток масла, сигналы тревоги
Сигнализация	**Индикация и отключение:** перегрев ШМУ, превышение допустимой температуры масла. **Индикация:** превышение допустимого уровня относительного влагонасыщения масла, превышение допустимого уровня абсолютного влагосодержания масла	**Индикация и отключение:** перегрев ШМУ, протечка масла, превышение или понижение допустимой температуры масла, окончание сушки изоляции. **Индикация:** низкий поток масла, превышение допустимого уровня относительного влагонасыщения масла, превышение допустимого уровня влагосодержания твердой изоляции, низкий остаточный ресурс цеолита
Заполнение цилиндров	Насыщенность оценивается на основе разницы между входом и выходом абсолютного влагосодержания масла (ppm)	Рассчитывается % остаточного ресурса цеолита, прогнозируется дата ожидаемой замены цилиндров
Датчики	2 высокоточных датчика влажности и температуры масла, датчик температуры ШМУ	2 высокоточных датчика влажности и температуры масла, датчик протечки, датчик потока, датчик температуры ШМУ
Дистанционное управление	Настройки сигнализации	Настройки аварийных сигналов, условия остановки и перезапуска насоса
Коммуникация	Через сеть 3G / 4G или Ethernet: TCP / IP (VNC, HTTP, FTP / SFTP, MODBUS) или USB-накопитель	

ОПЦИИ, ДОСТУПНЫЕ С TRANSEC



1. ВНЕШНИЙ КОРПУС

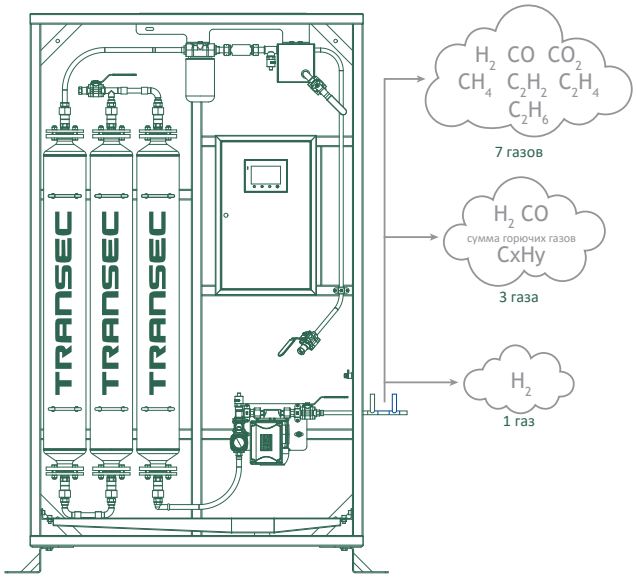
Шкаф наружной установки для модуля TRANSEC защитит HMI и оборудование от дождя, пыли, тепла от прямых солнечных лучей и ультрафиолета. Корпус изготавливается из алюминия или нержавеющей стали.

2. ЛОТОК ОБНАРУЖЕНИЯ УТЕЧЕК

Доступен только в версии WSi. Обнаружит любую утечку масла в системе TRANSEC и подаст соответствующий сигнал тревоги и отключения насоса.

3. УДОБНОЕ ПОДКЛЮЧЕНИЕ ЧЕРЕЗ ФЛАНЦЫ

Для подключения TRANSEC не требуется вносить изменения в конструкцию трансформатора. При инспекции трансформатора выбираются удобные точки подключения к маслосистеме. Бригада монтажников оснащается специально подготовленными на заводе фланцами, с помощью которых подключение выполняется быстро. В некоторых случаях возможно подключение TRANSEC на оборудование под нагрузкой.



4. ГИБРИДНЫЕ РЕШЕНИЯ TRANSEC С СИСТЕМАМИ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ МАСЛА

Возможно дооснащение модуля TRANSEC точками присоединения систем мониторинга параметров масла (анализа растворенных в масле диагностических газов, электропроводности масла, класса чистоты масла).

НОМЕНКЛАТУРА TRANSEC

Модуль TRANSEC	TR.	X	X.	X	-X	X	-A	-X	-X	-6	.1	-УХЛ
Наполнитель	Цеолит NaA Силикагель КСКГ Комбинированный	C S C	L G S									
Количество резервуаров адсорбции	1 3 3: 2 заполнены цеолитом, 1 — силикагелем 3: 1 заполнен цеолитом, 2 — силикагелем			1 3 A B								
Система мониторинга	Без мониторинга 1-го уровня: дисплей; PPM; Темп; %RS; сигнализация 2-го уровня: дисплей; PPM; Темп; %RS; сигнализация и автоматика; аналитика, насыщение цилиндров				0 A W	0 M S						
Монтаж	Стандартная рама (для установки рядом с трансформатором, на трансформаторе, на стене)						A					
Насос/ Параметры питающей сети	50 Гц; 230 В 60 Гц; 120 В							5 6				
Масло в цилиндрах	Неингибированное нафтеновое масло Ингибированное нафтеновое масло Иные изоляционные масла и/или с содержанием бинарных присадок								U I O			
Фильтры	Стандартная комплектация — 1 фильтр на выходе не более 3 мкм									6		
Версия											1	
Климатическое исполнение												

ОПЦИИ КОММУНИКАЦИИ

TR.MT.RTFO.00.iW	Волоконно-оптический роутер
TR.MT.RTGS.00.iW	GSM-роутер (2G,3G и 4G(LTE))

АКСЕССУАРЫ

TR.AC.NCYL.01.iW	1 новый цилиндр
TR.AC.NCYL.03.iW	3 новых цилиндра
TR.AC.IKIT.00.WW	Монтажный комплект: подбирается индивидуально
TR.AC.ENCL.P1.iW	Шкаф с изоляцией для CL1
TR.AC.ENCL.P3.iW	Шкаф с изоляцией для CL3

УСЛУГИ

TR.SR.REGE.01.WW	Замена 1 цилиндра
TR.SR.REGE.03.WW	Замена 3 цилиндров
TR.SR.SINS.00.WW	Шефмонтаж
TR.SR.INSP.00.WW	Инспекция трансформатора
TR.SR.MONI.UP.WW	Установка ШМУ

ДОРОГОЙ ЛИ ПРОДУКТ TRANSEC?

Модуль TRANSEC дешевле в 1,4 раза дегазационных маслоочистительных систем.

ДИСКОНТИРОВАННЫЙ СРОК ОКУПАЕМОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ НА ЗАКУПКУ TRANSEC – ДО 4 ЛЕТ

ИСТОЧНИКИ ЭКОНОМИИ:

- **Снижение затрат на капитальные и средние ремонты** за счет исключения/снижения затрат на работы по восстановлению/осушке изоляции
- **Снижение затрат на аварийно-восстановительные ремонты** за счет снижения количества отказов трансформаторов по причине плохой изоляции
- **Снижение амортизационных отчислений на трансформаторы** за счет увеличения срока полезного использования трансформаторов

Стоимость работ по восстановлению изоляции технологиями TRANSEC :

ниже в 15 раз стоимости капитального ремонта по осушке изоляции обмоток методом термовакуумной диффузии с сушкой масла;

ниже в 2,6 раза стоимости среднего ремонта по осушке трансформаторного масла дегазационной установкой хозяйственным способом.

TRANSEC позволит исключить упущенную выгоду от инвестирования отложенных капитальных затрат на покупку нового трансформатора.

Например: Для силового трансформатора стоимостью 40 000 тыс. рублей, при установке TRANSEC на 20-м году эксплуатации, продлении срока эксплуатации на 10 лет, ставке инвестирования 5% — финансовая выгода составит 16 183 тыс. рублей.

ЧТО ДЕЛАТЬ ПРИ ИСЧЕРПАНИИ РЕСУРСА АДСОРБЕНТА В ЦИЛИНДРАХ?

Обратиться к местным представителям АО «НПО «Стример». Специалисты АО «НПО «Стример» найдут ближайший сервисный центр, способный организовать замену цилиндров на новые. Сервисные центры имеют запас готовых цилиндров для замены.

Один цилиндр модульной системы TRANSEC, наполненный цеолитом NaA, способен извлечь около 3 литров воды до его полного насыщения. Скорость насыщения цилиндров водой зависит от исходной увлажненности изоляции трансформатора и его рабочей нагрузки, при которой работает TRANSEC (чем выше нагрузка, тем быстрее протекает процесс извлечения влаги).

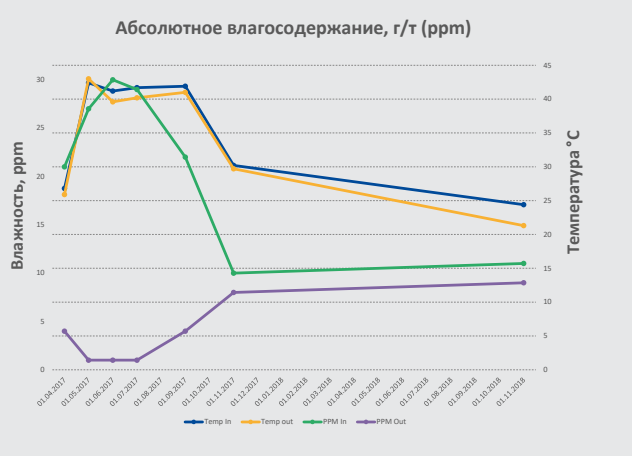
Цилиндры модульной системы TRANSEC могут быть наполнены силикагелем марки КСКГ (или иным адсорбентом), насыщение которого продуктами окисления устанавливается по офлайн-измерениям масла: кислотное число, водорастворимые кислоты и тангенс дельта масла. Скорость насыщения цилиндров продуктами старения зависит от исходной степени старения масла.

Замена трех цилиндров с адсорбентом, ресурс которого израсходован, может быть проведена в течение 30 минут на трансформаторе под нагрузкой.

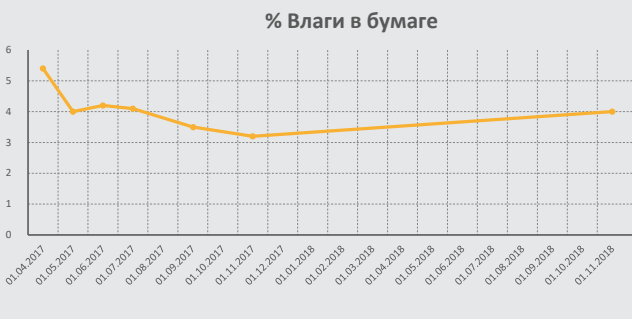
Характеристики	Среднее время для извлечения не менее7 кг воды
Трансформатор с содержанием влаги в твердой изоляции <1%	5 лет
Трансформатор с содержанием влаги в твердой изоляции 2%	2 года
Трансформатор с содержанием влаги в твердой изоляции >3%	6–12 месяцев

БОЛЕЕ 15 ЛЕТ УСПЕШНОГО ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ МОДУЛЯ TRANSEC ЗА РУБЕЖОМ

Модуль TRANSEC был установлен в ноябре 2017 года на трехфазных трансформаторах General Electric напряжением 115/13,2 кВ, мощностью 40 МВА (1970 года изготовления), в районе Даммама, Саудовская Аравия. Влажность твердой изоляции достигла более 5%, требовалась срочная сушка. После установки модуля TRANSEC зафиксировано снижение абсолютного влагосодержания масла, что вызвало улучшение пробивного напряжения масла. На втором этапе процесса, после осушки масла, начался процесс извлечения воды из бумаги.



На двух графиках за первый год можно видеть, что снизилось абсолютное влагосодержание входящего в TRANSEC масла. При этом в течение уже первого года установлено снижение влагосодержания бумаги с 5% до примерно 3%. Из графиков видно, что в течение второго года эксплуатации TRANSEC значения абсолютного влагосодержания на входе и выходе TRANSEC практически сравнялись, что указывает на исчерпание ресурса адсорбента в цилиндрах TRANSEC.
Это подтверждается увеличением содержания воды в бумаге до 4% в конце второго года. Для восстановления работоспособности TRANSEC и исключения процессов десорбции влаги подлежало заменить насыщенные влагой цилиндры новыми, заполненными готовым адсорбентом. Таким образом за 1 год из трансформатора было извлечено около 12 литров воды.

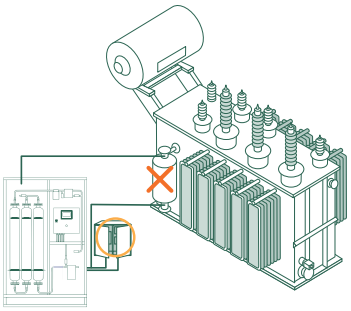


БОЛЕЕ ТРЕХ ЛЕТ УСПЕШНОГО ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ МОДУЛЯ TRANSEC В РФ

Наименование отрасли	Тип трансформатора	Количество удаленной воды из изоляции, кг
Электрические сети 35 модулей	ТДТНГ 20000/110	7,58 кг за 10 месяцев
	ТДТН 40000/110	5,82 кг за 10 месяцев
	ТРДЦН 63000/110	4,7 кг за 7 месяцев
	ТДТНГ 31500/110	5,88 кг за 8 месяцев
	АТДЦТН 125000/220	4,4 кг за 6 месяцев
	РОДЦ 60000/500	7,0 кг за 4 месяца
Генерация 6 модулей	ТРДЦН 63000/110	2,86 кг за 3 месяца
	ТДЦ 125000/220	7,04 кг за 3 месяца
	ТДЦ 125000/110	22 кг за 9 месяцев
Тяжелая промышленность - нефть, металлургия, транспорт 10 модулей	ЭТЦНВ 20000/10	1,8 кг за 1 месяц
	УТМРУ-3500/10	4,2 кг за 6 месяцев
	ТРДЦН- 80000/110	2,9 кг за 9 месяцев
	ТДНС-10000/35	5,7 кг за 10 месяцев

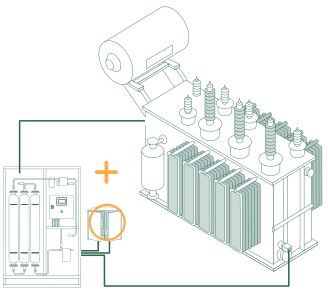
Средняя скорость сушки изоляции составляет 80–30 г/день, что позволяет за год удалить от 27 до 10 кг воды. Медленный процесс сушки изоляции модульной системой TRANSEC обеспечивает глубокое восстановление изоляционных характеристик трансформатора во всем объеме, не допуская усадки и исключая риски пересушки.

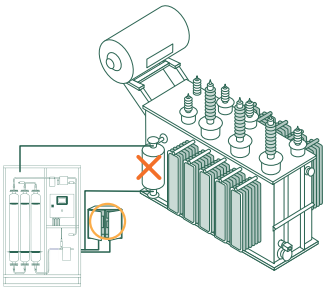
СЦЕНАРИИ ПРИМЕНЕНИЯ TRANSEC В ДЭУ



УСТАНОВКА НА НОВЫЕ Т(АТ) НА ЗАВОДЕ-ИЗГОТОВИТЕЛЕ

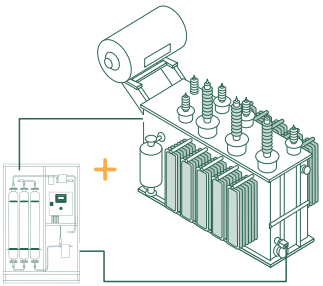
1. Повышение эффективности защиты изоляции.
2. Увеличение межремонтного периода. Снижение OPEX.
3. Повышение срока полезного использования Т (АТ).
4. Уменьшение вовлеченности персонала в работу ДЭУ.





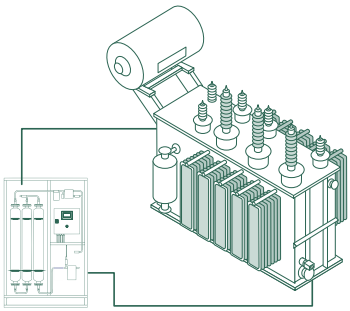
УСТАНОВКА НА Т(АТ) СО СВЕРХНОРМАТИВНЫМ СРОКОМ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ДЭУ КАК ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ИЛИ ЗАМЕЩАЮЩИЙ ЭЛЕМЕНТ

1. Восстановление изоляции щадящими методами без формирования ремонтной схемы
2. Обеспечение дополнительной защиты изоляции, компенсирующей недостатки существующей системы защиты, стареющей уплотнительной резины, работ с разгерметизацией.
3. Уменьшение количества СР и КР. Увеличение межремонтного периода. Снижение OPEX.
4. Снижение скорости функционального износа Т (АТ).



УСТАНОВКА НА Т(АТ), НАХОДЯЩИЕСЯ В РЕЗЕРВЕ

1. Повышение эффективности системы защиты изоляции.
2. Обеспечение оперативной готовности Т (АТ) для ввода под нагрузку (актуально в труднодоступных районах).

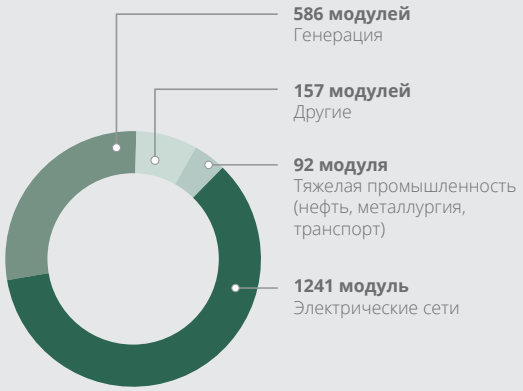


ПРИМЕНЕНИЕ В КАЧЕСТВЕ НОВОГО МОБИЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА СЕРВИСА Т(АТ) В ДЭУ

1. Щадящая технология восстановления изоляции.
2. Не требует формирования ремонтной схемы для восстановления изоляции.
3. Универсальное решение: пригодно для всех типов Т, не требует спец. оснастки и квалификации.
4. Мобильное решение: не требует применения крановой техники.
5. Малолюдное решение: контроль и управление потоком цифровых данных.
6. Нет негативного влияния на предиктивную диагностику.

К КОНЦУ 2021 ГОДА УСТАНОВЛЕНО БОЛЕЕ 2500 ЕДИНИЦ TRANSEC

КРУПНЫЕ КЛИЕНТЫ ЗА РУБЕЖОМ:

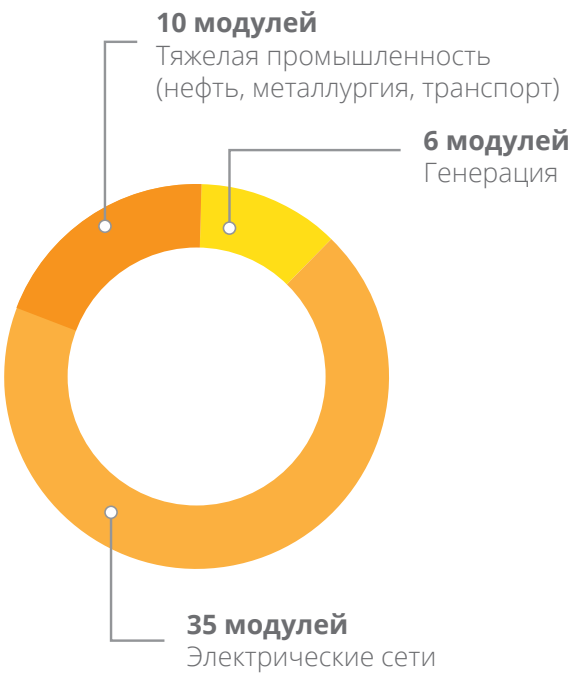


КРУПНЫЕ КЛИЕНТЫ НА ТЕРРИТОРИИ РФ:

60–20 Г/ДЕНЬ

80–30 Г/ДЕНЬ

60–15 Г/ДЕНЬ



ДЛЯ ЗАМЕТОК

TRANSEC
TRANSEC
TRANSEC

АО «НПО «СТРИМЕР»

191024, Санкт-Петербург, Невский пр.,
д. 147, офис 17-Н
+7 (812) 327-08-08
order@streamer.ru | www.streamer.ru

©2026

TRANSEC_CATA_RU_2026_FEB