

**Автоматизированная система
управления состоянием
изоляции трансформаторного
оборудования – АСУ СИТО**

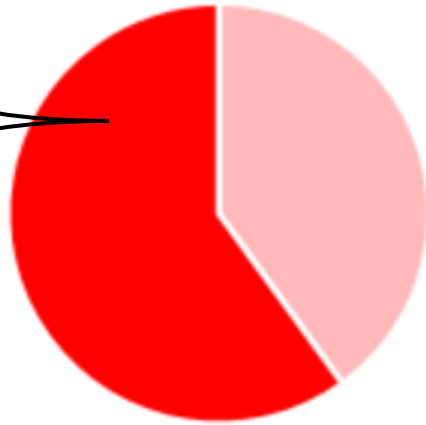
TRANSEC

2021

Целлюлозная изоляция - ресурсопределяющий элемент Т

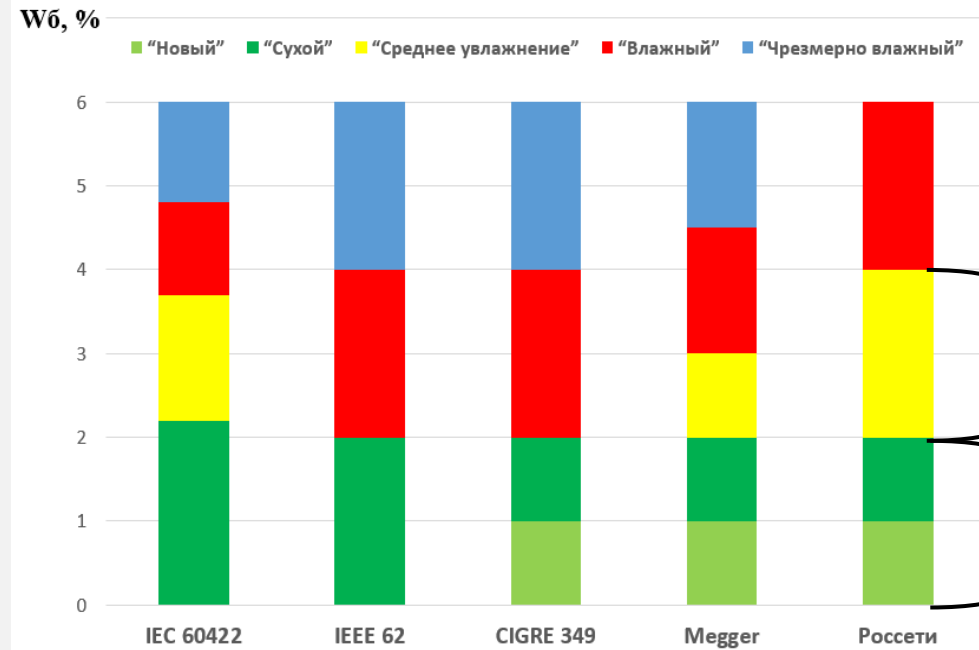
Состояние изоляции (увлажненность)
влияет на **надежность** и **нагрузочную
способность Т**

*60% отказов Т
связано с
повреждением
ИЗОЛЯЦИИ



N отказов Т

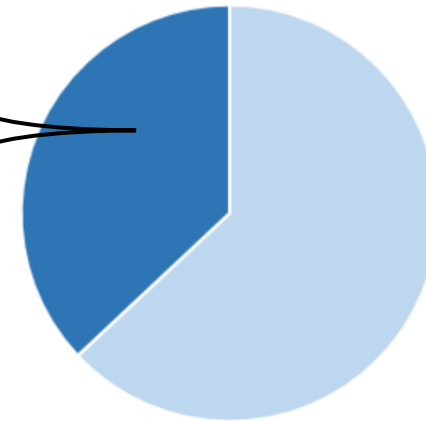
По истечении нормативного срока
эксплуатации Т ожидается рост влажности
изоляции **до 2,5 – 3,5% и более.**



Wб = 3-4%
**Опасный предел
состояния изоляции**

Wб = 2%
**Признаки старения,
ухудшение
электрической
прочности изоляции**

25-50% времени
кап. ремонта Т
занимает **сушка
изоляции**



t капитального ремонта Т

*Процесс сушки изоляции
усложняется с ростом
мощности Т
(увеличение сложности
конструкции, объема и
массы изоляции)!*

Сравним оборудование для различных способов осушки трансформаторного масла

№	Параметр сравнения	Центробежный (сепарация)	Вакуумный (дегазация)	Адсорбционный (классические цеолитовые адсорберы)	Усовершенствованный адсорбционный (АСУ СИТО TRANSEC)
1	удаление дисперсионной воды	😊	😊	😊	😊
2	удаление растворенной воды	😞	😊	😊	😊
3	возможность глубокой осушки	😞	😞	😊	😊
4	наличие on-line контроля степени осушки масла	😞	😞	😞	😊
5	удаление растворенных в масле газов	😐	😊	😐	😐
6	отсутствие влияния процесса на диагностические показатели состояния Т	😞	😞	😐	😊
7	отсутствие негативного воздействия на масло высоких t °С	😞	😞	😊	😊
8	высокая производительность	😞	😊	😐	😐
9	наличие системы самодиагностики	😞	😞	😞	😊
10	не требует надзора за работой оборудования	😞	😞	😞	😊
11	не требует обслуживания квалифицированным персоналом	😞	😞	😞	😊
12	возможно к применению на работающих Т	😞	😞	😞	😊
13	мобильное оборудование (вес, кг)	😊 (150)	😞 (800)	😞 (750)	😊 (250)
14	оптимальная стоимость оборудования (цена, тыс.руб.)	😐 (145)	😞 (2640)	😐 (1200)	😊 (1500)

Сравним различные технологии осушки твердой изоляции Т

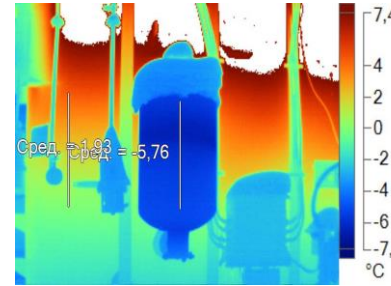
№	Параметр сравнения	Циркуляция горячего сухого масла; термовакуумная диффузия; разбрызгивание масла (циклическая сушка)	Промывка изоляции Т горячим маслом с моющими присадками	Сушка горячим воздухом; сушка индукционным методом	Подсушка изоляции электроосмосом	Современная система on-line сушки изоляции (АСУ СИТО TRANSEC)
1	рекомендуемый класс напряжения Т для применения технологии	6(10) кВ и выше	110 кВ и выше	6(10) кВ и выше	6(10) и 35 кВ	6(10) кВ и выше
2	отсутствие негативного воздействия высоких t°C на изоляцию (перегрев, старение)	☹️	☹️	☹️	☹️	😊
3	отсутствие негативного воздействия вакуума на изоляцию (макромеханическое воздействие)	☹️	☹️	😊	😊	😊
4	отсутствие влияния процесса на диагностические показатели состояния Т	☹️	😊	😊	☹️	😊
5	наличие on-line контроля степени осушки изоляции	☹️	☹️	☹️	☹️	😊
6	отсутствие существенного влияния климатических факторов на эффективность работ технологии	☹️	☹️	☹️	☹️	😊
7	быстрая осушка изоляции	😊	😊	😊	☹️	☹️
8	осушка чрезмерно влажной изоляции	☹️	😊	☹️	☹️	☹️
9	промывка изоляции от продуктов старения	☹️	😊	☹️	☹️	☹️
10	не требуется проведение полного/частичного слива масла	☹️	☹️	☹️	☹️	😊
11	технология оснащена системой мониторинга	☹️	☹️	☹️	☹️	😊
12	технология возможна к применению на работающих Т	☹️	☹️	☹️	☹️	😊
13	наличие системы самодиагностики	☹️	☹️	☹️	☹️	😊
14	не требует надзора за работой системы	☹️	☹️	☹️	☹️	😊
15	не требует обслуживания квалифицированным персоналом	☹️	☹️	☹️	☹️	😊
16	оптимальная стоимость технологии (цена, тыс.руб.)	☹️ (1500-2000)	☹️ (2000-2500)	☹️ (1000-1500)	☹️ (1000)	😊 (500)

Недостатки традиционных мер поддержания изоляции Т

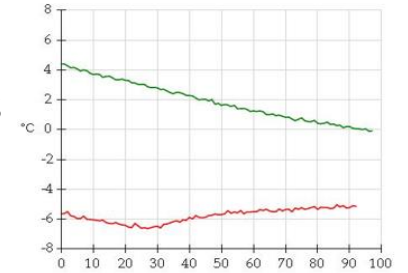
На работающем оборудовании

Термосифонные / адсорбционные / воздухоосушительные фильтры

1. Фильтры не предназначены для осушки масла
2. Низкая эффективность ТСФ/АСФ, в особенности в увлажненных маслах.
3. Существенная зависимость эффективности работы ТСФ от нагрузки Т.
4. Проведение ревизии ТСФ/АДФ на обесточенном оборудовании.



ТМН-6300/110-80У1;
К_{нагр}=0,41



На обесточенном оборудовании

Текущие, средние ремонты

1. Низкая эффективность осушки «чрезмерно влажной» изоляции. В ряде случаев краткосрочный эффект.
2. Ограничения по продолжительности выполняемых работ.
3. Ограничения по мощности применяемых технологических (маслоочистительных) установок

Капитальные ремонты

1. Наличие специальной оснастки и спецподготовки персонала.
2. Ограничения по продолжительности выполняемых работ.
3. Конструктивные ограничения в применении ряда эффективных методик обработки изоляции.
4. Негативное воздействие технологий обработки изоляции: **коробление, тепловое старение, термическая деструкция и локальные перегревы изоляции.**

Продукты старения



Влагодержание

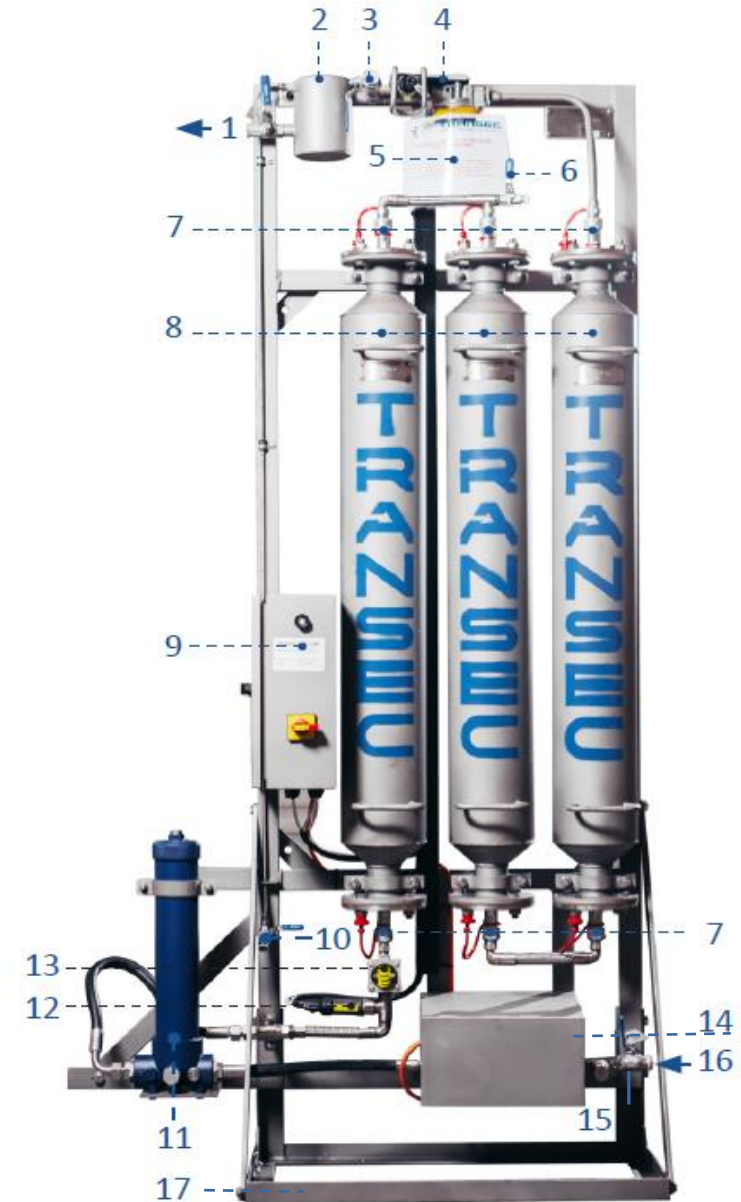


Современное инженерное решение – АСУ СИТО TRANSEC

- Непрерывный мониторинг и осушение изоляции на работающем Т.
- Монтаж технологии без отключения Т (продолжительность работ не более 4 часов).
- Управление индексом технического состояния Т. **Элемент повышения надежности узких мест.**
- Обеспечение необходимой нагрузочной способности Т.
- Отсутствие конструктивных ограничений для применения технологии: Т напряжением от 6(10) кВ и выше, мощностью 1 МВА и выше. Универсальность.
- Наличие онлайн мониторинга параметров изоляции – исключение пересушки изоляции. Онлайн доступ к данным, интеграция со смежными системами.
- Самодиагностика оборудования - защита от протечек, перегрузки насоса, холостой работы.
- Безлюдная (малолюдная) технология.
- Отсутствие влияния на предиктивные диагностические показатели Т.

УСТРОЙСТВО МОДУЛЯ

1. Выпускной клапан, возврат масла в трансформатор
2. Деаэратор
3. Пробоотборный клапан на выходе
4. Датчик влагосодержания и температуры масла на выходе
5. Фильтр микрочастиц
6. Промежуточный воздухоперепускной клапан
7. Быстроразъемные муфты
8. Цилиндры с молекулярным ситом (цеолит)
9. Шкаф блока контроля и мониторинга (опция)
10. Стравливающий воздушный клапан
11. Фильтр предочистки масла
12. Датчик влагосодержания и температуры масла на входе
13. Индикатор потока
14. Насос
15. Пробоотборный клапан на входе
16. Впускной клапан, вход масла в модуль
17. Рама





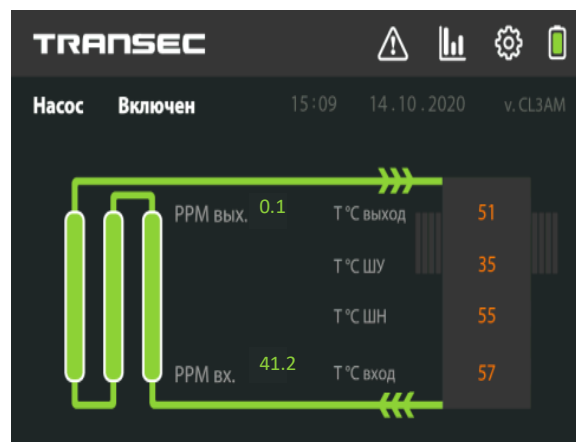
СИСТЕМА ОНЛАЙН МОНИТОРИНГА TRANSEC

Перечень анализируемых параметров

Наименование параметра	Ед. изм.	Версия WS	Версия АМ
Температура масла на входе/ на выходе	°С	+	+
Относительное влагонасыщение (%RS) на входе / на выходе	%	+	+
Влагосодержание масла (PPM) на входе / выходе	г/т	+	+
Температура внутри шкафа электроники	°С	+	-
Суммарный объем перекачанного масла	л	+	-
Скорость потока масла	л/ч	+	-
Вес извлеченной воды с начала работы	г	+	-
Вес извлеченной воды с момента последней замены цеолита	г	+	-
Остаточная емкость цилиндров с цеолитом	%	+	-
Процент воды в бумажной изоляции	%	+	-
Ориентировочная дата окончания ресурса цилиндров с цеолитом	дата / время	+	-

Варианты подключения в сети заказчика

Ethernet RG45
ВОЛС с различными типами разъемов
Wi-Fi
Мобильная передача данных включая LTE



Варианты передачи в системы верхнего уровня

Выгрузка на сменный USB носитель файла в формате csv
Возможность удаленного скачивания файла по протоколу FTP
Удаленный просмотр экрана устройства и трендов по технологии VNC (удаленный доступ к экрану) с компьютера либо мобильного устройства iOS / Android
Возможность опроса измеряемых величин системами SCADA заказчика по протоколу Modbus TCP



СИСТЕМА ОНЛАЙН МОНИТОРИНГА TRANSEC

*Перечень самодиагностируемых параметров для
отслеживания/контроля работы технологии*

Наименование события (все события со временем возникновения)	Версия WS	Версия AM
Ошибка датчика на входе / на выходе	+	+
Перегрев шкафа с электроникой	+	-
Низкий поток масла	+	-
Протечка масла	+	-
Превышение допустимой температуры масла	+	+
Пересушка изоляции	+	-
Сброс тревог	+	+
Превышение допустимого уровня относительного влагонасыщения RS%	+	+
Превышение допустимого уровня процента воды в бумажной изоляции	+	-
Низкий остаточный ресурс цеолита	+	+
Температура масла ниже 0 °С	+	-

КОГДА РЕКОМЕНДУЕТСЯ ИСПОЛЬЗОВАТЬ TRANSEC?

Т невозможно вывести в ремонт по режимам сети, а восстановление изоляции необходимо

TRANSEC монтируется и работает на оборудовании под нагрузкой

Т имеет признаки увлажнения изоляции ($W_6=2\%$ и/или $W_m \geq 25$ г/т и/или ухудшено $U_{пр}$)

TRANSEC проведет неотложную обработку изоляции в онлайн режиме

Т имеет признаки износа изоляции (значительное содержание продуктов старения в масле, наличие Fr , ухудшенная СП твердой изоляции)

TRANSEC проведет обработку изоляции в комфортных для нее условиях. В осушенном масле регенерация силикагелем протекает наиболее эффективно

Т имеет чрезмерно влажную изоляции ($\geq 3,5\%$) и/или ограниченное время по продолжительности капитального ремонта

TRANSEC позволит провести предварительную подсушку изоляции ДО кап.ремонта (позволит выбрать более дешевую технологию обработки изоляции) или досушку изоляции **ПОСЛЕ** кап.ремонта на **РАБОТАЮЩЕМ** Т (позволит увеличить меж.ремонтный период)

Т находится в центре питания наиболее ответственного участка и/или работает с высокими нагрузками и/или резко переменными нагрузками

TRANSEC в автоматическом режиме будет компенсировать (сдерживать) негативное влияние высоких/переменных нагрузок на ускоренное накопление влаги в изоляции Т. TRANSEC может быть элементом повышения надежности наиболее ответственных сетевых участков и/или узких мест, а также оборудования со сверхнормативным сроком эксплуатации



АПРОБАЦИЯ СИСТЕМЫ АСУ СИТО TRANSEC

№	Наименование организации	Тип трансформатора (дисп. №)	Количество удаленной воды из изоляции, кг
1.	Опыт применения на территории РФ		
1.1.	ООО «Газпромэнерго» Саратовский филиал ПС-35 кВ «Латухино-2»	ТДНС-10000/35 (Т-2)	5,7 кг (за 10 месяцев)
1.2.	ООО «Газпромэнерго» Южно-Уральский филиал ПС-110/10/6 кВ, «Гелий-2»	ТРДЦН- 80000/110/-75У1 (3Т)	2,9 кг (за 9 месяцев)
1.3.	ПАО «Юнипро» Шатурская ГРЭС	ТДТН-63000/110-76У1 (Т-4)	в ходе реализации (запуск 28.04.2021)
1.4.	ООО «БГК» Приуфимская ТЭЦ (ПП Павловская ГЭС)	ТРДЦН-63000/110-У1Б (3Т)	в ходе реализации (запуск 21.05.2021)
1.5.	ООО «БГК» Затонская ТЭЦ	ТДЦ-125000/220-УХЛ1 (Т-3)	в ходе реализации (запуск 19.05.2021)
1.6.	АО "ЭПМ-НЭЗ" Новочеркасский электродный завод группы ЭНЕРГОПРОМ	ТЦНП 25000/10	в ходе реализации (запуск 17.03.2021)
1.7.	ПАО «Россети Московский регион» СЭС ПС Подлипки	ТДТНГ 20000/110/35/6 (Т-2)	в ходе реализации (запуск октябрь 2020)
1.8.	ПАО «Россети Московский регион» СЭС ПС Подлипки	ТДТН 40000/110/35/6 (Т-3)	в ходе реализации (запуск октябрь 2020)
1.9.	ПАО «Россети Московский регион» ПС «Чертаново»	ТРДЦН-63000/110 (Т-3)	4,7 кг (за 7 месяцев)
1.10.	Металлургический завод Петросталь, ПС «АКОС»	ЭТЦНВ-20000/10	1,8 кг (за 1 месяц)
1.11.	Металлургический завод Петросталь	УТМРУ-3500/10 и шесть других трансформаторов	4,2 кг (за 6 месяцев)
2.	Опыт применения в странах СНГ		
2.1.	Республика Казахстан ГРЭС Топар	ТДЦ-125000/110	22 кг (за 9 месяцев)

Система TRANSEC прошла апробацию на 17 объектах РФ и стран СНГ, а также более 20 лет применяется за рубежом (установлена на более 2500 трансформаторах, в т. ч. новых производства АВВ, General Electric)

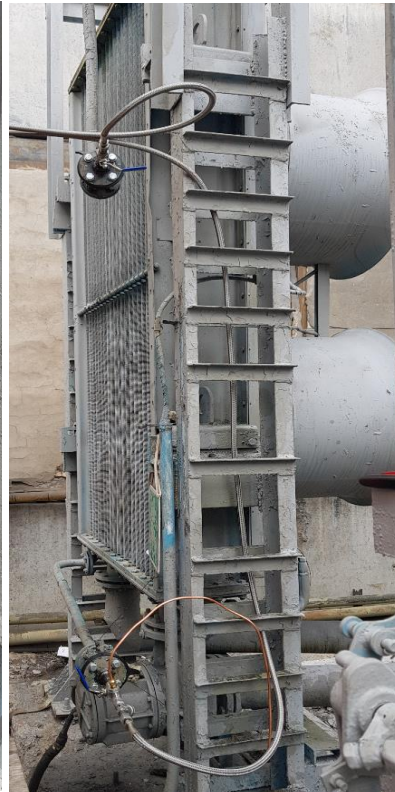
ВАРИАНТЫ МОНТАЖА АСУ СИТО TRANSEC



ТДНС-10000/35, Т-2,
ПС-35 кВ «Латухино-2»
Саратовский филиал
ООО «Газпромэнерго»



ТДЦ-125000/110
ГРЭС Топар
Республика Казахстан



ТРДЦН- 80000/110/-75У1, 3Т,
ПС-110/10/6 кВ, «Гелий-2»,
Южно-Уральский филиал
ООО «Газпромэнерго»



ТДТН-63000/110-76У1,Т-4,
Шатурская ГРЭС
ПАО «Юнипро»

ВАРИАНТЫ МОНТАЖА АСУ СИТО TRANSEC



ТРДЦН-63000/110-У1Б, 3Т,
Приуфимская ТЭЦ (ПП
Павловская ГЭС) ООО «БГК»



ТДЦ-125000/220-УХЛ1, Т-3,
Затонская ТЭЦ ООО «БГК»



ТЦНП 25000/10 Новочеркасский
электродный завод группы
ЭНЕРГОПРОМ (АО "ЭПМ-НЭЗ").



ТДТНГ 20000/110, Т-3,
ПС Подлипки
СЭС Россети Московский регион

Сравнение экономической эффективности осушки изоляции Т различными способами на примере ПС Чертаново

Способ сушки	Длительность	Результат (удалённая влага), литров	Затраты, тыс. руб. (без НДС)	Приведенные затраты к результату на Чертаново, тыс. руб.	Удельная стоимость, тыс. руб. за литр.
Сушка изоляции осушителем TRANSEC на ПС Чертаново (факт).	7 месяцев	4,7	242	242	51,5 
Циркуляция горячего сухого масла (МЦУ-7)	2 дня	0,58	50	405	86,2
Метод разбрызгивания горячего масла, термовакуумная диффузия, сушка индукционным методом	2 недели	10	1 500	705	150

При сравнении результатов и стоимости сушки изоляции можно утверждать, что использование технологии TRANSEC дешевле альтернативных способов. При этом обработка системой TRANSEC проводится без вывода силового оборудования из работы.

Пример расчета эффективности инвестиционного проекта по оснащению Т системами TRANSEC (расчет произведен на основе статистики аварийности ПАО «Россети»)

Расчет для одного Т

№	Наименование источника экономии	Сумма, тыс. р.
1.	Расчетная экономия на снижении затрат на КР за счет исключения работ по восстановлению изоляции для одного Т в год	66,7
2.	Расчетная экономия на счет исключения затрат на АВР Т (некритичных и критичных отказов) в год	24,2
2.1	<i>Затраты на АВР для устранения некритичных повреждений за период 30 лет (из расчета в год 0,01098 Т: при аварийности в год - 10,98 отказов на 1000 ед.)</i>	247,1
2.2	<i>Затраты на АВР для устранения критичных повреждений за период 30 лет (из расчета в год для 0,0002 Т: при аварийности в год - 0,2 отказа на 1000 ед.)</i>	480,0
3.	Экономия на амортизационных отчислениях для анализируемого парка Т за год (продление ресурса на 20 лет)	1066,7
ИТОГО: Расчетная экономия затрат в год		1157,6

№	Затраты	Сумма, тыс. р.	Показатель ЭЭ ИП	тыс. р.
1.	Поставка + монтаж АСУ СИТО для анализируемого парка Т	1600,00	NPV (ЧПЭ)	13 842,48
2.	ТО АСУ СИТО в течение 30 лет (периодичность 1 раз в 3 года)	1400,00	PI (ИРИ)	11
			IRR (ВНД)	36
ИТОГО: Общее количество затрат на 1 Т		3 000,00	DPBP	3,2 года

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ГИБРИДНЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА и TRANSEC

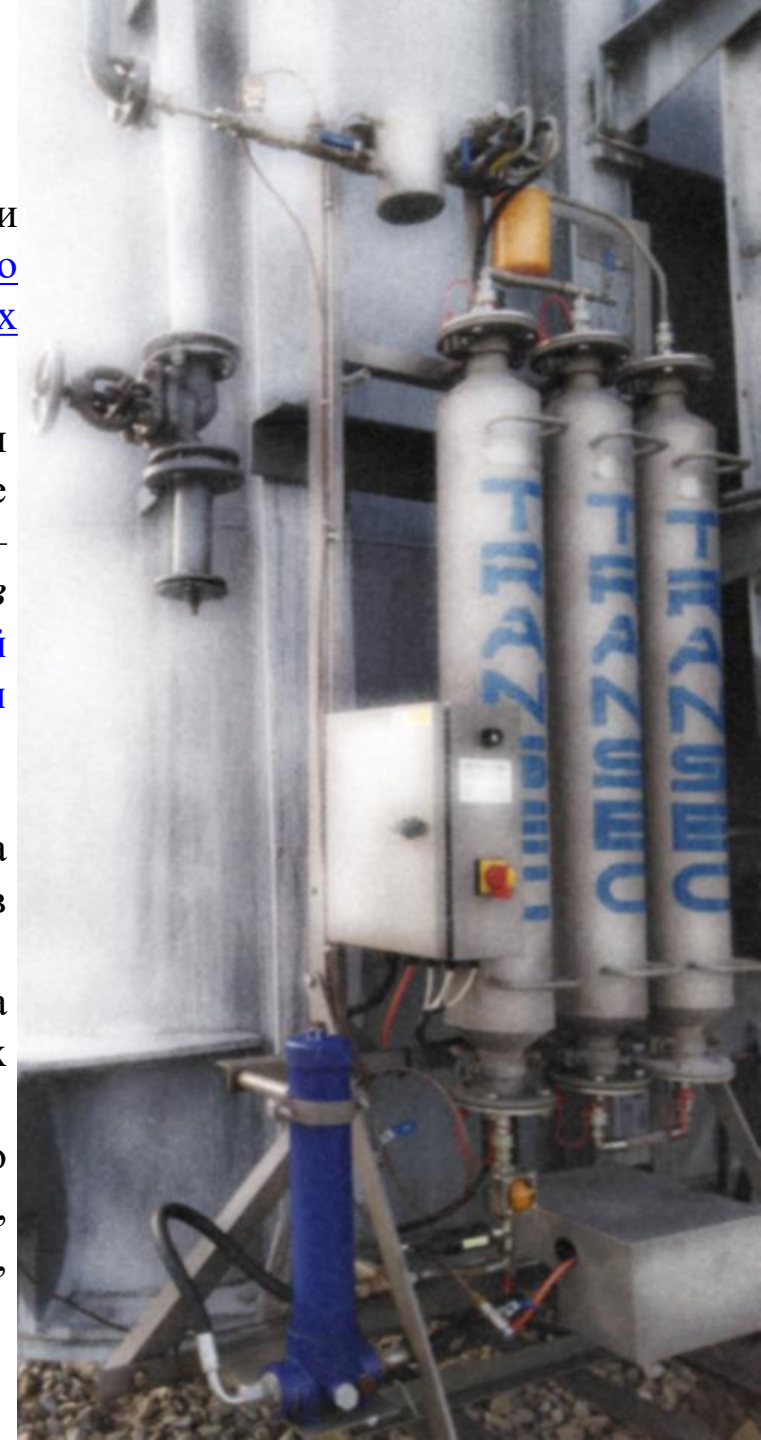
Появление новейших современных технологий по автоматической обработке изоляции трансформаторов на работающем оборудовании позволяют активно развивать [превентивную диагностику с автоматическим технологическим управлением состоянием функциональных узлов трансформатора](#).

Гибрид АСМД и **системы TRANSEC** позволяет получить уникальное решение, благодаря которому происходит *не только предсказание (обнаружение) дефектов*, но и на основе онлайн оценки состояния изоляции трансформатора происходит ее подсушка – *автоматическая обработка, направленная на предотвращение образования дефектов изоляции*. Это ведет к появлению принципиально нового решения – **автоматизированной системы диагностического мониторинга и управления техническим состоянием АСДМ и УТС**

Уникальность данного технического решения заключается в том, что:

- работы по технологическому воздействию на функциональные узлы трансформатора (изоляционная система, обмотка) проводятся на работающем оборудовании в автоматическом режиме;
- исключается негативное воздействие на изоляцию трансформатора (обработка изоляционной системы проводится без травмирующего воздействия на нее высоких температур и вакуума, не допускает пересушивание изоляции)
- участие в процессе систем мониторинга, самодиагностика модулей обеспечивают высокую эффективность профилактических работ (отсутствует необходимость надзора оператора, минимизируются непроизводительные перерывы, снижается время простоя оборудования, оптимизируются операционные расходы)

TRANSEC – это анти-эйдж технология в эксплуатации трансформаторов (торможение процессов старения и профилактика износовых дефектов изоляции)



**Спасибо
за внимание!**