

# Проблемы Сухих Трансформаторов: Перегрев, Шум, Вибрация и Решения

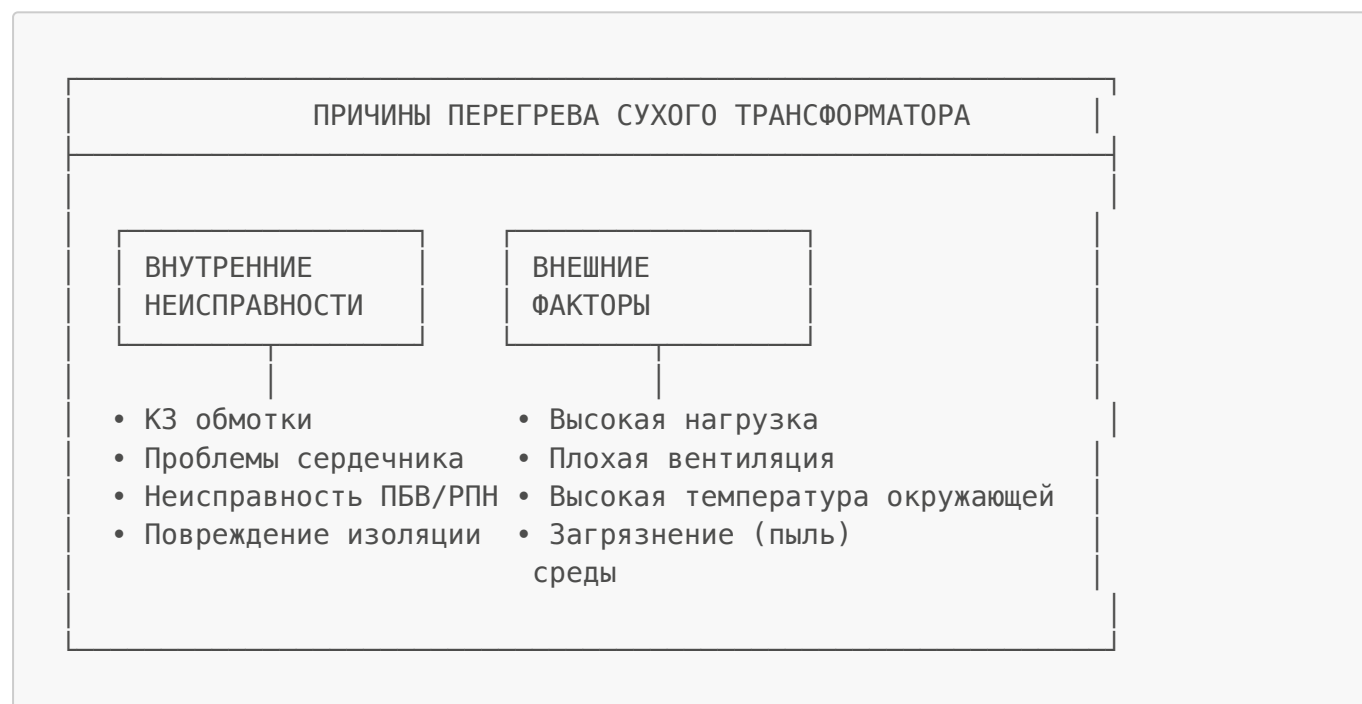
## Введение

Сухие трансформаторы, несмотря на свои преимущества в пожаробезопасности и экологичности, имеют ряд **специфических проблем эксплуатации**. Понимание этих проблем и своевременное их решение критически важно для обеспечения надежной работы оборудования.

[Инженерный аудит диагностики трансформаторов](#)

## Проблема 1: Перегрев сухого трансформатора

### Причины перегрева



### Внутренние неисправности

#### 1.1 Короткое замыкание обмотки

##### Механизм:

- Короткие замыкания между витками, слоями и жилами
- Образование петель короткого замыкания
- Высокие температуры в точке КЗ

##### Причины возникновения:

- Грубые производственные процессы → механическое повреждение изоляции
- Высокая температура → старение изоляции

- Перенапряжение → пробой изоляции
- Перегрузка по току → термическое разрушение

**Последствия:**

- Локальный перегрев (горячие точки)
- Разрушение изоляции
- Выход трансформатора из строя

**Решение:**

- Регулярные измерения сопротивления обмоток
- Контроль температурного режима
- Своевременный ремонт или замена

**1.2 Проблемы магнитопровода****Вихревые токи в сердечнике:**

- Повреждение изоляции между листами кремниевой стали
- Увеличение вихревых токов
- Локальный перегрев сердечника

**Причины:**

- Механическое повреждение при монтаже
- Старение изоляции листов
- Повреждение изоляции сквозных винтов

**Решение:**

- Визуальный осмотр сердечника
- Измерение потерь холостого хода
- При значительном увеличении — замена трансформатора

**1.3 Неисправность переключателя ответвлений (ПБВ/РПН)****Признаки:**

- Неравномерный нагрев контактов
- Повышенное контактное сопротивление
- Искрение при переключении

**Причины:**

- Недостаточное контактное давление
- Загрязнение контактов
- Неправная эксплуатация

**Решение:**

- Регулировка контактного давления

- Чистка контактов
- Замена изношенных деталей

## Внешние факторы перегрева

### 1.4 Перегрузка

#### Длительная работа с перегрузкой:

- Увеличение потерь в меди ( $I^2R$ )
- Увеличение потерь в железе
- Дополнительные потери
- Накопление избыточного тепла

#### Допустимые перегрузки сухих трансформаторов:

Перегрузка	Допустимое время	Условия
120%	2 часа	Каждые 24 часа
130%	30 минут	Каждые 6 часов
150%	10 минут	Аварийный режим
200%	1 минута	Аварийный режим

#### Решение:

- Точный расчет нагрузки при выборе
- Установка системы мониторинга
- Своевременное снижение нагрузки

### 1.5 Плохое рассеивание тепла

#### Неисправность системы охлаждения:

- Неисправность вентиляторов
- Засорение воздухопроводов
- Плохая герметизация

#### Ухудшение условий отвода тепла:

- Накопление пыли на поверхности
- Узкое помещение, плохая вентиляция
- Недостаточная высота помещения

#### Решение:

- Регулярная очистка от пыли
- Проверка работы вентиляторов
- Обеспечение свободной циркуляции воздуха

### 1.6 Факторы окружающей среды

### Высокая температура окружающей среды:

- Уменьшение разности температур
- Снижение способности рассеивания тепла
- Трудности с отводом тепла

### Рекомендуемые условия:

- Температура: +1°C до +35°C (оптимальные)
- Температура: -40°C до +60°C (предельные)
- Влажность: до 80%

### Контроль качества NDT

---

## Проблема 2: Шум и вибрация

### Нормальный уровень шума

Все трансформаторы издают **нормальный слышимый гул** из-за магнитострикции — расширения и сжатия сердечника при изменении магнитного поля.

### Стандартные уровни шума сухих трансформаторов:

Мощность (кВА)	Уровень шума (дБ)
100	55
160	56
250	58
400	60
630	62
1000	65
1600	68
2500	70

### Причины повышенного шума

#### 2.1 Ослабленный сердечник или обмотки

##### Механизм:

- Болты крепления сердечника ослабли
- Поддерживающие элементы обмоток разболтались
- Вибрация усиливается при работе

##### Решение:

- Отключение трансформатора

- Затяжка всех крепежных элементов
- Проверка момента затяжки по ТУ

## 2.2 Передача вибрации

### Механизм:

- Естественная вибрация трансформатора
- Усиление конструкцией установки
- Резонансные явления

### Решение:

- Установка амортизирующих прокладок
- Использование виброизоляторов
- Развязка от несущих конструкций

## 2.3 Перегрузка или смещение постоянного тока

### Механизм:

- Насыщение сердечника
- Увеличение магнитострикции
- Громкий шум

### Решение:

- Проверка нагрузки
- Исследование источника постоянного тока
- Устранение неисправного оборудования

## Технология снижения шума step-lap

### Принцип:

- Нарезка пластин магнитопровода под углом 45°
- Смещение швов листов
- Уменьшение вибрации

### Эффект:

- Снижение шума на 5-10 дБ
- Уменьшение потерь холостого хода на 15-25%

---

## Проблема 3: Неправильное вторичное напряжение

### Причины отклонения напряжения

#### 3.1 Неправильная установка ответвления

##### Ситуация:

- Отводы напряжения установлены неправильно
- Несоответствие фактическому первичному напряжению

**Решение:**

- Измерение входного напряжения
- Корректировка положения ПБВ
- Проверка выходного напряжения

**3.2 Высокое или низкое первичное напряжение****Причина:**

- Проблемы в питающей сети
- Отклонения от номинала

**Решение:**

- Обращение к поставщику электроэнергии
- Установка стабилизатора напряжения
- Использование РПН

**3.3 Сильная перегрузка****Механизм:**

- Значительное падение напряжения
- Нарушение нормального режима

**Решение:**

- Измерение нагрузки
- Снижение нагрузки до номинала
- Расчет и установка трансформатора большей мощности

---

## Проблема 4: Ухудшение изоляции

### Причины деградации изоляции

**4.1 Термическое старение****Механизм:**

- Длительная работа при повышенных температурах
- Разрушение полимерных цепей
- Снижение диэлектрической прочности

**Решение:**

- Контроль температурного режима
- Не допускать длительных перегрузок

- Своевременная замена

## 4.2 Влажность

### Механизм:

- Проникновение влаги в изоляцию
- Снижение сопротивления изоляции
- Риск пробоя

### Решение:

- Контроль влажности в помещении
- Использование трансформаторов с подходящей степенью защиты
- Регулярные измерения сопротивления изоляции

## 4.3 Загрязнение

### Механизм:

- Накопление пыли на поверхности
- Увеличение проводимости
- Снижение изоляционных свойств

### Решение:

- Регулярная очистка
- Установка фильтров
- Поддержание чистоты в помещении

## Проблема 5: Чувствительность к условиям эксплуатации

Требования к помещению для сухих трансформаторов

Параметр	Оптимальное значение	Допустимое значение
Температура	+1°C до +35°C	-40°C до +60°C
Влажность	до 60%	до 80%
Пыль	< 0.1 мг/м <sup>3</sup>	< 0.2 мг/м <sup>3</sup>
Высота	до 1000 м	до 4000 м

Последствия нарушения условий

### Высокая температура:

- Ускоренное старение изоляции
- Снижение срока службы
- Риск перегрева

**Высокая влажность:**

- Снижение сопротивления изоляции
- Коррозия металлических частей
- Риск пробоя

**Пыль и загрязнения:**

- Ухудшение теплоотвода
- Снижение изоляционных свойств
- Засорение вентиляционных каналов

[Подбор оборудования по условиям эксплуатации](#)

---

## Техническое обслуживание сухих трансформаторов

### Ежедневное обслуживание

- Визуальный осмотр
- Проверка индикации терморегулятора
- Контроль отсутствия посторонних звуков
- Проверка температуры в помещении

### Ежемесячное обслуживание

- Очистка от пыли (внешняя поверхность)
- Проверка работы вентиляторов (если установлены)
- Контроль креплений
- Проверка заземления

### Ежегодное обслуживание

- Измерение сопротивления изоляции
- Измерение сопротивления обмоток
- Проверка затяжки болтовых соединений
- Тепловизионный контроль
- Проверка работы системы охлаждения
- Очистка внутренних поверхностей

### Раз в 3-5 лет

- Капитальный осмотр
  - Измерение коэффициента трансформации
  - Проверка группы соединения
  - Испытания изоляции
- 

## Диагностика сухих трансформаторов

### Тепловизионный контроль

**Что выявляет:**

- Горячие точки в обмотках
- Неравномерный нагрев
- Проблемы с контактами

**Нормальная картина:**

- Равномерный нагрев всех фаз
- Температура в пределах нормы
- Отсутствие локальных перегревов

## Измерение сопротивления изоляции

**Нормативные значения:**

- При 20°C: не менее 100 МОм
- При 60°C: не менее 10 МОм

**Периодичность:** ежегодно

## Измерение сопротивления обмоток

**Цель:**

- Выявление обрывов
- Выявление коротких замыканий
- Контроль состояния контактов

## Таблица неисправностей и решений

Проблема	Признаки	Причины	Решение
<b>Перегрев</b>	Температура >130°C	Перегрузка, плохая вентиляция, КЗ	Снизить нагрузку, очистить, проверить обмотки
<b>Повышенный шум</b>	Громкий гул >70 дБ	Ослабленный сердечник, вибрация	Затянуть крепления, установить амортизаторы
<b>Отклонение напряжения</b>	U <sub>вых</sub> ≠ 380В	Неправильный отвод, перегрузка	Отрегулировать ПБВ, снизить нагрузку
<b>Утечка тока</b>	Срабатывание УЗО	Повреждение изоляции, влага	Проверить изоляцию, высушить
<b>Короткое замыкание</b>	Отключение защиты	Повреждение обмоток	Ремонт или замена

## Почему важен профессиональный подход

✅ **Регулярное обслуживание** продлевает срок службы на 30-50% ✅ **Своевременная диагностика** предотвращает аварии ✅ **Правильная эксплуатация** экономит средства на ремонт

[Инженерный подбор и закупка](#)

---

## Полезные ссылки

- [Силовые трансформаторы](#)
  - [Электротехническое оборудование](#)
  - [B2B-услуги поставок](#)
  - [Услуги и ВЭД](#)
  - [Контакты](#)
- 

*Документ подготовлен на основе опыта эксплуатации сухих трансформаторов и рекомендаций производителей.*