

## Виды повреждений трансформаторов и соответствующие диагностические характеристики

Механизм повреждения трансформаторов	Виды дефектов	Диагностический параметр
Электромагнитные силы, вызванные током КЗ, изменяют геометрию обмотки и соответственно величину реактанса рассеяния	Деформация обмотки трансформатора	Реактанс рассеяния
Повреждение изоляции образует контур, сцепленный с основным магнитным потоком. Результирующий циркулирующий ток вызывает увеличение активного и индуктивного компонентов тока намагничивания и рост потерь х. х.	Межвитковое замыкание: а) полное замыкание двух или нескольких витков; б) замыкание двух или нескольких параллельных проводников, принадлежащих разным виткам	Ток намагничивания и потери Х. Х.
Повреждение изоляции образует контур, сцепленный с потоком рассеяния. Результирующий циркулирующий ток вызывает увеличение дополнительных потерь в опыте КЗ	Замыкание параллельных проводников; витковые замыкания в обмотках трансформатора, встроенных в трансформатор реакторов и регулировочных трансформаторов; повреждение изоляции прессующих винтов	Дополнительные потери КЗ
Ухудшенный контакт и перегрев контактов отводов РПН или ПБВ вызывают образование пленки, эрозию поверхностей, увеличение переходного сопротивления	Перегрев и эрозия контактов	Сопротивление постоянному току
Механическое смещение или перегрев проводника вызывает его обрыв или перегорание и соответствующее изменение сопротивления токоведущей цепи	Обрыв цепи	Ток намагничивания и потери х. х.; сопротивление постоянному току

<p>Механические воздействия или перевозбуждение могут вызвать повреждение изоляции элементов магнитопровода и образование контура, сцепленного с основным магнитным потоком. Результатирующий циркулирующий ток вызывает увеличение активного и индуктивного компонентов тока намагничивания и рост потерь х. х.</p>	<p>Закорачивание листов электротехнической стали, нарушение изоляции стержней шпилек, ярмовых балок и др., когда в результате этого образуются контуры короткозамкнутых витков, сцепленных с основным потоком; неправильное заземление магнитопровода трансформатора; межвитковые замыкания и замыкания параллельных проводников, принадлежащих разным виткам; нарушение изоляции прессующих винтов, смещение обмоток, а также дефекты РПН, вызывающие изменение магнитного сопротивления на участке магнитной цепи</p>	<p>Ток намагничивания и потери Х. Х</p>
--	---	---

### Основные виды повреждений трансформаторов

Основные виды повреждений трансформаторов, их признаки, возможные причины и способы выявления

Основные виды повреждений	Признаки повреждений	Возможные причины повреждений	Способы выявления повреждений
<b>Магнитопровод</b>			
Дефектность межлистовой изоляции	Ухудшение состояния масла (понижение температуры вспышки, повышенная кислотность). Увеличение потерь холостого хода	Перегревы, вызываемые вихревыми токами или токами в короткозамкнутых контурах, образующихся в результате нарушения изоляции активной стали в местах соприкосновения со стержнями шпильками, наличия забоин и т. п., а также нарушения	Внешний осмотр трансформатора при вынутой активной части Специальные испытания: замер потерь холостого хода при зашихтованном ярме с контрольной обмоткой; замер напряжений между крайними пластинами и

		<p>схемы заземления.</p> <p>Влага, которая конденсируется на поверхности масла, попадает на верхнее ярмо, проникает между пластинами активной стали в виде водомасляной эмульсии (смеси влаги с горячим маслом), разрушает межлистовую изоляцию и вызывает коррозию стали</p>	<p>пакетами возбужденного магнитопровода</p> <p>Анализ масла</p> <p>Проверка изоляции стержней шпилек или бандажей мегомметром</p>
<p>Местное замыкание пластин стали и «пожар» в стали</p>	<p>Появление газа в газовом реле и работа газовой защиты на сигнал.</p> <p>Понижение температуры вспышки масла.</p> <p>Специфический резкий запах и темный цвет масла вследствие его разложения (крекинг- процесс)</p>	<p>Наличие каких-либо посторонних металлических или токопроводящих частиц, замыкающих в данном месте пластины стали.</p> <p>Повреждение изоляции стержней шпилек, создающее короткозамкнутый контур. Касание какой-либо металлической части и стержня в двух точках.</p>	<p>То же</p>
<p>Основные виды повреждений</p>	<p>Признаки повреждений</p>	<p>Возможные причины повреждений</p>	<p>Способы выявления повреждений</p>
	<p>Повышение потерь и тока холостого хода</p>	<p>Местное повреждение изоляции пластин стали, вызывающее замыкание пластин стали.</p> <p>Неправильное заземление, создающее короткозамкнутый контур. Разрушение или отсутствие изолирующих</p>	

		прокладок в стыках стыкового магнитопровода	
Повышенная вибрация магнитопровода	Ненормальное гудение, дребезжание, жужжание у шихтованного магнитопровода. Недопустимое гудение у стыкового магнитопровода	Ослабление прессовки магнитопровода Самопроизвольное разболчивание и свободное колебание крепежных деталей. Колебание отстающих крайних листов стали в стержнях или ярмах. Ослабление прессовки стыков. Пробой или разрушение изолирующих прокладок в стыках	Внешний осмотр активной части Проверка величины напряжения, подаваемого на трансформатор
Обрыв заземления	Потрескивание внутри трансформатора при повышенном напряжении	Ослабление крепления или механические повреждения заземления	Внешний осмотр заземлений при вынутой активной части
Увеличены зазоры в стыках между пластинами активной части Завышена толщина прокладок в стыках ярм и колонн в стыковом магнитопроводе	Повышенный ток холостого хода при нормальных потерях холостого хода	Плохая шихтовка. Толщина прокладок в стыковом магнитопроводе у трансформаторов IV—VI габаритов больше 1 мм	Проверка потерь и тока холостого хода Внешний осмотр при вынутой активной части
<b>Обмотки</b>			
Витковое замыкание	Работа газовой защиты на отключение (газ — горючий, бело-серого или синеватого цвета). Ненормальный нагрев, иногда с	Разрушение витковой изоляции из-за старения в результате естественного износа или длительных перегрузок при недостаточном охлаждении.	Внешний осмотр активной части Испытания: замер сопротивлений постоянному току; три специальных испытания при

	<p>характерным бульканием масла. Небольшое увеличение первичного тока. Разные сопротивления отдельных фаз постоянному току. Работа дифференциальной, а также максимальной токовой защиты, если последняя установлена на стороне первичной обмотки (при значительных повреждениях)</p>	<p>Нарушение изоляции витков из-за механических повреждений в результате толчков или деформации обмоток при коротких замыканиях и других аварийных режимах. Обнажение обмоток вследствие понижения уровня масла. Дефекты изоляции провода или самого провода (заусенцы, внутренние раковины, плохая пайка), незамеченные при изготовлении обмоток. Неправильная укладка и выполнение переходов. Неправильная опрессовка обмоток</p>	<p>пониженном напряжении с поочередным замыканием одной из фаз; прожиг обмотки для обнаружения виткового замыкания при открытой активной части путем подвода к обмотке пониженного напряжения (10—20% номинального); в месте повреждения появится дым (при прожиге обмотки необходимо принять меры противопожарной безопасности) Выявление</p>
Обрыв в обмотках	<p>Работа газовой защиты вследствие дуги, возникающей в месте обрыва и разлагающей масло</p>	<p>Отгорание выводных концов вследствие электродинамических усилий при коротких замыканиях или из-за плохих соединений. Некачественная пайка проводов. Выгорание части витков вследствие виткового замыкания в обмотке</p>	<p>виткового замыкания искателем Порозова Проверка состояния и работы охлаждающих устройств Проверка обмоток амперметрами, включенными в</p>
Пробой на корпус	<p>Работа газовой, максимальной токовой и дифференциальной защиты. Выброс масла через предохранительную трубу</p>	<p>Дефектность главной изоляции вследствие старения или наличия трещин, отверстий, изломов, мятых неровных краев, а также наличия пыли, ворсинок и т. д. Касание края цилиндра</p>	<p>отдельные фазы Измерение сопротивлений обмоток мегомметром при соединении их звездой Измерение сопротивлений</p>

		<p>или барьера металлических частей прессующего устройства, в результате чего может возникнуть ползучий электрический разряд по изоляции из электрокартона.</p> <p>Понижение уровня масла.</p> <p>Попадание влаги или грязи внутрь трансформатора.</p> <p>Перенапряжения.</p> <p>Деформация обмоток при коротких замыканиях</p>	<p>обмоток</p> <p>постоянному току между линейными вводами при соединении в треугольник. При полном обрыве одной фазы результаты двух замеров равны. При этом каждый замер равен сопротивлению фазы. Третий замер фазы, где произошел обрыв, дает двойную величину сопротивления. При наличии неполного обрыва фазы величина ее сопротивления будет несколько больше, чем у двух других</p> <p>Проверка мегомметром изоляции между обмотками и корпусом</p> <p>Испытание масла на анализ и электрическую прочность</p> <p>Внешний осмотр активной части</p>
<p>Междуфазное короткое замыкание обмотки</p>	<p>То же</p>	<p>Причины те же, что и при пробое на корпус, кроме того: замыкание на отводах, замыкание на вводах</p>	<p>Внешний осмотр при вынутой активной части</p> <p>Проверка мегомметром</p>

<p>Замыкание параллельных проводов в витках непрерывной обмотки, близких к ее началу или концу</p>	<p>Увеличение потерь холостого хода при нормальном токе холостого хода</p>	<p>Причины те же, что и при витковом замыкании</p>	<p>Внешний осмотр мест подгаров изоляции витков при вынутой активной части Пофазные измерения потерь и токов холостого хода</p>
<p>Замыкание параллельных проводов в витках винтовой обмотки в месте транспозиции</p>	<p>Увеличение потерь короткого замыкания</p>	<p>Уравнительные токи в замкнутых контурах</p>	<p>Внешний осмотр мест потемнений и подгаров изоляции витков при вынутой активной части Пофазные измерения потерь короткого замыкания</p>
<p>Параллельные соединения катушек с неравным количеством витков</p>	<p>Перегрев обмоток от уравнительных токов</p>	<p>Уравнительные токи между параллельными ветвями</p>	<p>3. Проверка прибором Порозова. Внешний осмотр мест потемнений, подгаров и разрушений изоляции витков при вынутой активной части</p>
<p>Обрыв одного или нескольких параллельных проводов в витке обмотки</p>	<p>Увеличение потерь короткого замыкания, а также напряжения короткого замыкания</p>	<p>Причины те же, что при обрыве в обмотках</p>	<p>Измерение сопротивления обмоток постоянному току Измерение потерь и напряжения короткого замыкания Внешний осмотр мест потемнений, подгаров и разрушений изоляции витков при вынутой активной части.</p>

Переключатели			
Оплавление или выгорание контактных поверхностей	Работа газовой защиты, а иногда дифференциальной и максимальной токовой защит	Дефекты конструкции или сборки (недостаточное нажатие контактов и упругость нажимных пружин). Перегревы от сверхтоков, возникающих при близких коротких замыканиях	Внешний осмотр при вынутой активной части Проверка мегомметром при наличии обрыва Измерение сопротивлений постоянному току на всех ответвлениях
Перекрытие между фазами или отдельными ответвлениями (дефект аналогичен междуфазному короткому замыканию обмоток)	Работа газовой, дифференциальной и максимальной токовой защит. Выброс масла через выхлопную трубу	Перенапряжения. Попадание влаги внутрь трансформатора. Дефекты в изолирующих частях (трещины, изломы и т. п.)	Внешний осмотр при вынутой активной части Проверка мегомметром
Основные виды повреждений	Признаки повреждений	Возможные причины повреждений	Способы выявления повреждений
Высоковольтные воды			
Пробой на корпус	Работа максимальной токовой и дифференциальной защит	Наличие трещин в изоляторе. Понижение уровня масла при загрязненной внутренней поверхности изолятора	1. Внешний осмотр трансформатора 2. Отсоединение ввода и проверка его изоляции мегомметром
Перекрытие между вводами	То же	Попадание посторонних предметов на вводы	Внешний осмотр
Негерметичность уплотнений	Течь масла в местах уплотнений	Ослабление затяжки болтов. Дефектная уплотняющая прокладка	Внешний осмотр

Некачественная армировка ввода	Течь масла в месте армировки ввода	Дефекты в армировке (трещины и т. д.). Трещина в фарфоре изолятора, скрытая армировочной массой (просачивание масла через армировочные швы)	Внешний осмотр После съема ввода опустить фарфор в масло на несколько часов, затем тщательно протереть поверхность тряпками, опылить зубным порошком и нагреть до 40—50° С — из трещин выступит масло
Нагрев фарфоровых вводов	Появление трещин	Пробой фарфора вследствие дефекта в самом фарфоре	Внешний осмотр
Нагревы стального фланца ввода	—	Вихревые токи, нагревающие металл	Измерение температуры нагрева фланца
Бак, радиаторы, расширитель			
Негерметичность уплотнений	Течь масла в местах уплотнений	Ослабление затяжки болтов. Дефектность уплотняющих прокладок	Внешний осмотр трансформатора
—	Течь масла через швы, трещины, пробоины и т. д.	Механические повреждения металлоконструкций	То же
Трансформаторное масло			
Ненормальное повышение температуры масла и местные нагревы		Неисправности в системе охлаждения (например, закрыты радиаторные краны, вышли из строя дутьевые вентиляторы). Перегрузка трансформатора. Внутренние повреждения в трансформаторе	Проверка работы системы охлаждения Проверка нагрузки и соответствия температуры масла данной нагрузке (по записям в журнале) Обследование активной части

Ухудшение качества масла		<p>Внутренние повреждения, сопровождающиеся крекинг-процессом, когда газообразные продукты разложения масла растворяются в остальном масле, в результате чего понижается температура вспышки масла.</p> <p>Сопровождаемые разложением масла дугой — выделяемые при этом газы горючи и содержат водород и метан</p>	<p>Анализ масла</p> <p>Анализ выделяемых маслом газов</p> <p>Обследование активной части</p>
—	Работа газовой защиты на сигнал	<p>Попадание воздуха в реле. Медленное понижение уровня масла.</p>	<p>1. Анализ газов на количество, цвет, запах, горючесть. (Если газ без цвета, запаха и не горит, значит в реле попал воздух; если газ горит — имеется внутреннее повреждение в трансформаторе, по количеству газа судят о размере повреждения.</p>
Основные виды повреждений	Признаки повреждений	Возможные причины повреждений	Способы выявления повреждений
—	Работа газовой защиты на отключение	<p>Внутренние повреждения, сопровождаемые крекинг-процессом. Короткое замыкание, вызвавшее толчок масла через газовое реле</p>	<p>Цвет газа показывает характер повреждения (белосерый — бумага и электрокартон, желтый — дерево, черный — масло)</p>

		Резкое понижение уровня масла. Внутренние повреждения, сопровождаемые сильным выделением горючих газов	Анализ масла Внешний осмотр и выяснение причины снижения уровня масла То же
--	--	---	---

В таблице приведены только основные, наиболее характерные неисправности и дефекты силовых трансформаторов, с которыми приходится сталкиваться оперативному персоналу.