

Реле «ТИМ-3» - мониторинг и диагностика технического состояния изоляции трансформаторов

1. Общее описание.

Реле контроля изоляции «ТИМ-3» (Transformer Insulation Monitor) предназначено для мониторинга технического состояния силовых трансформаторов. Реле «ТИМ-3» сочетает в себе высокую эффективность и комплексный подход к оценке состояния трансформатора. Использование в реле самых современных методов и средств диагностики высоковольтного оборудования, позволяет позиционировать его как функционально законченную и эффективную систему мониторинга трансформаторов.

Реле ТИМ-3 отличается комплексным подходом к оценке технического состояния трансформатора. При помощи реле контролируется состояние вводов трансформатора, состояние изоляции обмоток, осуществляется контроль за эффективностью работы системы охлаждения. На основании контроля токов нулевой последовательности в нейтрали трансформатора контролируется изменение сопротивления обмоток трансформатора.

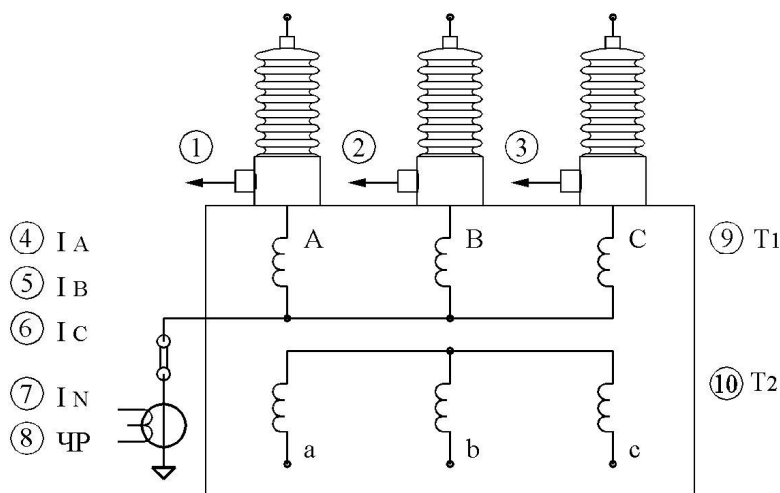
В таблице приведен перечень контролируемых параметров и методов диагностики, реализованных в реле «ТИМ-3».

Параметр трансформатора	Используемый метод контроля
Состояние главной изоляции.	- Измерение и анализ частичных разрядов в изоляции трансформатора. Выявление типа дефекта. - Корреляция интенсивности частичных разрядов, и типа выявленного дефекта, с данными хроматографии.
Контроль состояния вводов.	- Контроль токов проводимости вводов. Отключение трансформатора при возникновении предаварийной ситуации. - Контроль частичных разрядов во вводах. - Выявление дефектного ввода и возможного типа дефекта.
Контроль сопротивления обмоток фаз.	- Измерение и анализ тока в нейтрали трансформатора. Выявление несимметрии сопротивлений обмоток, возникающей при нарушении формы обмоток после воздействия токов КЗ.
Контроль работы системы охлаждения.	- Контроль разницы температур верхней и нижней части бака трансформатора, с учетом нагрузки и температуры окружающей среды. - Сравнение текущего теплового состояния трансформатора с данными адаптивной тепловой моделью трансформатора.

Для осуществления непрерывного контроля за текущим состоянием трансформатора при помощи защитного и диагностического реле «ТИМ-3», на нем стационарно монтируется 10 первичных датчиков, условно показанных на схематическом рисунке трансформатора.

Это:

- Три датчика марки DB-2 на ПИН высоковольтных вводов, предназначенных для регистрации токов проводимости вводов и частичных разрядов (№ 1-3).
- Три датчика для регистрации токов фаз трансформатора. Эти кольцевые датчики одеваются на провода вторичных цепей штатных трансформаторов тока (№ 4-5).
- Два датчика, в одном корпусе, в цепи нейтрали первичной обмотки, предназначенные для регистрации тока нулевой последовательности и частичных разрядов (№ 7 и 8).
- Два датчика (термосопротивления) для контроля температуры верхней и нижней части бака трансформатора (№ 9 и 10).



- Кроме того, для повышения точности проведения измерений и получения более достоверных диагнозов, в реле «ТИМ-3» дополнительно регистрируются параметры окружающей среды – влажность и температура воздуха (датчики 11 и 12, на схеме не показанные).

Информация из смонтированного на контролируемом трансформаторе реле «ТИМ-3»,

по интерфейсу RE-485, передается в прибор для контроля растворенных газов в масле (фирмы Kelman), где проводится корреляция диагностических заключений двух приборов.

В качестве выходной информации для систем релейной защиты в реле «ТИМ-3» используются три реле – тревога, авария и статус реле.

Сохраняемый в памяти реле «ТИМ-3» архив событий, глубиной в два года, позволяет более качественно проводить анализ условий эксплуатации контролируемого трансформатора.

Конструктивно реле «ТИМ-3» выполнено в виде законченного модуля размером 220 * 200 * 50 мм. Поскольку оно рассчитано на работу в промышленном диапазоне внешних температур, то оно может монтироваться рядом с контролируемым трансформатором, обычно без использования устройств подогрева.

2. Частные технические параметры реле «ТИМ-3».

2.1. Система для регистрации токов проводимости вводов.

2.1.1. Датчики, монтируемые на ПИН вводов.

Параметры датчиков приведены в таблице.

№	Параметр	Значение
1	Тип датчика	ДВ-3
2	Контролируемые параметры	Токи проводимости и частичные разряды
3	Диапазон рабочих напряжений контролируемых вводов	60 – 500 kV
4	Тип посадочного фланца датчика	В зависимости от типа и производителя ввода
5	Наличие защиты от импульсных перенапряжений	Защита встроена, 4 уровня, защита от импульсов тока до 20 kA
6	Наличие защиты от обрыва соединительного кабеля	Защита встроена, три уровня, выходное напряжение на ПИН ограничено значением 20 В
7	Тип соединительного кабеля от датчика к реле	RG-58C/U, или аналогичный

2.1.2. Метод контроля технического состояния вводов.

В реле «ТИМ-3» реализованы четыре метода, позволяющие надежно оценивать изменение параметров вводов.

- Контроль вектора тока небаланса, по амплитуде и по фазе, относительно вектора тока фазы «А».
- Формирование сигнала, соответствующего тревожным и опасным состояниям одного, или двух, вводов.
- Выявление температурных зависимостей параметров вводов, указывающих на наличие дефектов.
- Аналитическое выявление дефектного ввода, с указанием типа возможного дефекта, изменение $\text{tg}\delta$, или величины емкости ввода.

2.1.3. Особенности заказа реле «ТМ-3» для различных типов трансформаторов.

При заказе системы всегда необходимо указывать тип установленных на трансформаторе вводов, и фирму изготовителя, чтобы можно было правильно выбрать датчики с необходимыми посадочными размерами.

2.2. Система для регистрации частичных разрядов в трансформаторе.

2.2.1. Датчики, предназначенные для регистрации частичных разрядов.

В реле «ТМ-3» используются 4 датчика;

- Датчики DB-3, используемые для контроля токов проводимости вводов, 3 штуки.
- Датчик частичных разрядов в нейтрали трансформатора марки RFCT-4, 1 штука.

Для регистрации частичных разрядов в нейтрали трансформатора используется комплексный датчик, включающий в себя датчик частичных разрядов RFCT-4, и измерения токов нулевой последовательности, выполненные в общем корпусе.

Для уменьшения влияния окружающей среды в системе регистрации частичных разрядом используется информация о температуре и влажности наружного воздуха.

2.2.2. Параметры контролируемых частичных разрядов.

Измеряемые параметры:

- Частотный диапазон регистрируемых частичных разрядов – $0,5 \div 20$ МГц
- Амплитуда регистрируемых импульсов от датчиков – $0,004 \div 10$ В.
- Входное сопротивление входных каналов по высокой частоте – 50 Ом.
- Реальная чувствительность измерительных каналов – от 20 пКл.

2.2.3. Используемые в реле методы отстройки от помех.

Для эффективной отстройки от помех в реле «ТМ-3» используются следующие технические и алгоритмические методы:

№	Метод отстройки от помех	Реализация метода
1	Анализ формы и длительности каждого импульса.	Технически, в режиме реального времени.
2	Защита от перенаводки импульсов с фазы на фазу	Технически, в режиме реального времени
3	Метод «time of arrival» для сигналов, приходящих с разных датчиков	Технически, с временным разрешением 2 наносекунды
4	Метод использования «TF - плоскости», с разборкой импульсов по частоте и длительности.	Алгоритмически, на основании матриц распределения импульсов.
5	Амплитудно частотное распределение импульсов относительно фазы питающего напряжения.	Алгоритмически, на основании распределения импульсов на «TF - плоскости».
6	Выявление типов дефектов изоляции и степени их развития.	Алгоритмически, на основании сравнения образов, распределения импульсов.

Все методы отстройки от помех и анализа типов дефектов в изоляции трансформатора работают в реле «ТМ-3» в автоматическом режиме.

2.3. Система для контроля работы системы охлаждения.

2.3.1. Датчики, используемые для контроля системы охлаждения.

Для работы системы охлаждения используются следующие датчики:

- Два датчика температуры Pt100, монтируемые на верхней и нижней части бака трансформатора.

- Датчик температуры окружающей среды Pt100/

- Для расчета потерь мощности внутри трансформатора используются три датчика тока фаз. При помощи их определяются потери в меди трансформатора, расходуемые на нагрев. Потери в сердечнике трансформатора, также расходуемые на нагрев, вводятся в память реле, или эмпирически определяются по мощности трансформатора.

2.3.2. Алгоритм работы системы.

Первые три месяца внутренние алгоритмы реле отслеживают связь между потерями на нагрев, температурой бака и температурой окружающей среды (воздуха).

На основании полученных данных в реле, автоматически, строится упрощенная тепловая модель трансформатора.

Если будут большие отклонения реальных параметров от расчетных, реле будет сигнализировать о наличии проблем в работе системы охлаждения трансформатора.

2.4. Система для контроля изменения сопротивлений обмоток.

2.4.1. Датчики, монтируемые на трансформаторе.

Для работы системы используются датчики:

- Три датчика тока фаз.

- Сигнал с датчика тока нулевой последовательности в нейтрали трансформатора.

Внутри реле аналоговым способом, дополнительно, формируется сигнал, пропорциональный небалансу токов фаз трансформатора.

2.4.2. Алгоритм работы системы.

В реле «ТІМ-3» производится сравнение вектора небаланса токов с вектором тока в нейтрали трансформатора.

На этапе адаптации алгоритмов реле «ТІМ-3» автоматически определяется связь между током небаланса, током нулевой последовательности, и нагрузкой трансформатора.

После воздействия на обмотки трансформатора токов сквозных коротких замыканий определение этой связи производится повторно. Если будет выявлено отличие в соотношениях, то можно предполагать изменение формы обмоток трансформатора.

2.5. Эксплуатационные параметры реле «ТІМ-3».

2.5.1. Условия эксплуатации реле.

Конструктивно реле «ТІМ-3» выполнено в виде законченного модуля размером 220 * 200 * 50 мм. Поскольку оно рассчитано на работу в промышленном диапазоне внешних температур, то оно может монтироваться рядом с контролируемым трансформатором, обычно без использования устройств подогрева.

Оптимальные размеры защитного шкафа 400 * 500 * 200 мм.

При отсутствии дополнительного подогрева реле может работать в диапазоне температур от -40 до +50 градусов.

Если предполагается эксплуатация реле при более низких температурах, то в шкафу устанавливается дополнительный нагреватель, которым реле «ТІМ-3» будет управлять в зависимости от наружной температуры.

2.5.2. Параметры электропитания реле.

Реле может питаться напряжением 120 ÷ 220 вольт AC/DC.

Потребляемая мощность, без учета дополнительного нагревателя 30 Вт.