

TDR-M – диагностическое реле мониторинга технического состояния силовых трансформаторов



Комплект поставки диагностического реле TDR-M: блок датчиков TDR-S с клеммной коробкой и прибор мониторинга и диагностики марки TDR-M.

Повышение экономической эффективности работы систем мониторинга ответственного высоковольтного оборудования, являющееся актуальным требованием эксплуатационных служб, возможно только при комплексном подходе, включающем в себя:

- Снижение стоимости поставки технических средств системы мониторинга.
- Уменьшение затрат на монтаж и эксплуатационное обслуживание.
- И самое главное, за счет повышения информативности работы экспертного ядра программного обеспечения в результате использования элементов ИИ.

В результате практического применения этих рекомендаций сотрудниками ДИМУС разработана система диагностического мониторинга, которая производится под торговой маркой «диагностическое реле TDR-M для контроля технического состояния и управления эксплуатацией силовых трансформаторов».

Реле TDR-M предназначено для контроля текущего технического состояния силовых трансформаторов, оценки возможности дальнейшей безаварийной работы и для подготовки рекомендаций для управления эксплуатацией.

Оперативная комплексная оценка текущего технического состояния трансформатора

Основу экспертного программного обеспечения реле TDR-M составляет комплексный набор математических моделей, включающий в себя как общеизвестные, так и уникальные модели разработки фирмы ДИМУС.

Практически важные экспертные математические модели, реализованные в программном обеспечении реле TDR-M, описывают основные физические процессы, которые определяют текущее техническое состояние силового трансформатора.

К ним относятся следующие:

- Модель контроля и преобразования форм влаги в масле бака трансформатора.
- Модель влагосодержания в твердой изоляции обмоток трансформатора.
- Модель наличия частичных разрядов в изоляции трансформатора, регистрируемых в СВЧ диапазоне.
- Модель разрядной активности внутри бака, регистрируемой в ультравысоком диапазоне частот.

- Модель технического состояния и наличия дефектов в изоляции обмоток трансформатора.
- Расчетная модель определения температуры наиболее нагретой точки обмотки.
- Математическая модель старения и определения остаточного ресурса изоляции.
- Модель технического состояния и качества прессовки активных элементов и конструкции бака по вибрации.
- Модель контроля дифференциального давления внутри бака трансформатора по сравнению с атмосферным.

По результатам работы этих экспертных математических моделей в программном обеспечении диагностического реле TDR-M определяется текущее техническое состояние наиболее важных подсистем силового трансформатора на момент проведения измерений.

Комплексное техническое состояние контролируемых подсистем трансформатора (изоляционной и электромеханической) определяется при помощи интегрирования результатов локальных расчетов с использованием коэффициентов влияния.

Величина локальных коэффициентов влияния зависит от технологической значимости подсистемы и наличия в ней признаков дефектных состояний. В процессе работы TDR-M их значения могут существенно изменяться.

Прогнозные расчеты с использованием параметров цифрового двойника трансформатора

При помощи использования наиболее сложной прогностической математической модели силового трансформатора, часто называемой его цифровым двойником, в программном обеспечении реле TDR-M производится расчет возможного будущего изменения технического состояния трансформатора на среднесрочном интервале эксплуатации.

Этот интервал в TDR-M составляет от нескольких часов до одного года и связан с основной целевой функцией работы реле: подготовкой рекомендаций по оптимальному управлению эксплуатацией силовых трансформаторов.

Особенности цифрового двойника, реализованного в программном обеспечении TDR-M:

- Расчет параметров цифрового двойника в программном обеспечении TDR-M производится в автоматическом режиме с учетом реальных условий эксплуатации силового трансформатора.
- Оперативная адаптация (перерасчет) параметров цифрового двойника производится при любом изменении текущего технического состояния трансформатора, например, при изменении условий эксплуатации или при возникновении и развитии в нем дефектов.
- Алгоритмы работы цифрового двойника в TDR-M предусматривают постоянное уточнение результатов расчетов, получаемых по мере приближения к расчетному моменту перехода трансформатора из одной категории технического состояния в другую. Например, это относится к расчету времени, когда произойдет переход трансформатора из тревожного в предаварийное состояние.

Состав стандартной поставки реле TDR-M

Диагностическое реле марки TDR-M, предназначенное для контроля технического состояния маслонаполненных трансформаторов, создано с использованием вышеуказанных рекомендаций, обеспечивающих максимальную экономическую эффективность работы.

По этой причине конструктивно реле марки TDR-M состоит только из двух элементов: единого блока первичных датчиков марки TDR-S, находящегося в масле бака трансформатора, и непосредственно блока мониторинга и диагностики марки TDR-M, располагаемого рядом с трансформатором.

В едином блоке первичных датчиков TDR-S диагностического реле 7 датчиков комплексно смонтированы в общем металлическом цилиндре:

- Датчик влагосодержания в масле бака трансформатора.
- Датчик влагосодержания в твердой изоляции обмоток трансформатора.
- Датчик температуры внутри бака.
- Датчик частичных разрядов в баке трансформатора, работающий в UHF диапазоне частот.
- Датчик искровых и дуговых разрядов в баке, работающий в ультразвуковом диапазоне частот.
- Датчик давления внутри бака трансформатора.
- Датчик вибрации в баке.

Единый блок датчиков TDR-S при помощи специализированного герметизирующего узла и шарового крана с ДУ50 вводится в бак трансформатора, благодаря чему все датчики находятся непосредственно в масле. Для подключения сигнального кабеля к датчикам используется клеммная коробка.

Конструкция используемого в TDR-S герметизирующего узла позволяет достаточно оперативно монтировать и демонтировать блок датчиков непосредственно на месте эксплуатации контролируемого трансформатора.

Все датчики и используемые электронные компоненты в едином блоке TDR-S рассчитаны на работу в сложных температурных условиях, до 120 градусов.

Непосредственно сам прибор TDR-M предназначен для мониторинга, проведения оперативной диагностики технического состояния, а также для выработки рекомендаций для управления эксплуатацией силового трансформатора.

Для повышения информативности работы некоторых математических моделей в корпусе прибора смонтированы несколько дополнительных датчиков:

- Датчик СВЧ импульсов частичных разрядов, монтируемый на внешней поверхности прибора, предназначенный для более эффективной отстройки от внешних помех.
- Встроенный датчик атмосферного давления, являющийся опорным для датчика давления в баке.
- Комплексный датчик температуры и влагосодержания окружающей среды.

Контроль информации от первичных датчиков о состоянии трансформатора, а также необходимая обработка первичной информации (экспертная и прогностическая) производится при помощи встроенного в прибор TDR-M специализированного программного обеспечения.

Вся необходимая первичная и обработанная диагностическая информация передается в систему АСУ-ТП с использованием одного из встроенных стандартных интерфейсов связи: Ethernet, RS-485, USB.

Расширение диагностических возможностей реле марки TDR-M

Используемая в реле TDR-M конфигурация технических средств (один комплексный внешний датчик и один измерительный прибор, соединенные между собой сигнальным кабелем) является оптимальной с точки зрения уменьшения стоимости поставки системы мониторинга.

Функциональных возможностей экспертного программного обеспечения TDR-M достаточно для оперативного контроля технического состояния двух наиболее ответственных подсистем маслонаполненного силового трансформатора: изоляционной и электромеханической.

Информативность работы реле TDR-M, с точки зрения контроля технического состояния всего трансформатора, может быть повышена за счет использования и обработки дополнительной информации о работе еще двух важных элементов трансформатора: высоковольтных вводов и устройства РПН.

Для этого на трансформаторе должны быть установлены соответствующие дополнительные измерительные приборы, которые будут передавать информацию в экспертную программу диагностического реле TDR-M.

Необходимо хорошо понимать, что при этом общая стоимость поставки технических средств мониторинга технического состояния силового трансформатора возрастет. Она возрастет не на единицы или десятки процентов, а кратно. Каждый из этих дополнительных приборов по своей стоимости превышает цену TDR-M.

Основные технические параметры диагностического реле TDR-M

Параметр	Значение
Рабочее напряжение контролируемых трансформаторов, кВ	110...500
Габариты корпуса единого блока датчиков TDR-S (D*L), мм	40*360
Вес блока датчиков TDR-S с клеммной коробкой, кг	3
Размеры корпуса прибора TDR-M (Ш*В*Д), мм	280*145*75
Вес прибора TDR-M, кг	4
Интерфейсы связи для передачи данных	Ethernet, USB, RS-485
Напряжение питания прибора, В (AC/DC)	100... 240
Мощность, потребляемая прибором TDR-M из сети, Вт	15
Рабочая температура прибора TDR-M, градусов	-40... +65