

Комплекс мониторинга температуры контактных соединений энергетического оборудования 0,4–35 кВ



В статье представлен комплекс мониторинга температуры «ПАРМА КМТ», предназначенный для автоматизированного контроля нагрева контактных соединений КТП, БКТП, КРУ, КСО, ЩСН и НКУ. Рассмотрены компоненты комплекса: автономные датчики температуры, которые не требуют сложного монтажа, шкафы КМТ, программное обеспечение TRANSDATA – ядро системы «ПАРМА КМТ».

ООО «ПАРМА», г. Санкт-Петербург

Нагрев электрооборудования сверх предельных допустимых значений (перегрев) – одна из основных причин аварий в электросетевом хозяйстве. Согласно статистике, большинство аварий в РУ связаны с повреждением контактов и контактных соединений. Это приводит не только к технологическим нарушениям, но и к значительным финансовым потерям.

Наиболее подвержены нагреву места контактных соединений токоведущих частей электрооборудования и контакты коммутационных аппаратов. Причем зачастую их нагрев происходит при токах нагрузки, не превышающих значения номинального тока, и не может устраняться традиционными токовыми защитами от перегрузки. Происходит такой нагрев из-за высокого переходного сопротивления в месте контактного соединения, образующегося в результате: некачественного монтажа, ослабления болтовых соединений вследствие переменных нагрузок и вибраций, загрязнения и окисления контактных соединений, повреждения втычных контактов КРУ при вкатывании выкатных элементов, деформации подвижных контактов коммутационных аппаратов при коммутациях и пр.

В процессе эксплуатации персонал энергообъектов проводит плановые осмотры электрооборудования, выполняет периодические ремонты, но они далеко не всегда позволяют обнаружить и устранить дефекты. Тепловизионный контроль электрооборудования гарантированно выявляет нагревы контактов и контактных соединений на начальной стадии, однако иногда его нельзя провести из-за конструктивных особенностей некоторых видов оборудования (ячеек КРУ, шкафов РУНН, камер КСО). Кроме того, ввиду большого количества единиц оборудования, подлежащего контролю, период между тепловизионными измерениями может быть очень длительным. Например, НТД регламентируется проведение тепловизионного контроля электрооборудования РУ напряжением 35 кВ и ниже 1 раз в 3 года. Таким образом, своевременное выявление нагрева контактов и контактных соединений в промежутке между ремонтами и испытаниями электрооборудования, а также устранение дефектов на ранней стадии являются трудновыполнимыми задачами.

В связи с этим ПАО «Россети» письмом № ГГ-573 от 24.01.2023

«О применении датчиков нагрева» внесло изменения в отраслевые стандарты (СТО ПАО «Россети» / «ФСК ЕЭС»), предусматривающие применение систем автоматизированного контроля нагрева контактных соединений КТП, БКТП, КРУ, КСО, ЩСН и НКУ. Данные изменения затронули всех участников отрасли: проектировщиков, производителей оборудования и эксплуатирующие организации.

В соответствии с новыми требованиями российская компания ООО «ПАРМА» разработала комплекс мониторинга температуры «ПАРМА КМТ». Это решение не только технически устраняет проблемы, связанные с контролем нагрева, но и обеспечивает гибкое внедрение с учетом различных условий эксплуатации. Система хорошо масштабируется, позволяя адаптироваться к изменяющимся нагрузкам, и отличается высокой надежностью даже в сложных условиях.

Датчики температуры

Основным элементом комплекса являются датчики температуры (ДТ), обеспечивающие надежный мониторинг критически важных узлов без необходимости сложного монтажа. Конструктивные и функциональные



Рис. 1. Датчики температуры комплекса «ПАРМА КМТ»

особенности датчиков позволяют подобрать оптимальное решение для любых применений и условий эксплуатации (рис. 1).

Для мониторинга температуры контактов и контактных соединений напряжением выше 1000 В используются беспроводные датчики температуры с индукционным питанием (ДТИ), имеющие габариты всего 26 × 21 × 13 мм. При необходимости быстрого монтажа на плоских поверхностях (баках, корпусах) электрооборудования применяются модели

с магнитным креплением (ДТМ). Для контроля температуры контактных соединений, выводов и различных сборок больше подходят датчики с винтовой фиксации (ДТВ). Датчики двух последних типов имеют питание от батарей. В случаях, когда требуется дополнительный контроль силы тока, используются комбинированные датчики (ДТТ), измеряющие не только температуру в диапазоне от -40 до +125 °С, но и ток в диапазоне от 2,5 до 400 А с точностью ±0,5 А. Устройства этого типа отличаются гибридной

системой питания: от индукции при токе $\geq 2,5$ А или от батареи.

Ключевой особенностью таких датчиков температуры является автономность работы: их питание осуществляется либо за счет энергии электромагнитного поля контролируемых токопроводящих частей при силе тока от 10 А, либо от встроенных батарей, что исключает необходимость прокладки дополнительных цепей питания. Передача данных осуществляется тоже без проводов: по радиоканалу на разрешенной частоте 433,925 МГц с различной периодичностью (от 1 секунды до 5 минут). Применение беспроводных датчиков позволяет размещать их непосредственно в точках нагрева электрооборудования и максимально точно измерять температуру, не выполняя изоляции по цепям питания и передачи данных измерения. Кроме того, это существенно снижает затраты на монтаж системы и ее эксплуатацию.

Для контроля температуры частей электрооборудования напряжением до 1000 В или не находящихся под напряжением наряду с беспроводными могут применяться датчики с питанием от сети. Например, для НКУ или СОПТ применяются шестиканальные датчики температуры (ДТ6) с питанием от сети 85–265 В. Они способны одновременно контролировать до шести точек с помощью термисторов NTC, выполняя измерения с частотой 1 раз в секунду и передавая данные на расстояние до 1000 м.

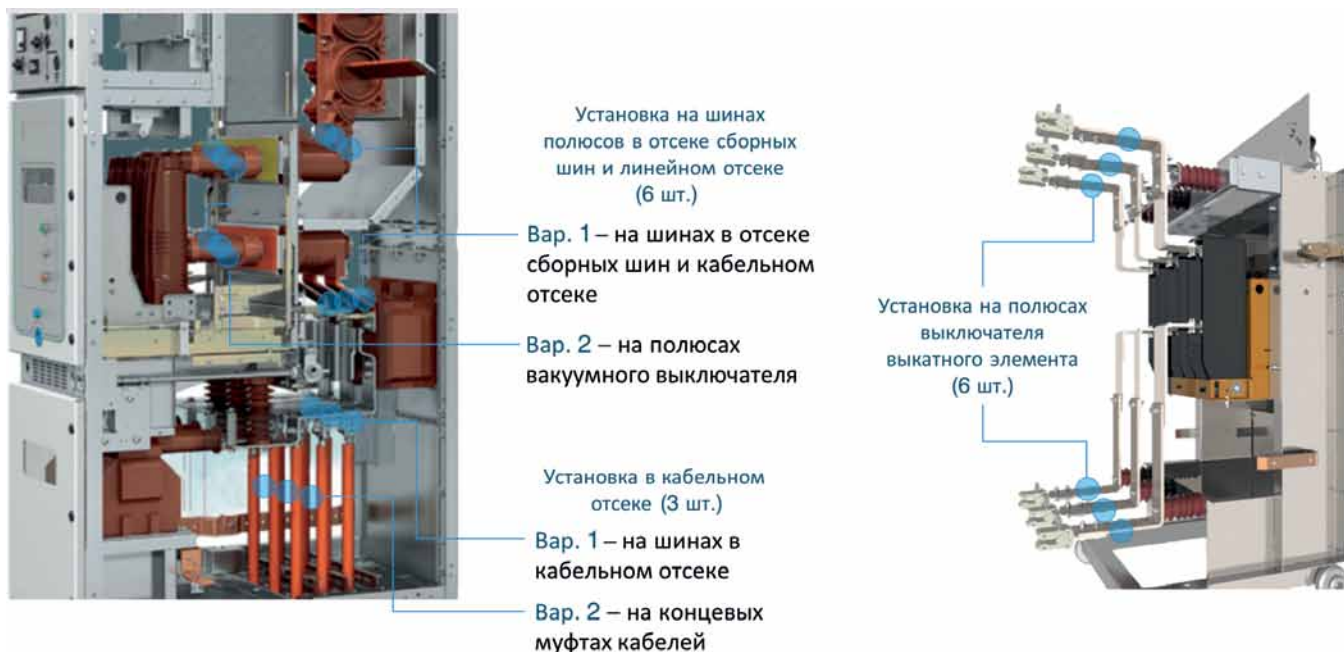


Рис. 2. Места установки ДТ в ячейке КРУ 6–35 кВ

В ВРУ (РУНН-0,4 кВ) для контроля температуры применяют не только датчики ДТ6, но и другие типы устройств, такие как ДТИ с индукционным питанием и ДТВ с винтовым креплением. Датчики температуры устанавливаются в потенциальных точках нагрева: на выводных контактах предохранителей, автоматических выключателей, трансформаторов тока, контакторов, а также на кабельных наконечниках, контактных соединениях сборных шин, шинных ответвлениях и контактах выдвижных модулей.

Наружные исполнения (ДТН) с защитой IP65 предназначены для работы в сложных климатических условиях и имеют расширенный до +300 °С диапазон измеряемых температур.

ДТ устанавливаются во всех ключевых точках распределительных устройств. В ячейках КРУ 6–35 кВ (рис. 2) контролируется температура контактов выключателя и кабельных муфт (при наличии кабельного ввода). Для контроля температуры втычных контактов выключателя ДТ (6 шт.) могут устанавливаться в зависимости от конструкции ячейки как на выкатном элементе (сверху и снизу), непосредственно на подвижной контактной группе или рядом, так и на шинах в отсеках сборных шин и линейном отсеке, максимально близко к втычным контактам. Контроль температуры кабельных муфт осуществляется с помощью установки ДТ на концевых муфтах или в точках максимального нагре-

ва шин при подключении нескольких кабелей на один полюс.

Для КСО 6–10 кВ (рис. 3) предусмотрена установка датчиков на трех основных участках: в точках присоединения к сборным шинам (3 датчика), на полюсах выключателя (6 датчиков) и в области кабельного ввода (3 датчика).

Указанные точки мониторинга температуры и количество ДТ являются рекомендованными и могут изме-



Рис. 3. Места установки ДТ в КСО 6–10 кВ

няться в зависимости от требований заказчика и особенностей оборудования.

Все датчики обеспечивают измерение температуры с точностью ± 1 °С и соответствуют требованиям ГОСТ 14254-15 по степени защиты (IP31/IP65). Диапазон рабочих напряжений контролируемого оборудования составляет 0,4–35 кВ, что позволяет вести мониторинг практически всех типов распределительных устройств.

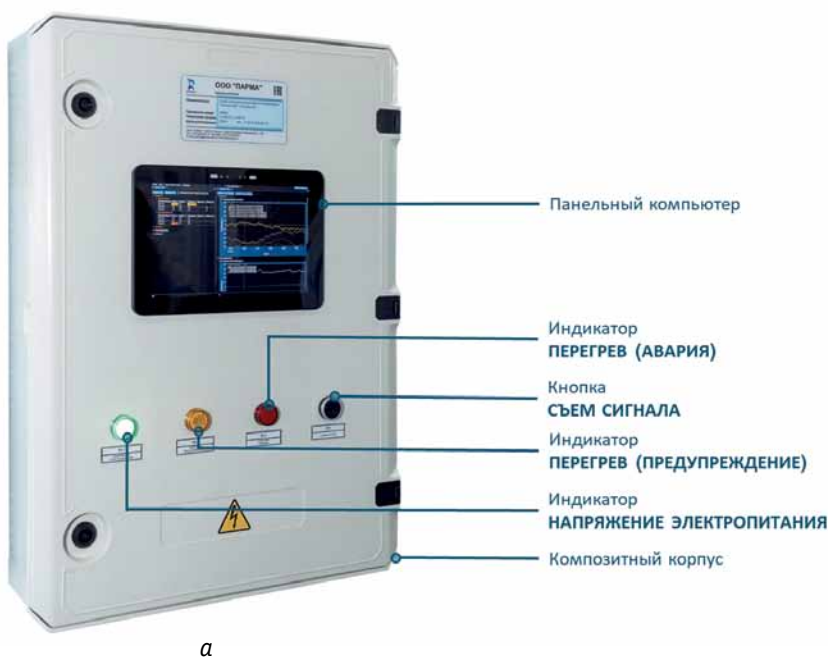


Рис. 4. Шкафы: а – основной РА2.550.001; б – ведомый РА2.550.002

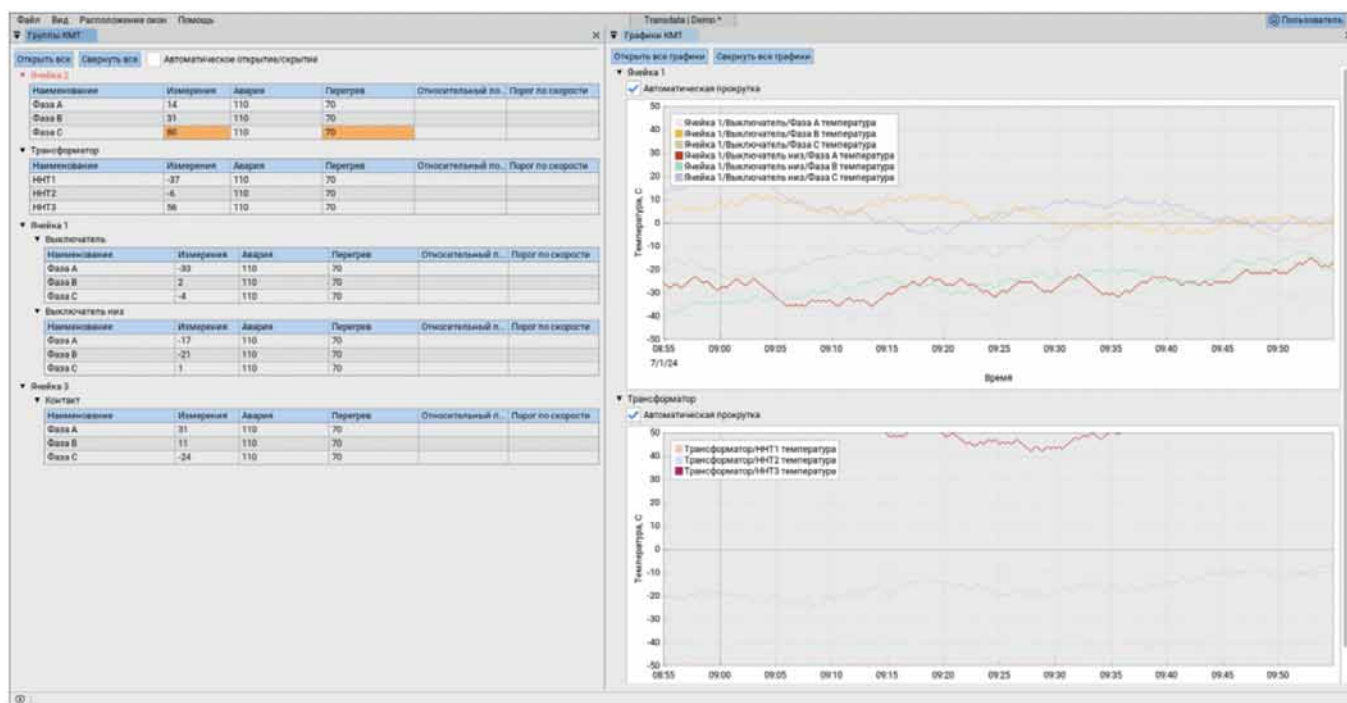


Рис. 5. Программное обеспечение TRANSDATA: вариант рабочего окна

Система датчиков составляет основу комплекса «ПАРМА КМТ», обеспечивая комплексный контроль состояния электрооборудования и предотвращение аварийных ситуаций за счет своевременного обнаружения перегрева контактных соединений.

Шкаф КМТ

Прием данных от ДТ, их обработку, сравнение, выдачу сигналов и ведение базы данных мониторинга осуществляет оборудование, размещаемое в навесном шкафу, который, как правило, установлен на стене коридора обслуживания КРУ.

Шкаф комплекса мониторинга температуры КМТ может быть двух типов: основной и ведомый (рис. 4). Основной шкаф КМТ РА2.550.001 оснащен встроенным панельным компьютером, который опционально может иметь сенсорный экран, выведенный на дверь шкафа. РА2.550.001 служит для сбора данных с датчиков или ведомого шкафа, а также для передачи информации на верхний уровень (SCADA) по Ethernet (МЭК 60870-5-104). Может опрашивать до 480 датчиков.

Ведомый шкаф КМТ РА2.550.002 лишен компьютера, служит как промежуточное звено для опроса датчиков и передачи информации в компьютер основного шкафа РА2.550.001. Под-

держивает связь по RS-485 (Modbus RTU) или по радиоканалу, что позволяет размещать датчики на расстоянии до 1000 м от шкафа. Он опрашивает большее количество точек – до 720, а также имеет больший диапазон рабочих температур: от -20/40 до +55 °С. Наличие ведомого шкафа позволяет масштабировать систему. Например, в совмещенное ЗРУ 6 кВ и 10 кВ можно установить два шкафа: основной – в ЗРУ 6 кВ, а ведомый – в ЗРУ 10 кВ. Каждый из шкафов будет опрашивать по 150 датчиков, а вместе они позволят контролировать 300 точек.

Корпус шкафов выполнен из композитных материалов. На дверь выведены индикаторы сигнализации ПЕРЕГРЕВ (АВАРИЯ), ПЕРЕГРЕВ (ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ), индикатор НАПРЯЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ и кнопка СЪЕМ СИГНАЛА.

Программное обеспечение TRANSDATA

Встроенный компьютер работает под управлением ОС ALT Linux, а ключевые функции мониторинга реализованы в программном комплексе TRANSDATA – собственном решении ООО «ПАРМА» (рис. 5), которое является ядром системы «ПАРМА КМТ».

Программа обеспечивает мониторинг статических и динамических режимов работы энергооборудова-

ния, включая настройку компонентов комплекса, непрерывный контроль температуры с визуализацией данных, активацию алгоритмов анализа через задание пусковых факторов, а также архивирование информации. ПО TRANSDATA интегрировано с внешними системами: данные передаются в вышестоящие АСУ по протоколу МЭК 60870-5-104, а записи из базы экспортируются в формате COMTRADE. Дополнительно реализованы алгоритмы детектирования аварийных состояний: от анализа абсолютных и относительных температур до оценки скорости их изменения и сравнения разниц между фазами. Пользовательский интерфейс предоставляет инструменты для конфигурации параметров и отображения результатов в режиме реального времени.

Первые комплексы «ПАРМА КМТ» установлены и успешно эксплуатируются с декабря 2022 года на различных объектах электросетевого комплекса, генерации и промышленности.

А. В. Гаврилов, заместитель
технического директора,
ООО «ПАРМА», г. Санкт-Петербург,
тел.: +7 (812) 500-8610,
e-mail: parma@parma.spb.ru,
сайт: www.parma.spb.ru