

Система «СмартТермо». Мониторинг нагрева контактных соединений и обнаружение перегрева на ранней стадии



В статье представлена система «СмартТермо», предназначенная для непрерывного мониторинга температуры контактных соединений электрооборудования, и ее элементы: беспроводные датчики температуры контактных соединений STS, контроллеры серии STC 103x, датчик температуры и влажности воздуха STS 101H. Приведены особенности применения системы на промышленных объектах.

ООО «ВольтКонтроль», г. Самара

Нагрев контактных соединений

Контактные соединения относятся к наиболее уязвимым элементам электрооборудования. В процессе эксплуатации со временем переходное контактное сопротивление имеет свойство возрастать под действием разных факторов — ослабления крепежа, загрязнения или окисления поверхностей, тем-

пературных циклов. Рост переходного сопротивления приводит к дополнительному нагреву соединения, а дополнительный нагрев, в свою очередь, вызывает вторичный рост переходного сопротивления. Возникает эффект снежного кома, который может достаточно быстро привести к аварии, случающейся «как раз между обходами».

Как же предотвратить аварийную ситуацию? Современный ответ на данный вопрос — организовать непрерывный автоматизированный мониторинг температуры контактных соединений с алгоритмами обнаружения перегрева на ранней стадии. Рассмотрим решение этой задачи на примере системы «СмартТермо», разработанной компанией ООО «ВольтКонтроль» (рис. 1).

Элементы системы «СмартТермо»

В состав системы мониторинга входят два основных элемента — беспроводной датчик температуры контактных соединений (рис. 2) и контроллер, а также один дополнительный элемент — датчик температуры и влажности воздуха. Беспроводной датчик температуры контактных соединений устанавливается на контактное соединение либо на токоведущую часть рядом с ним и закрепляется с помощью ферромагнитной ленты и хомута (рис. 3). В систему может входить от 1 до 255 датчиков.

Для системы «СмартТермо» выпускаются датчики двух типоразмеров: стандартный прибор STS 1011 имеет габариты $34 \times 34 \times 22,5$ мм, а миниатюрный STS 1002 — всего $24,5 \times 15 \times 11$ мм. В остальном датчики похожи. Питание осуществляется по техноло-



Рис. 1. Элементы системы «СмартТермо»



Рис. 2. Датчики температуры контактных соединений:
а – STS 1011; б – STS 1002



Рис. 3. Установка датчика STS 1011 на кабельный наконечник

гии «сбора энергии» (Energy Harvesting): в данном случае прибор получает питание от электромагнитного поля при протекании тока по контактному соединению либо по токоведущей части¹. Дно корпуса представляет собой алюминиевую пластину, вся поверхность которой является термочувствительной площадкой. Датчик контактно измеряет температуру и по радиоканалу 2,4 ГГц каждые две секунды отправляет данные в контроллер. Измерительный диапазон — от 0 до +125 °С с погрешностью ± 2 °С. Дальность радиосвязи между датчиком и контроллером в условиях прямой видимости — 30 м. При установке системы в распределительном устройстве один контроллер может опрашивать

датчики, установленные в 7–8 шкафах, при условии, что контроллер будет расположен посередине.

Контроллер STC 103x (рис. 4), опрашивающий датчики, принимает все данные, но выбирает из них только показания тех приборов, серийные номера которых внесены в его настройки. Он выполняет обработку данных, используя от одного до трех алгоритмов обнаружения перегрева, и в случае выхода температуры за пределы установки формирует сигнал. Для передачи сигналов состояния и аварий контроллер оснащен релейными выходами (сухой контакт) и поддерживает интерфейс RS-485 (протокол Modbus). Также данные о перегревах записываются в энергонезависимый журнал во флеш-памяти. В серии контроллеров STC 103x три модели: одна для установки в дверь шкафа и две — для DIN-рейки: с дисплеем и без (бюджетный вариант).

Однако непрерывное измерение температуры — лишь часть зада-



Рис. 4. Контроллер серии STC 103x

чи. Основная особенность системы «СмартТермо» заключается в разных способах выявления перегрева. Такой подход позволяет определить момент, когда дефект только начинает развиваться.

Алгоритмы обнаружения перегрева

Как упоминалось, для обнаружения перегрева контроллер STC 103x может применять от одного до трех алгоритмов.

Первый алгоритм учитывает абсолютные значения температуры. Если температура контактного соединения достигает установленного порога, контроллер формирует сигнал тревоги. Это распространенный подход, применяемый во многих системах термомониторинга. Но одинаковая температура контакта зимой и летом не обязательно свидетельствует об одинаковом техническом состоянии оборудования. При низкой температуре окружающей среды развивающийся дефект может долго не достигать аварийного порога 70 °С, хотя процесс деградации уже идет. Поэтому, наряду с основным, используются два дополнительных алгоритма: по относительному и избыточному значению температуры.

Алгоритм по относительному значению требует применения беспроводного датчика температуры и влажности воздуха STS 101Н. Измеряя температуру в диапазоне $-50...+150$ °С и влажность от 0 до 100%, он раз в минуту выходит в эфир и передает данные контроллеру по радиоканалу. Контроллер, приняв все данные, вы-

¹ Технология Energy Harvesting (сбор энергии окружающей среды) — это способ питания электронных устройств, основанный на преобразовании энергии, присутствующей в окружающей среде (света, тепла, вибрации, электромагнитного излучения и др.), в электроэнергию.

читает из температуры контактов температуру окружающей среды. В результате влияние окружающей среды отфильтровывается, и система получает только данные об относительном перегреве контактов. На рис. 5 можно видеть иллюстрацию того, как это работает. Допустим, в сентябре, когда температура воздуха составляет 20 °С, контакт разогревается до 40 °С. После вычитания получаем относительный перегрев, равный 20 °С. В ноябре контакт может иметь ту же температуру 40 °С, однако при температуре окружающей среды 5 °С относительный перегрев достигнет уже 35 °С. Алгоритм по абсолютным значениям не зафиксирует избыточного перегрева, потому что у него установлен порог 70 градусов (стандартный для алгоритмов по абсолютным значениям). Нарушение порогового значения обнаружится ближе к лету, когда температура в шкафу подрастет до летних норм. Таким образом, система «СмартТермо» обнаруживает ухудшение состояния оборудования значительно раньше.

Третий алгоритм — обнаружение перегрева по избыточным значениям — применяется по рекомендациям «Приложения Д СТО 34.01-23.1-001-2017» ПАО Россети. Он предназначен для группы контактных соединений, находящихся в одинаковых условиях (совпадение типоразмеров, подключения, токов, условий эксплуатации). Данный метод применим, например, для трехфазных автоматических выключателей или контакторов. В этом случае, получив от датчиков температуру всех точек, контроллер выбирает из них самую низкую и принимает ее за эталон. Если один из контактов начинает нагреваться заметно сильнее других (здесь свои пороги), система фиксирует избыточный перегрев и формирует предупреждение. Такой метод позволяет обнаружить локальный дефект еще до достижения опасной абсолютной температуры, поскольку выполняется сравнение с состоянием соседних контактов, работающих в тех же условиях.

Эффективнее всего использовать все три алгоритма одновременно.



Рис. 5. Алгоритм детектирования по относительному значению позволяет обнаружить перегрев на полгода раньше, чем детектирование по абсолютному значению

В этом случае будет обеспечена максимальная защита, предупреждение перегрева на ранних стадиях. Добавим, что контроллеры серии STC 103x поддерживают подключение (наряду с датчиками температуры контактных соединений) до 32 датчиков температуры и влажности воздуха, а также дополнительных модулей контроля температуры, что позволяет использовать систему на объектах различного масштаба и конфигурации.

Страна производства

Элементы системы «СмартТермо» выпускаются в России с 2023 года, за это время произведено и поставлено около 30 000 датчиков. Они отправляются на крупные объекты и стройки, в нефтехимическую, нефтегазовую отрасли, химию, металлургию. По словам разработчиков, при создании системы «СмартТермо» особое внимание уделялось не только алгоритмам обработки данных, но и конструктивному исполнению оборудования. Так, миниатюрный датчик STS 1002 — один из самых компактных приборов среди аналогичных устройств. Оценивая же экономическую эффективность своего комплекса, разработчики рассматривают его как конкурентно-

способную отечественную альтернативу азиатским системам мониторинга.

Что касается комплектующих, то само это понятие включает в себя очень большой спектр устройств. Микросхемы, дискретные элементы вплоть до резисторов и конденсаторов, которые паяются на печатную плату, — всё это комплектующие и не всё удастся найти в России. Но, кроме микросхем, есть еще печатная плата от российского производителя «Резонит». Намотка катушек, литье каркала, изготовление пресс-форм — всё это выполняется на собственной базе, не говоря уже о разработке и сборке. Так что можно сказать, что датчики и контроллеры, входящие в систему «СмартТермо», как и вся продукция компании «ВольтКонтроль», — изделия собственной разработки, произведенные в России.

В. В. Шепелев, коммерческий директор,
ООО «ВольтКонтроль», г. Самара,
тел.: +7 (846) 233-5366,
эл. почта: kit@voltkontrol.ru
сайт: voltkontrol.ru

Иллюстрации предоставлены
ООО «ВольтКонтроль»