

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ МОНИТОРИНГ

Надежность и безопасность электросетей под постоянным контролем

Один из способов обеспечения надежной работы кабельной системы в городских условиях — это мониторинг температуры фаз кабеля по всей длине. Необходимость применения системы мониторинга распределенной температуры КЛ, подтверждается опытом западных коллег и требованиями к эксплуатации КЛ в современных мегаполисах.

А.В. Якунин, руководитель отдела телемеханики ООО «СистеК»



Такая система помогает эксплуатационным организациям в решении следующих задач:

- снижение количества перебоев в электроснабжении или системных аварий;
- оперативное реагирование на возникающие перегрузки;
- выявление скрытых резервов существующих мощностей (увеличение нагрузки без превышения допустимой температуры)
- прогнозирование срока эксплуатации и др.

Пропускная способность кабеля ограничивается допустимой температурой нагрева жилы. Однако влияние на рабочие показатели системы оказывают и другие факторы, такие как условия прокладки (тепловое сопротивление грунта, температура грунта, расстояние до соседних кабелей и других источников тепла, находящиеся поблизости и т.д.). На разных участках трассы при протекании одного и того же тока, температура токопроводящей жилы может отличаться. Ключевым элементом современных систем распределенного измерения температуры кабеля стало оптическое волокно.

В большинстве оптических волокон диаметр оболочки составляет 125 мкм. Размер сердцевин в распространенных типах оптических волокон составляет 50 мкм и 62.5 мкм для многомодового оптоволокна и 8 мкм для одномодового оптоволокна. Световоды характеризуются соотношением размеров сердцевин и оболочки, например 50/125, 62.5/125 или 8/125.

Многомодовое и одномодовое оптоволокно отличаются способом распространения оптического излучения. Самое простое отличие заключается в размерах сердцевин световода. Многомодовое волокно может передавать несколько мод (независимых световых путей) с различными длинами волн или фазами, однако больший диаметр сердечника приводит к тому, что вероятность отражения света от внешней поверхности сердцевин повышается,

а это приводит к модовой дисперсии (рассеиванию). Одномодовое волокно имеет очень тонкую сердцевину (диаметр — меньше 10 мкм). Из-за малого диаметра сердцевин световой пучок отражается от его поверхности режее, что приводит к меньшей модовой дисперсии. В результате сигнал может передаваться на большие расстояния без повторителей. Термин «одномодовый» означает, что такая тонкая сердцевина может передавать только один световой несущий сигнал (или моду). Пропускная способность одномодового оптоволокна превышает 10 Гбит/с в свою очередь пропускная способность многомодового оптоволокна составляет около 2.5 Гбит/с. Таким образом, становится очевидно, что дисперсия является отрицательным фактором для сетевых решений, идея которых заключается в передаче больших объемов данных на большие расстояния,

Оптоволокно — диэлектрический волновод, который проводит свет. Он состоит из сердцевин, оболочки и защитного внешнего слоя. Оболочка в качестве отражающего слоя помогает удерживать световой сигнал в сердцевине. Оптические волокна изготавливаются из легированного кварцевого стекла, которое состоит из двуокиси кремния (SiO₂) с аморфной твердой структурой.

Оптоволокно было изобретено в 70-х годах прошлого столетия и первоначально применялось в основном для передачи данных на дальние расстояния с высокой скоростью.

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ МОНИТОРИНГ

в которых сигналы оптического излучения передаются через оптоволокно и принимаются электронным оборудованием на другом конце. С другой стороны, модовая дисперсия является положительным фактором для систем измерения температуры, принцип работы которых основан на приеме и анализе отраженных сигналов — чем больше размер сердцевины, тем больше информации о состоянии КЛ получает контроллер. При применении системы, использующей в качестве датчика одномодовое волокно можно измерить температуру на более дальнем расстоянии, но с меньшим шагом дискретизации.

Внешние факторы вызывают колебания в кристаллической решетке твердого тела. Внутримолекулярные вибрации, возникающие в оптоволокне под влиянием температуры, давления или растягивающих усилий, могут локально изменять характеристики пропускания света. В оптическом волокне происходит рассеивание света, состоящее из нескольких спектральных компонент: релеевского, рамановского и бриллюэновского рассеивания. Для определения температуры наиболее важным параметром является рамановское рассеивание, которое в свою очередь имеет стоксовую и антистоксовую компоненты, спектрально сдвинутые на величину, эквивалентную резонансной частоте колебаний молекулярной решетки. Зная скорость распространения света (основного сигнала с несущей частотой) в однородном кварцевом стекловолокне, а также математическую зависимость его затухания во времени (уменьшение интенсивности отраженного пучка света по экспоненциальному закону) можно определить температуру в любой точке кабельной линии. Значение температуры и ме-

сто рассчитывается из соотношений между интенсивностями основного сигнала, антистоксовых и стоксовых компонент света.

Существует два способа применения оптоволокна в качестве датчика измерения распределенной температуры КЛ. Первый — металлический модуль с оптоволоконными кабелями находится в экране кабеля (интегрируется вместо одной из проволок экрана в процессе производства), второй — оптоволоконный кабель, с наименьшей толщиной изолирующего слоя, прокладывается вдоль кабельной трассы максимально близко к оболочке силового кабеля. Существует критерий, используемый при измерении температуры объекта: чем ближе температурный датчик расположен к исследуемому объекту, в данном случае — проводнику, тем быстрее и точнее будет измерена температура слоя, в котором расположен датчик.

Для эксплуатации кабельной линии необходимо знать температуры жилы кабеля, в то время, как измерение температуры производится в металлическом экране кабеля или на поверхности оболочки кабеля. Зная условия прокладки для различных участков кабельной линии можно вывести математическую зависимость, позволяющую рассчитать температуру проводника в зависимости от распределенной температуры экрана кабеля. Сбор и анализ данных по температуре по всей длине кабельной линии дает полную картину процессов, происходящих в линии, что позволяет более рационально использовать кабельные электросети при разных условиях и режимах работы.

В течение 15 лет мировым лидером по производству систем мониторинга распределенной температуры является компания LIOS Technology GmbH.



В основе системы распределенного измерения температуры лежат разработанные компанией контроллеры серии OTS. Область применения данных контроллеров обширна:

- изучение нефтяных месторождений;
- мониторинг состояние нефти и газа хранилищ;
- мониторинг утечек на нефтяных, газовых и водопроводах;
- мониторинг состояния КЛ;
- мониторинг состояния ЛЭП;
- мониторинг состояния процессов на плавильных заводах;
- обеспечение пожарной безопасности в тоннелях;
- обеспечение пожарной безопасности в метро и т.д.

На сегодняшний день число успешно реализованных компанией LIOS Technology GmbH проектов по всему миру составляет около 2000, количество контроллеров, применяемых в этих проектах варьируется от 1 до 10шт. Среди реализованных проектов: метро в г.Пекин, тоннель Мон Блан и др.

Надежность и качество контроллеров серии OTS достигается за счет использования стандартных телекомму-

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ МОНИТОРИНГ



никационных компонентов. Например, срок работы применяемого источника лазерного излучения, в соответствии со стандартом Telcordia GR-468 составляет более 25 лет. Каждый образец продукции перед поставкой проходит длительные испытания, по результатам которых составляется отчет о работоспособности данного прибора.

Успех повсеместного распространения оборудования Lios Technology GmbH определен политикой компании в стремлении к совершенствованию и разработке новых решений, возможностей и доработке оборудования по требованию Заказчика.

На российском рынке оборудование компании Lios Technology GmbH применяется с 2006г. На сегодняшний день наибольшее распространение получило применение контроллеров серии OTS в области электроэнергетики, а именно в мониторинге температуры кабельных линий.

Контроллеры промышленной серии OTS — устройства распределенного измерения температуры, относятся к последнему поколению приборов, использующих в качестве датчика оптоволокно, которые, благодаря своим техническим характеристикам, иде-

ально подходят для измерений локально распределенных температур при мониторинге, обнаружении и анализе термических процессов.

Значения температур регистрируются по всей длине сенсорного кабеля, как непрерывный график. Высокая точность измерения температур достигается даже на больших расстояниях и с высокой скоростью.

Контроллеры данной серии различаются по дальности измерения (от 2 до 16 км по многомодовому оптоволокну) и количеству каналов (от 2 до 8 измерительных каналов). Конкретный контроллер подбирается под нужды и возможности Покупателя. Например, контроллер OTS160P имеет диапазон измерения — до 16 км при одностороннем измерении по многомодовому оптоволокну, а контроллер OTS300P-SM имеет диапазон измерения — до 30 км при одностороннем измерении по одномодовому оптоволокну. Шаг дискретизации может достигать 0,5 м при температурной погрешности в 1 °С.

Система мониторинга температуры может быть интегрирована в любые стандартно применяемые существующие системы SCADA.

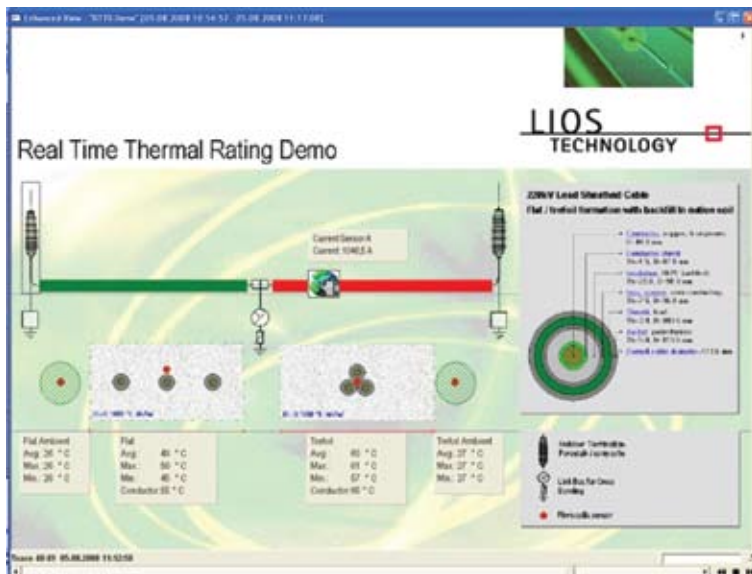
Применительно к силовым КЛ высокого и сверхвысокого напряжения, компания LIOS Technology GmbH предлагает программное обеспечение для расчета КЛ в реальном времени RTTR на базе программного обеспечения СУМСАР от компании СУМЕ. Программное обеспечение рассчитывает режимы работы КЛ по реальным данным температуры и тока, в соответствии со стандартами МЭК (для переходного и установившегося режимов работы). При применении данного ПО, на основании измеренной температуры экрана система рассчитывает распределенную температуру проводника.

Входными параметрами для модуля RTTR являются:

- Температура кабеля (измеряется контроллером)
- Температура окружающей среды (измеряется контроллером, дополнительный ОВК прокладывается вдоль трассы на расстоянии 0,5-1 метр от кабеля).
- Конструкция кабеля (сечение проводника, толщина изолирующего слоя, место положения оптоволокну и др.).
- Условия прокладки. В программу вносятся данные об условиях про-



ТЕМПЕРАТУРНЫЙ МОНИТОРИНГ



кладки каждого участка с точностью 5-10 м.

- Величина тока. Информация с датчиков тока передается модулю RTTR по каналам связи.

Основные функции:

- отображение электросети в географическом и схематическом виде;
- анализ электросети, трех-, двух-, однофазной, смешанной, с неограниченным числом узлов;
- моделирование процессов электросети в различных состояниях;
- анализ надежности сети;
- определение участков сети с возможной перегрузкой и оптимальное перераспределение нагрузки;
- моделирование последовательности действий по устранению отказов (в том числе в случае выхода из строя основных подстанций);
- координация работы защитных устройств;
- анализ поведения электросети во время пуска/самозапуска электродвигателей;
- оптимальное размещение конденсаторов и определение их габаритных размеров;
- анализ токов короткого замыкания;

«Система СУМЕ позволяет с минимальными затратами предсказывать поведение сети в различных ситуациях. Использование программного комплекса СУМЕ стало решающим фактором в способности компании London Electricity эффективно предоставлять свои услуги и повышать конкурентоспособность.»

*Cliff Walton, Network Strategy Manager
London Electricity*

- анализ устойчивости системы в переходных режимах;
- оценка устойчивости по напряжению.

Все данные, используемые в расчетах, сохраняются на жестком диске компьютера или могут быть записаны на внешний носитель для дальнейшего анализа.

На сегодняшний день система СУМЕ внедрена в свыше 1000 организациях — это более 5000 пользователей в 100 странах по всему миру. Система СУМЕ является одним из наиболее передовых и мощных средств управления процессами передачи и распределения электроэнергии. СУМЕ поможет максимально использовать возможности электросети, существенно увеличив её надёжность и безопасность.

На российском рынке и в странах СНГ продукцию компании LIOS

Technology GmbH представляет компания ООО «Систек».

На сегодняшний день реализовано около 20 проектов с использованием системы мониторинга температуры на базе контроллеров серии OTS. Данное оборудование вызвало большой интерес эксплуатирующих компаний Москвы.

Один из проектов реализованный в 2008г — ПС «Магистральная», снабжающая электричеством район Сити, в котором производится измерение 6 КЛ 110 и 220кВ при помощи контроллеров OTS160P-2 шт, OTS20P-1шт.

Данные от контроллеров OTS в реальном времени поступают на диспетчерский пункт.

Мониторинг температуры КЛ посредством оптоволокна является на сегодняшний день единственным способом диагностики КЛ на всей ее протяженности.

Информация о состоянии КЛ собранная за определенные периоды времени (сезоны) позволяет более правильно и экономично эксплуатировать КЛ, а также минимизировать возможные аварии в распределительных сетях мегаполисов.

Адрес: 105037, РФ,
г. Москва, ул. 3-я Парковая
д. 29 а, офис 3

Телефоны:
+7 (495) 955-92-00
+7(499) 165-04-65