

## ТЕМПЕРАТУРНЫЙ МОНИТОРИНГ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ КАБЕЛЕЙ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

Удовиченко О.В.

В современных условиях часто меняющейся нагрузки кабельные линии высокого напряжения (КЛ ВН) требует постоянного контроля над тепловыми процессами, происходящими внутри кабельной линии на всём её протяжении. Особенно это актуально для кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ-кабели). Связано это, как известно, с тем, что даже кратковременное превышающее температурное воздействие на сшитый полиэтилен приводит к изменению изолирующих свойств полиэтилена.

Одно из современных решений контроля температуры в кабелях из сшитого полиэтилена – использование систем мониторинга, основанных на обратном рассеянии света в оптическом волокне. В этом году исполнилось 80 лет со дня открытия этого знаменательного явления, которое начали в настоящее время применять, в том числе, и для оценки температурного режима эксплуатации СПЭ-кабелей.

Сегодня в эпоху применения оптических кабелей как средства передачи потоков информации существует ещё один способ использования оптического волокна – в качестве распределённого датчика. Оптические волокна, либо встроенные непосредственно в силовую кабель, либо прикреплённые к кабелю снаружи, позволяют регистрировать температурную кривую вдоль всей кабельной трассы.

В целом системы температурного мониторинга достаточно сложны - здесь используются разработки в области оптоэлектроники. Общий принцип работы и используемые физические законы одни – в оптический световод излучаются мощные импульсы лазера, затем измеряется спектральный состав обратного (Рамановского) рассеяния – при изменении свойств стекловоллона под воздействием локальной температуры для конкретного места определяется температура изменения.

Внешне система мониторинга – это стойка, в которой размещаются блоки аппаратуры, включая блоки лазерного излучения и измерения, обработки сигналов и хранения данных, источник бесперебойного питания, монитор, клавиатура и оптическая распределительная коробка для подключения оптических волокон, идущих с кабельной линии.

В настоящее время в России представлены системы мониторинга производства нескольких фирм: Lios (дочерняя фирма NKT cables), Sensa (дочерняя фирма Schlumberger) и ООО «Седатек» (Россия).

Все предлагаемые системы мониторинга в режиме реального времени определяют места локальных перегревов и превышение допустимых значений температуры с возможностью передачи информации на диспетчерские пункты.

Все предлагаемые системы мониторинга аккумулируют данные для возможности определения остаточного срока службы КЛ ВН на основе «исторических» данных распределения температуры по его длине.

Хотелось бы особо обратить внимание на отечественного разработчика - ООО Седатек, который предлагает системы мониторинга типа ПТС (ПТС-1000, ПТС-1500 и аналог), построенные на электронно-оптических компонентах изготовленных в Японии, Германии и Швейцарии.

За счёт использования последних научных разработок в области волоконной оптики и уникального программно-аппаратного комплекса российского разработчика при сопоставимой стоимости с западными аналогами системы типа ПТС имеет отличные технические характеристики. В базовой комплектации ПТС-1000 разработчик гарантирует для линии длиной 10 км время измерения одного канала (одной фазы) - 2 минуты (с температурным разрешением 0,1°С - см. Приложение 1, в котором приведены технические характеристики ПТС-1000). Реализованная технология обеспечивает сбор динамических температурных данных в режиме реального времени по всей длине высоковольтного СПЭ-кабеля более чем в 40000 точках с разрешающей способностью в 1 метр с помощью многомодового оптического волокна вмонтированного в XLPE-кабель.

Система мониторинга типа ПТС имеет высокую производительность и надёжность - наработка на отказ 11 лет. Положительным моментом системы ПТС является адаптация к системам передачи данных с учётом отечественных условий. Удобный интерфейс взаимодействия выполнен на русском языке. При разработке программного комплекса использовано лицензионное программное обеспечение. В отличие от западных систем системы типа ПТС имеет государственный сертификат Ростеста как «средство измерения температуры».

Комплекс положительно зарекомендовал себя на протяжении более шести лет эксплуатации на энергетических объектах города Москвы. Поставка и внедрение системы ПТС-1000 осуществлялась на таких подстанциях как: Гражданская-Войковская, Бескудниково, Мозилово-Крылатское 1,2, Дубнинская, Западная и др. На сегодня поставленные на подстанциях системы успешно функционируют.

ООО «ЛЭП-СЕРВИС» (группа компаний «POWER-GROUP») является представителем в Северо-Западном регионе единственного российского разработчика систем мониторинга - фирмы «Седатек». Высоко квалифицированный персонал ООО «ЛЭП-СЕРВИС» способен решать сложные технические задачи в области построения распределённых систем мониторинга энергетических объектов.

Предложение ООО "ЛЭП-СЕРВИС" по организации систем мониторинга для кабельных сетей ВН конкретного объекта предусматривает:

1. Разработку проекта системы температурного мониторинга КЛ ВН.
2. Поставку системы мониторинга.
3. Сборку, монтаж системы мониторинга и пусконаладочные работы, включая: монтаж компонентов системы в головной стойке; сращивание и муфтирование встроенных оптических волокон в силовом кабеле с входным контролем качества; настройку, калибровку и подключение системы.
4. Техническое обслуживание и ремонт системы мониторинга.

Наличие собственных новейших специализированных приборов и технологического оборудования (аппараты спайки оптического волокна производства Fujikura-Япония, оптические рефлектометры YOKOGAWA -Япония) даёт возможность компании ООО «ЛЭП-СЕРВИС» успешно выполнять проекты по монтажу и обслуживанию волоконно-оптических компонентов высоковольтных кабельных сетей.

Для оперативных поставок компонентов систем мониторинга и технического обслуживания систем мониторинга на складе «ЛЭП-СЕРВИС» в г. Санкт-Петербурге постоянно находится необходимый резервный запас электронно-оптического оборудования и приборов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Система мониторинга позволяет решить три основных проблемных вопроса эксплуатации подземных кабелей из сшитого полиэтилена, которые в значительной степени определяют срок службы кабеля в связи с технологическими особенностями конструктивных материалов:

- превышал ли кабель свою номинальную рабочую температуру; если да - то, как долго и в каком месте;
- превышал ли кабель свою максимально допустимую температуру; если да - то, как долго и в каком месте;
- предсказывать допустимую электрическую нагрузку на кабель, в случае, если температура кабеля достигнет своей максимальной расчётной температуры.

Обладая этой информацией, эксплуатирующая организация, имеет возможность оценить остаточный срок службы высоковольтного кабеля.

В целом, говоря о системах мониторинга, хотелось подчеркнуть, что использование эксплуатирующей организацией систем мониторинга позволяет, эффективно управлять своими капиталовложениями, при этом существенно увеличить безопасность эксплуатации высоковольтных кабельных линий.

## Приложение 1

### Система мониторинга кабельных линий высокого напряжения «ПТС-1000»

- обеспечивает точными температурными данными для оценки состояния кабеля в реальных условиях эксплуатации;
- позволяет определять остаточный срок службы высоковольтного кабеля на основе исторических данных распределения температуры по его длине;
- предоставляет действующие температурные значения для систем динамического управления нагрузкой;
- определяет места локальных перегревов и превышение допустимых значений температуры кабеля;
- дополнительно обеспечивает раннее выявление мест возникновения пожара в кабельном тоннеле или в трубопроводе;
- позволяет осуществлять контроль состояния оптоволокна внутри высоковольтного кабеля;
- обеспечивает автоматическую передачу вышеуказанных данных в места информационного потребления и сбора данных;
- позволяет осуществлять удаленное управление системой, возможность реконфигурации системы, перекалибровки или удаленное изменения программ.

Состав компонентов системы мониторинга выполняется с учётом конкретного проекта высоковольтной кабельной линий. Все блоки системы устанавливаются в 19'' стойку, в которую заводятся активные оптические волокна, встроенные в силовой кабель по всей длине высоковольтной кабельной линии.

Таблица П.1

Основные технические характеристики системы ПТС-1000

п/п	Наименование характеристик	Значение характеристики
	Диапазон измерений температуры	от -40°С до +300°С
	Предел допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры	не более ±1 %
	Время измерения канала (одной фазы)	2 мин
	Температурное разрешение	вплоть до 0,1 °С
	Область измерения на каждый канал	до 10 км

	Потребляемая мощность	не более 500 Вт
	Волоконно-оптический кабель датчика	Multimode GI 50/125
	Интерфейсы	Ethernet (основной), USB, MODBUS, модем, RS232, RS485,
	Операционная система	ОС Windows XP (внутренняя установка)
0	Стандарт хранения данных	80 ГБ жесткий диск и CD дисковод
<i>Параметры питания источника переменного тока:</i>		
1	Напряжение	120/240В AC
2	Частота	50/60 Гц
<i>Рабочие условия эксплуатации:</i>		
3	Температура окружающего воздуха	от +20°C до +40°C
4	Относительная влажность окружающего воздуха	< 90 %
5	Габариты (длина × ширина × высота)	600 × 2010 × 800 мм
6	Масса	не более 120 кг
7	Назначенный срок службы	не менее 5 лет