

Грозозащитный трос с применением новых технологий

Бабарыкин В.Н.

ОКГТ – оптический кабель, встроенный в грозозащитный трос. Уже не новое техническое решение, с помощью которого во всем мире производят организацию связи на высоковольтных линиях электропередач. Кабель-трос, выполняющий функции, как грозозащитного троса, так и волоконно-оптического кабеля связи. В настоящее время согласно стандартам Россетей, ОКГТ является основным и приоритетным способом организации связи на линиях 110 кВ и выше [1]. Такой статус ОКГТ получил благодаря своей высокой надежности. Нужно сказать, что эта надежность обеспечивается, в том числе, благодаря весьма обширному регламенту аттестации в соответствии со специализированным стандартом [2] и большим количеством требований к составу проектной документации, проводимым инженерным расчетам [1, 3]. ОКГТ тестируется на стойкость к удару молнии, отсутствие расплетения проволок при их повреждении, на работу совместно с зажимами и муфтами и т.д.

ОКГТ, обладая своими традиционными функциями, так же имеет достаточно глубокий потенциал распределенного кабеля-датчика. Закладывая в проекты ОКГТ с запасом волокон, заказчики закладывают инфраструктуру потенциальных распределенных систем мониторинга, которые могут создать дополнительную ценность, обеспечивая заказчика дополнительной информацией о состоянии и событиях, происходящих на линиях.

Всего существует три основных вида распределенных волоконно-оптических датчиков:

- 1) DTS – distributed temperature sensor. Распределенный датчик температуры. Весьма активно используется во всём мире для измерения температуры протяженных объектов, таких как нефтяные скважины и трубопроводы;
- 2) DAS – distributed acoustic sensor. Распределенный акустический датчик. Широко применяется в системах охраны периметров объектов для фиксации опасной активности;
- 3) DSS – distributed strain sensor. Распределенный датчик деформации. Используется для измерения механических напряжений и определения предаварийных ситуаций в сооружениях различных назначений, например, в мостах и фундаментах

Все три технологии работают по принципу рефлектометра - специальное оптическое оборудование излучает измерительные импульсы особой конфигурации, анализирует отраженный сигнал, анализирует и обрабатывает его, выводит распределение

интересующего нас физического параметра вдоль всей оптической линии в пределах своего динамического диапазона, либо сигнализирует об определенных событиях (авария, перегрев, попытка кражи и т.п.).

Главным преимуществом этих технологий является распределённость измерений по всей длине волокна. Один кабель заменяет собой тысячи и десятки тысяч точечных датчиков. Так же большим плюсом является отсутствие необходимости в обеспечении электроснабжения удалённых датчиков.

Далее рассмотрим подробнее возможности каждой технологии мониторинга линий электропередач через ОКГТ.

DTS. Работает на основе физического принципа рассеяния Рамана. DTS наиболее широко используется для мониторинга ОКГТ в настоящий момент в РФ по сравнению с остальными двумя технологиями. Более того, использование системы температурного мониторинга предписано специализированным стандартом Россетей [4]. Использование DTS обязательно в случае реализации систем плавки гололеда по ОКГТ. Назначение системы – предотвратить возможный перегрев оптических волокон путём контроля температуры. Это важно, так как длительно допустимая температура нагрева стандартного телекоммуникационного волокна +85 градусов Цельсия, систематические перегревы способны снизить его надёжность. Дистанция измерения может составлять более 50 км.

В кабелях типа ОКФП (оптический кабель, встроенный в фазный провод) система DTS может собирать данные по эффективности токовой нагрузки, равномерности нагрева и локальных дефектах, на которых возможны точечные перегревы.

DAS. Работает на основе физического принципа рассеяния Рэлея. Помимо, собственно, акустических воздействий на оптическое волокно, современные системы, такие как «Дунай» производства Т8, позволяют определять относительное изменение длины волокна, вызванное температурным расширением и растягивающим воздействием, см. рис 1.

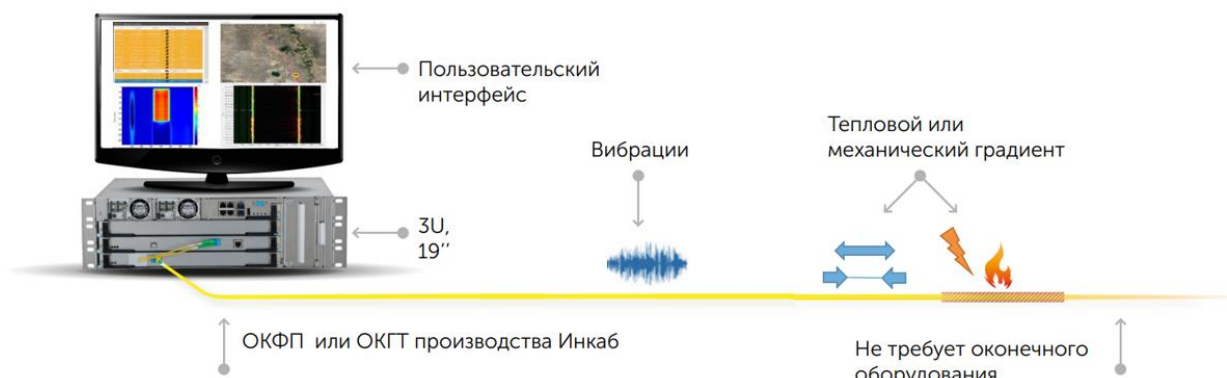


Рис. 1 Система DAS

Практическое применение состоит в локализации следующих событий:

- Удар молнии (± 10 м). По температурному градиенту и акустическому фону система определяет место удара молнии с точностью до пролета. Чувствительность подтверждена испытаниями, проведенными в НТЦ ФСК ЕЭС, фото испытательной установки см. на рис. 2.
- Короткое замыкание с фазного провода на ОКГТ (± 10 м).
- Контроль опасной активности в зоне ЛЭП - попытки демонтажа элементов опоры. Испытания проводились на уличном стенде на территории завода Инкаб, см. рис. 3.
- Интенсивная эоловая вибрация и галопирование троса. Испытания проводились на специальном стенде в Электросетьстройпроекте (ЭССП).

Результаты совместных испытаний «Т8 Сенсор» и «Инкаб» в «НТЦ ФСК»



Разряд молнии имитировался разрядами длительностью 0.25 с и суммарным зарядом 50 Кл, а также длительностью 0.40 с и суммарным зарядом 100 Кл (ток ~ 200 А в обоих случаях).

Рис. 2 Испытания системы DAS на чувствительность к удару молнии



Рис. 3 Испытание системы DAS на чувствительность к попытке выпиливания элементов опоры.

Проведено две опытно-промышленных эксплуатации в РФ:

- Участок 1 км в Пермэнерго близ города Чусовой;
- Линия 50 км в Карелэнерго.

Один программно-аппаратный комплекс может мониторить линию или участок линии протяженностью до 50 км. Оператору будут приходить уведомления о событиях, происходящих на линии в пользовательском интерфейсе, входящим в состав комплекса (рис. 4).

Журнал событий →

«Водопад»
опционален
(сигналограмма
и гистограмма) →

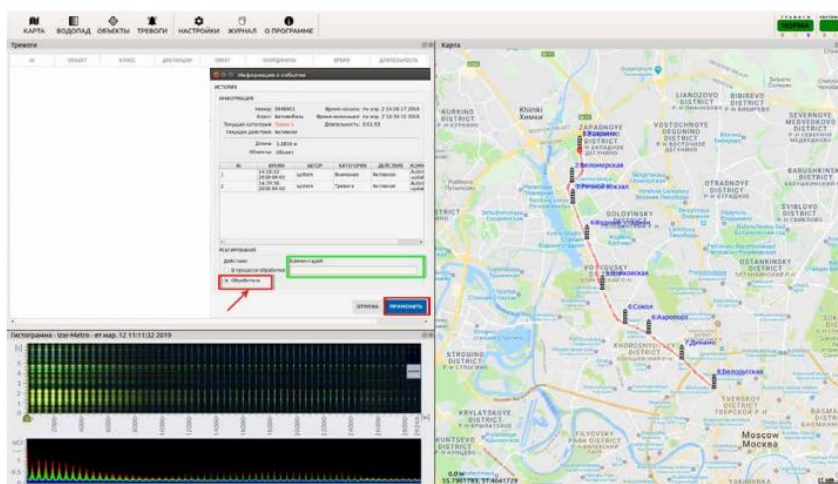


Рис. 4 Пользовательский интерфейс комплекса DAS Дунай.

В систему мониторинга входит комплекс оборудования, который размещается с одного конца линии (на одной из подстанций) и кабель.

DSS. Работает на физическом принципе рассеяния Бриллюэна. Оборудование фиксирует абсолютное изменение длины оптического волокна, вызванное как температурными, так и механическими факторами. Таким образом, зная характеристики кабеля, в котором располагается оптическое волокно, проводя измерения можно определить температуру кабеля и нагрузки, воздействующие на него.

Но в части измерений удлинения и нагрузок потребуются использование специального кабеля, в котором, как минимум, одно волокно располагается специальным образом – без резерва по длине. Нужно это, чтобы любое удлинение и сжатие кабеля приводили к удлинению оптического волокна, тогда они будут фиксироваться системой. Пример специальной конструкции ОКГТ приведен на рисунке 5.

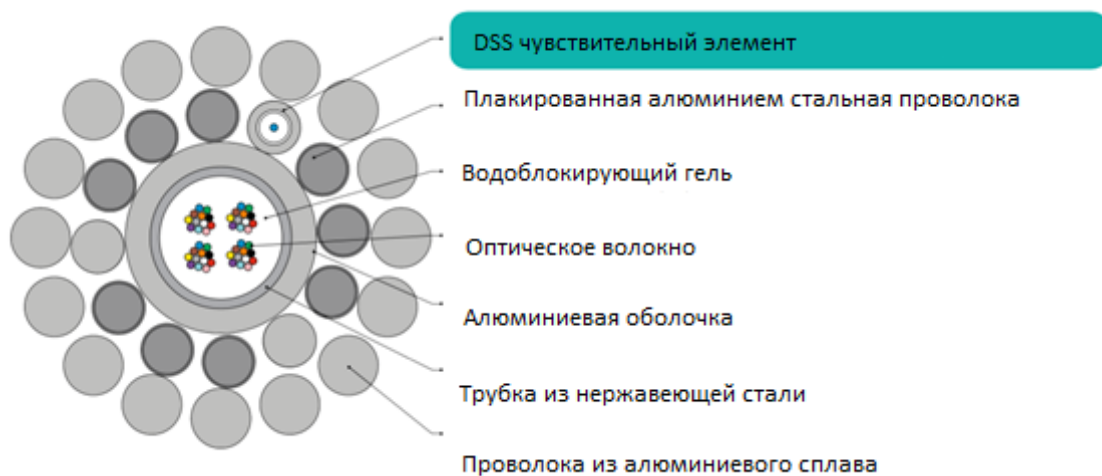


Рис. 5 специальная конструкция ОКГТ для DSS измерений

Задачи, которые позволяет решать DSS система:

- Контроль тяжений и стрел провеса, фиксация предаварийных ситуаций.
- Контроль движения фундаментов опор за счет измерения изменений длительных нагрузок, действующих на кабель (см. рис. 6). За счет того, что ОКГТ размещается в наивысшей точке линии, этот элемент наиболее чувствителен к отклонениям опор от вертикальной оси, т.к. имеет максимальное плечо.
- Измерение гололедных и ветровых нагрузок. Определение гололедообразования.
- Последовательное измерение в специальном чувствительном DSS модуле ОКГТ и в обычном оптическом модуле, позволит разделить удлинение, вызванное механическими и температурными факторами. Используя известный температурный коэффициент линейного расширения оптического волокна, можно определить абсолютное значение температуры.

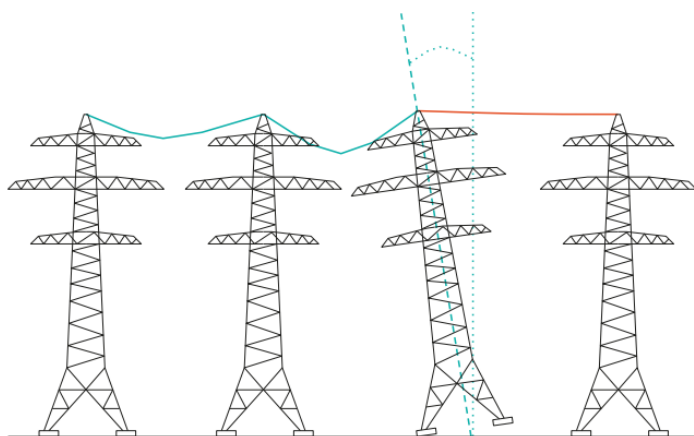


Рис. 6 Движение фундамента опоры, изменение нагрузки ОКГТ

Контроль нагрузок, которые могут быть пересчитаны в стрелы провеса, потенциально поможет зафиксировать предаварийные ситуации и вовремя на них среагировать, таким образом улучшить статистику по аварийности.

Работа DSS системы тестировалась на уличном стенде завода Инкаб, см. рис. 7.



Рис. 7 Общий вид уличного станда и график измеренного удлинения оптического волокна до имитации воздействия гололеда и после.

В течение 2022 года планируется проведение опытно-промышленной эксплуатации и тестирование участка действующей ВЛ 110 с ОКГТ, оборудованным DSS модулем. Измерения DSS оборудованием предполагается периодическое раз в несколько месяцев для оценки динамики нагрузок в кабеле.

Все три технологии распределенных датчиков могут быть внедрены для мониторинга линии электропередач путём использования ОКГТ, который сейчас и так массово подвешивается на линиях электропередач в качестве кабеля связи. Причем два из трех типов мониторинга могут быть реализованы на существующих ОКГТ стандартной конструкции. Специальной конструкции требует только мониторинг деформаций (DSS).

Системы распределенного мониторинга активно развиваются и внедряются в новые отрасли, масштабируется их применение, что способствует удешевлению компонентов. Со временем распределенный мониторинг может стать неотъемлемой частью линейных объектов в продолжение тренда на всеобщую цифровизацию для повышения степени контроля над инфраструктурой.

Библиографический список

- [1] - СТО 56947007-33.180.10.172-2014 Технологическая связь. Правила проектирования, строительства и эксплуатации ВОЛС на воздушных линиях электропередачи напряжением 35 кВ и выше
- [2] - СТО 56947007-33.180.10.174-2014 Оптический кабель, встроенный в грозозащитный трос, натяжные и поддерживающие зажимы, муфты для организации ВОЛС-ВЛ на линиях электропередачи напряжением 35 кВ и выше. Общие технические условия
- [3] - СТО 56947007-33.180.10.171-2014 Технологическая связь. Эталон проектной документации на строительство ВОЛС-ВЛ с ОКСН и ОКГТ
- [4] - СТО 56947007-29.060.50.122-2012 Руководство по расчету режимов плавки гололеда на грозозащитном тросе со встроенным оптическим кабелем (ОКГТ) и применению распределенного контроля температуры ОКГТ в режиме плавки

Автор

Бабарыкин Валерий Николаевич

Руководитель отдела технической компетенции

ООО «Инкаб»

Адрес: 614532, Пермский край, Пермский район, Нестюковский тракт, Придорожная, 2

Телефон: +7 (342) 211-41-41

E-mail: mail@incab.ru