ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Оптика на проводе

Классификация и применение волоконно-оптических кабелей на воздушных линиях электропередачи

Волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) за неполные 50 лет своего существования прошли огромный эволюционный путь. На основе ВОЛС созданы обширные информационные сети, проложенные по различным магистралям и сетям коммуникаций, в частности, воздушным линиям электропередачи.

Чуть более полувека назад, в 1967 г., американская компания Corning начала исследования по созданию промышленных оптических волокон, которые в 1970 г. увенчались феноменальным по тем временам успехом – было изготовлено оптическое волокно с погонным затуханием 17 дБ/км, значительно меньшим, чем у медных кабелей, повсеместно использовавшихся тогда при передаче информации. Компания Corning до сих пор остаётся лидером рынка оптического волокна. Она произвела уже 1 млрд км волокна, тем временем затухание в нём снизилось практически в 100 раз (типичное значение – 0,18 дБ/км.)

Далее, в 1977 г., компания BICC (Великобритания), которая впоследствии стала подразделением той же компании Corning, запатентовала оптический кабель, встроенный в грозозащитный трос, – ОКГТ (OPGW – OPtical Ground Wire), который стал широко применяться за рубежом с 1990-х годов, а в России – с 2000-х.

В нашей стране первым масштабное промышленное производство ОКГТ освоил завод «Саранскабель-Оптика». За прошедшие с тех пор десять лет на заводе было произведено более 50 тыс. км кабеля ОКГТ. Поскольку Саранский завод долгое время оставался единственным российским поставщиком ОКГТ, далее мы будем в примерах говорить о его продукции.

Общая инфраструктура

Опоры воздушных линий электропередачи часто «по совместительству» используются для подвеса волоконно-оптических кабелей. Ввиду того, что ВЛ соединяют в единую электрическую сеть жилые и промышленные объекты, было бы неразумно не использовать эту сеть для передачи информации, особенно в самой энергетике, где с помощью ВОЛС сегодня решают задачи удалённого технологического мониторинга и управления объектами, наблюдения и охраны, а также связи.

Подвешивая кабели на опорах уже существующих ВЛ, можно обеспечить высокую надёжность ВОЛС и заодно избежать трудоёмких процедур по оформлению земельных отношений. Также следует отметить сокращение сроков введения линий в эксплуатацию, снижение капитальных и эксплуатационных затрат.

Виды оптоволоконных кабелей, применяемых на ВЛ, зависят от класса напряжения, климатических условий, рельефа местности, а также наличия пересечений на трассах. Наиболее часто на ВЛ подвешивают уже упомянутый оптический кабель в грозотросе – ОКГТ и оптический кабель самонесущий – ОКСН (ADSS – All Dielectric Self-Supporting). Кроме того, ограниченное распространение получила группа оптических кабелей присоединённых (ОКП, OPAC – OPtical externally Attached Cable). Помимо чисто подвесного кабеля она включает ОКНГТ (WrapGW – Wrapped around Ground Wire) – кабель навивной на грозотросе и ОКН (ФП) (WrapPC – Wrapped around Phase Conductor) – оптический кабель, навитый на фазный провод. Крайне редко используют оптический кабель, встроенный в фазный провод, – ОКФП (OPPC – OPtical Phase Conductor). Причина ограниченного применения указанных кабелей на ВЛ – неудобство их монтажа и, особенно, эксплуатации.



Рис. 1. Конструкция кабеля ОКГТ марки ОКГТ-ц

Следует отметить, что монтаж оптического кабеля на воздушных линиях имеет свою специфику. Его подвешивают строительными длинами (отрезками) протяжённостью до 8 км с установкой муфт между ними. При этом используется специализированное технологическое оборудование.

Непростое устройство

Оптические кабели, применяемые на ВЛ, как правило, имеют модульную конструкцию, то есть содержат оптический модуль в виде металлической или полимерной трубки, в который помещены оптические волокна (группы волокон). Оптический модуль, как правило, заполнен гидрофобным гелем, который предотвращает проникновение внутрь влаги и снижает взаимное трение волокон. Силовые элементы кабеля, навитые вокруг модулей, придают ему прочность, необходимую для противостояния монтажным, ветровым и гололёдным нагрузкам. Наружная оболочка обеспечивает дополнительные механическую и влагозащиту. Типичное количество волокон в кабеле – 24–48, модулей – 1–6.

Вся сила в тросе

Наиболее часто при строительстве ВОЛС ВЛ применяют оптический кабель, встроенный в грозозащитный трос. Доля подобных решений на рынке составляет около 80% для всех строящихся линий электропередачи и свыше 40% – для реконструируемых. Благодаря наивысшей надёжности ОКГТ используются как в магистральных информационных сетях, так и в транспортных сетях различных масштабов.

Столь высокая популярность ОКГТ объясняется удобным совмещением функций: кабель представляет собой грозозащитный трос, то есть является необходимой частью ВЛ (при напряжениях 110 кВ и выше – повсеместно, а при 35 кВ – вблизи подстанций). При замене обычного грозотроса на ОКГТ не требуется никаких дополнительных конструктивных решений. Используются те же штатные места крепления, а нагрузки на опоры, создаваемые ОКГТ, как правило, не превышают тех, которые создаёт обычный грозотрос. Неудивительно, что монтаж ОКГТ часто совмещают с плановой заменой грозотроса по истечении срока его службы. Кроме того, ОКГТ оказывается практически безальтернативным вариантом при выполнении так называемых больших переходов через препятствия (как правило, через реки), где имеются пролёты длиной более 500 м.

Вместе с тем ОКГТ имеют наибольшую стоимость и требуют применения достаточно сложного оборудования для подвески и монтажа.

Наиболее распространена конструкция ОКГТ, в которой оптический модуль, защищающий оптические волокна от внешних воздействий, представляет собой герметичную стальную сварную трубку с гидрофобным гелем. При этом выделяют два основных варианта: с центральной трубкой (марка ОКГТ-ц, см. рис. 1) и одной или несколькими трубками, расположенными во внутреннем повиве взамен проволок (марка ОКГТ-с).

Первая конструкция более простая, характерная для кабелей небольшого диаметра (9–11 мм), число оптических волокон в которых обычно не превышает 48. Вторая конструкция (диаметр кабеля – более 11 мм) позволяет получить лучшие прочностные характеристики и разместить значительно большее количество волокон.

Проволоки в повиве выполняются из алюминиевого сплава либо стали, плакированной алюминиевым сплавом (напрессованным тонким слоем сверху до достижения молекулярного взаимодействия на границе). При этом стальные проволоки обеспечивают, главным образом, прочностные характеристики кабеля, алюминиевые – электрические и термические характеристики, позволяющие пропускать большие токи при ударе молнии или коротком замыкании на ВЛ без повреждения оптических волокон. Плакировка стальных проволок обеспечивает их более высокую коррозионную стойкость и, соответственно, значительно больший срок службы, чем цинковое покрытие.

Сегодня выпускается около 100 укрупнённых марок ОКГТ. Типичные параметры ОКГТ: диаметр – 11–15 мм, максимально допустимая нагрузка – 25–75 кН, удельный вес – 350–850 кг/км.

Для больших переходов выпускаются уникальные изделия. Так, ОКГТ, подвешенный на переходе ВЛ 110 кВ через Ангару с центральным пролётом 2065 м (см. фото), содержит пять повивов проволок и имеет диаметр около 30 мм и удельный вес 3500 кг/км. Допустимая нагрузка на провод – 370 кН.

Оптическое окружение

Альтернативой ОКГТ стал самонесущий оптический кабель, появившийся в конце 1980-х. Его широкое применение началось в 2000-х. Типичная конструкция ОКСН, используемая в кабеле марки ОКК, показана на рис. 2.



Рис. 2. Конструкция кабеля ОКСН марки ОКК

Оптические модули (трубки) из прочного полимера скручены вокруг центрального стеклопластикового сердечника. Силовые элементы в кабеле – высокомодульные арамидные нити (часто именуемые кевларовыми по торговой марке материала Kevlar производства компании DuPont, используемого также при производстве лёгких бронежилетов), обеспечивающие кабелю высокую прочность при небольшом весе. Возможны два основных варианта конструкции: базовый – с промежуточной оболочкой (марка ОКК) и упрощённый – без неё (марка ОККМ, применяется в основном на воздушных линиях электропередачи напряжением 0,4 кВ).

Поскольку самонесущие оптические кабели навешиваются на опоры ВЛ как дополнительные элементы, они применяются на линиях широкого класса напряжений – от 0,4 до 220 кВ. При этом, естественно, требуются дополнительные узлы крепления к опорам.

Применение ОКСН на ВЛ напряжением свыше 220 кВ ограничивается устойчивостью полиэтиленовой оболочки кабеля к трекинг-эффекту – разрушению под действием поверхностного коронного разряда, возникающего в электрическом поле высоковольтной линии. Для подвеса кабеля выбирают зоны наименьшего потенциала, местонахождение которых определяется конструктивным исполнением ВЛ и зависит прежде всего от количества фазных цепей, расположения и размеров траверс опоры. Как правило, эти зоны находятся под средней или нижней траверсой. На ВЛ 110 кВ и выше часто приходится использовать специальные трекингостойкие кабели, которые рассчитаны на применение при потенциале поля до 25 кВ – вдвое большем, чем допускают обычные кабели.

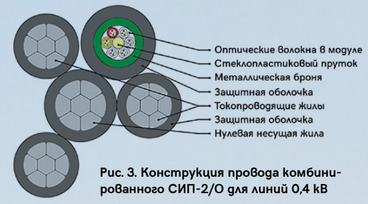


Рис. 3. Конструкция провода комбинированного СИП-2/О для линий 0,4 кВ

Основные достоинства ОКСН – это относительно небольшой вес кабеля и возможность его подвески и монтажа без отключения ВЛ, а также меньшие по сравнению с ОКГТ затраты на создание ВОЛС.

К недостаткам ОКСН, помимо уже указанного ограничения из-за трекинг-эффекта, относится необходимость предусматривать узлы для подвеса, учитывать дополнительные нагрузки на опоры, рассчитывать потенциалы в местах подвеса кабеля, предотвращать его схлёстывания с проводами фазы. Кроме того, использовать ОКСН на больших переходах через препятствия практически сложно из-за его недостаточной упругости.

Сегодня на рынке доступно около 350 марок ОКСН с допустимой нагрузкой от 3,5 до 80 кН и количеством оптических волокон до 256. Параметры наиболее распространённых марок ОКСН: диаметр – 11–16 мм, предельно допустимая нагрузка – 7–30 кН, удельный вес – 100–200 кг/км.

Всегда вместе

Самонесущие изолированные провода (СИП, АВС – Aerial Bundled Cables) в 1983 г впервые были применены в Австралии как решение, позволяющее снизить число пожаров от замыканий оголённых проводов в условиях засушливого климата и малолюдной, покрытой высоким кустарником местности. Доказав свою эффективность, за последние 35 лет СИП распространились по всему миру.

В случаях СИП-линий напряжением 0,4 кВ, которые должны быть совмещены с ВОЛС, можно получить существенную экономию, используя вместо монтажа кабеля ОКСН или присоединённого к проводу кабеля специализированный комбинированный провод с оптическим кабелем, вплетённым в жгут (см. рис. 3).

Благодаря применению СИП-2/О при строительстве и особенно реконструкции ВЛ напряжением 0,4 кВ экономия доходит до 20% общей стоимости проекта по сравнению с совместным подвесом ОКСН и СИП. При этом используются типовые решения по применению опор и линейной арматуры, сокращаются сроки строительства.

Номенклатура кабелей СИП-2 с оптическими волокнами на сегодня весьма обширна и включает варианты с площадью сечения жил от 16 до 185 мм^2 и числом оптических волокон от 8 до 96.

* * *

Для удобства потребителей кабельной продукции ООО «Саранскабель-Оптика» предлагает решения по организации ВОЛС ВЛ практически для всех классов ВЛ. Также следует отметить, что в наш информационный век ВОЛС считаются привлекательным инвестиционным активом, поскольку обладают сроком службы не менее 25 лет и большим потенциалом модернизации систем связи за счёт огромной пропускной способности оптических волокон.

Игорь ФРОЛОВ

