

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ для подвесных ВОЛП

В. Андреев, ректор ПГУТИ, д.т.н.
Б. Попов, профессор ПГУТИ, к.т.н.
В. Попов, профессор ПГУТИ, к.т.н.

В статье приводится сравнительный анализ применения различных конструкций оптических кабелей (ОК) для подвески на воздушных линиях электропередач (ВЛ). Показано, что самонесущие ОК с силовыми элементами из высокомолекулярных нитей имеют неоспоримые преимущества по сравнению с ОК типа "восьмерка".

В России и за рубежом широко применяется подвеска оптических кабелей (ОК) на опорах воздушных линий электропередачи (ВЛ), контактной сети железных дорог, а также на опорах городского электрохозяйства. Достоинства подвески ОК на опорах по сравнению с прокладкой в грунт очевидны: отсутствие необходимости отвода земель и согласования с заинтересованными организациями; уменьшение сроков строительства и количества повреждений на участках городской застройки и промышленных зон; снижение капитальных и эксплуатационных затрат на трассах с тяжелыми грунтами.

На волоконно-оптических линиях передачи (ВОЛП), размещаемых на опорах ВЛ, используются следующие различающиеся по конструкции типы оптических кабелей:

- ОКГТ – кабель, встроенный в грозотрос;
- ОКСН – кабель самонесущий неметаллический;
- ОКНН – кабель, навиваемый на фазный провод или грозотрос.

Опыт показывает, что сложилась устойчивая практика применения кабелей ОКСН и ОКГТ. Кабель ОКГТ используется в большинстве случаев при строительстве новых линий электропередачи, ОКСН – при реконструкции существующих энергетических систем с напряжением до 330 кВ. Эта традиция объясняется спецификой монтажа этих кабелей. Кабели ОКСН обычно устанавливаются на нижней или средней траверсе опор ВЛ. Такое размещение позволяет, во-первых, при подвеске кабеля снизить динамическую нагрузку на опору (в сравнении с монтажом ОКГТ на вершине опоры), а во-вторых, проводить подвеску ОКСН без отключения напряжения на ВЛ, что существенно снижает себестоимость строительства. По оценкам специалистов, с учетом стоимости проектно-изыскательских работ, вынужденных простоев и демонтажа старого грозотроса, строительство ВОЛП на ВЛ обходится более чем в два раза дороже, чем подвеска самонесущего кабеля ОКСН на опорах ВЛ. Кроме того, существуют ВЛ 110–500 кВ, для которых применению ОКСН нет

альтернативы, поскольку эти ВЛ ранее сооружались без применения грозотросов [1], а именно:

- в районах с числом грозových часов менее 20 и в горных районах с плотностью разрядов на землю менее 1,5 на 1 кв. км в год;
- в районах с плохо проводящими грунтами (проводимость более 103 Ом×м);
- на участках с расчетной толщиной стенки гололеда более 25 мм при числе грозových отключений, не превышающих трех в год для ВЛ 110–330 кВ и одного – для ВЛ 500 кВ.

Здесь следует отметить важное достоинство строительства ВОЛП на ВЛ с использованием кабеля ОКГТ, которое заключается в том, что подвеска такого кабеля не приводит к увеличению нагрузки на опоры.

Относительно применения кабеля ОКНН следует отметить, что в России накоплен достаточно большой опыт прокладки ОК методом навивки на фазный провод или грозотрос ВЛ [2]. Однако у операторов, да и у владельцев ВЛ, имеется определенное недоверие к этой технологии, поэтому объем прокладки ОК методом навивки у нас пока не превышает 10% от общего объема прокладки на воздушных ВЛ.

Весьма актуальна подвеска ОК в самом быстрорастущем секторе телекоммуникаций – сетях широкополосного доступа (ШПД). Технологии ШПД развиваются в направлении поступательного наращивания скоростей передачи информации. В России, к сожалению, имеет место значительный разрыв в уровне проникновения ШПД. Если в крупных городах широко используются технологии FTТх, то на селе сети ШПД развиваются в основном на существующей сети абонентского доступа. Из сказанного следует, что для успешного развития сетей ШПД предстоит достаточно большая работа по прокладке ОК как в городской, так и в сельской местности. Это подтверждает обновленная стратегия ОАО "Ростелеком", которая

подразумевает расширение к концу 2018 года аудитории ШПД до 16,5 млн. абонентов и овладение 57% рынка ШПД для физических лиц. Сети оператора охватили уже более 35 млн. домохозяйств, но в основном они подключены медными кабелями. Чтобы качественно предоставлять "тяжелые" услуги, в том числе IPTV, "Ростелеком" намерен за 2–3 года подключить с помощью ОК 33 млн. домохозяйств, в том числе перейти от ADSL к PON или другим вариантам FTТх [3]. Для реализации намеченной программы "Ростелекома" и ряда других операторов, занимающихся развитием ШПД, безусловно, будут применяться технологии подвески самонесущих ОК. Они выпускаются кабельной промышленностью в виде двух конструкций: с высокомолекулярными синтетическими нитями и с вынесенным силовым элементом ("восьмерка").

Самонесущие диэлектрические кабели типа ОКСН с силовыми элементами из арамидных нитей хорошо себя зарекомендовали на ВЛ и на железных дорогах России. В последние годы многие изготовители ОК начали выпуск таких кабелей со стеклонитями (стеклоровингом), которые по стоимости ниже, чем арамидные. Например, выпускаются самонесущие ОК с арамидными нитями под маркой ОКЛЖ и со стеклонитями под маркой ОКЛЖ (СТН). Учитывая более низкую стоимость стеклонитей, самонесущие ОК с их использованием вполне могут конкурировать по стоимости с ОК с вынесенным силовым элементом. Практика работы организаций, занимающихся строительством ВОЛП на ВЛ, показывает, что качество самонесущих диэлектрических ОК не вызывает нареканий при условии соблюдения технологии их изготовления [4].

В связи с интенсивным проведением работ по строительству сети ШПД, диэлектрический самонесущий ОК типа ОКСН достаточно широко стал использоваться для подвески на опорах городского электрохозяйства, а также между зданиями.

В качестве недостатка диэлектрического кабеля типа ОКСН при строительстве сетей ШПД можно отметить достаточно большое количество специальной арматуры для его подвески и монтажа, кроме того, он дороже аналогичного по назначению ОК с вынесенным силовым элементом. Однако по причине повышения цен на некоторые материалы, в первую очередь на полиэтилен, и применения более дешевых стеклонитей, стоимость диэлектрического кабеля типа ОКСН стала лишь незначительно превышать стоимость ОК типа "восьмерка". Например, в первом квартале 2014 года стоимость диэлектрического самонесущего кабеля марки ОКЛЖ при емкости 8 оптических волокон и допустимых растягивающих усилиях 7,5 кН всего на 10% больше стоимости аналогичного по назначению кабеля типа "восьмерка" марки ОКЛЖ-ВС.

Кроме того, владельцы сетей городского электрохозяйства не допускают подвеску на своих опорах ОК, имеющих металлические элементы, например, стальной трос в кабеле "восьмерка".

В этой связи отмечается [5], что сегодня на смену максимальным объемам производства и продаж несимметричных подвесных ОК ("восьмерка") пришли симметричные самонесущие диэлектрические ОК – не только из-за преимуществ их конструкций и монтажа, но и по причине более низкой стоимости материала силового элемента – стеклонитей.

Кроме этого, кабелям типа "восьмерка" присущи наиболее часто вскрываемые при эксплуатации недостатки, от которых свободны кабели типа ОКСН [6]:

- сложность обеспечения герметичности в месте ввода ОК в муфту. Концы кабеля, отсоединенные от силового элемента, не имеют жесткости, и приходится делать всякого рода приспособления для обеспечения герметичности ввода. Это слабое звено в конструкции кабеля "восьмерка";
- отслоение сердечника ОК от силового элемента (стального троса). В случае повреждения крепежа (анкерного крюка или кольца) кабель отрывается от силового элемента и повреждается;
- заводской брак подвесного ОК типа "восьмерка", заключающийся в нарушении целостности внешней защитной полиэтиленовой оболочки (на "восьмерку" наложить оболочку технологически сложнее, чем на круглый кабель).

В [7] достаточно подробно рассмотрены недостатки конструкции кабеля типа "восьмерка" с оптическим сердечником в виде монотрубки. Автор сравнивает этот ОК и ОК модульной конструкции, в котором

оптические волокна (ОВ) размещены в оптических модулях, скрученных вокруг центрального силового элемента. В этой работе показано, что в нижнем диапазоне рабочих температур возникают микро- и макроизгибы ОВ, вызывающие рост затухания у "восьмерки". Кроме того, при воздействии низкой температуры происходит перемещение пучка ОВ вдоль сердечника, состоящего из одного центрального модуля. Так, при воздействии растягивающих нагрузок ОВ вытягиваются из защитных муфт. При недостаточном запасе свободного хода волокон в муфте возможен их обрыв. При воздействии пониженной температуры такое перемещение пучка ОВ приводит к их вытягиванию из кабеля в муфту. Это происходит потому, что все элементы кабеля сжимаются больше, чем ОВ. Поэтому велика вероятность увеличения затухания в ОВ, находящихся в муфте. Практика эксплуатации ОК с вынесенным силовым элементом и монотрубкой выявила недопустимое увеличение коэффициента затухания при понижении температуры до -20°C [7].

Кабели со скрученной структурой оптического сердечника лишены данного недостатка, а все перемещения пучка волокон при таких нагрузках ограничены наличием свободного хода ОВ внутри спирально уложенных модулей.

В результате проведенного сравнительного анализа двух рассматриваемых конструкций самонесущих подвесных кабелей показано, что самонесущие ОК с силовыми элементами из высокомолекулярных нитей имеют неоспоримые преимущества по конструктивным и эксплуатационным характеристикам в сравнении с ОК типа "восьмерка", особенно с центральным модулем. При этом разница в их стоимости постоянно сокращается.

Применение подвески самонесущих оптических кабелей типа ОКСН, в первую очередь, на распределительных воздушных ВЛ напряжением 6–35 кВ, протяженность которых в России более одного миллиона километров, позволит активнее решать проблемы цифрового неравенства при строительстве сетей ШПД.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инденбаум Д., Трофимов Б. Особенности выбора оптического кабеля для воздушных линий электропередачи. – Технологии и средства связи. 2012. № 3.
2. Гаскевич Е.Б., Хегай И.И. Навивная волоконно-оптическая линия передачи. Опытный участок. – LIGHTWAVE Russian Edition. 2006. № 1.

3. **Куффнер Х.** Стратегический поворот. – Вестник связи. 2014. № 2.
4. **Ветошин Л.Ф.** Инструкции. Прокладка оптических кабелей по воздушным линиям. – [Электронный ресурс]: http://www.pscspb.ru/instr_air.php.
5. **Авдеев Б.В., Исхаков Д.Р.** и др. Снова о подвесных оптических кабелях. – Фотон-Экспресс. 2011. № 3.
6. **Гнилов А.А., Попов Б.В., Попов В.Б.** Проблемы качества при строительстве проводных сетей широкополосного абонентского доступа. – Вестник связи. 2009. № 5.
7. **Инденбаум Д., Сироткин С.** Самонесущие оптические кабели с вынесенным силовым элементом и оптической частью в виде трубки: недостатки конструкции. – Первая миля. 2011. № 4.

ИЗМЕРИТЕЛИ МОЩНОСТИ С РЕКОРДНЫМ ДИНАМИЧЕСКИМ ДИАПАЗОНОМ

Keysight Technologies представила новые измерители мощности U2040 серии X с широким динамическим диапазоном. Четыре модели с шиной USB из серии предназначены для использования в приложениях беспроводной связи и радиолокационных системах, а одна модель с интерфейсом LAN – для тестирования средств спутниковой связи.

Динамический диапазон измерителей серии U2040X составляет 96 дБ (от –70 до +26 дБм), что дает возможность выполнять измерения очень слабых сигналов при решении широкого круга

задач, например, при производстве чипсетов беспроводной связи.

Благодаря новой функции – режиму усреднения с избирательностью по времени – пользователи могут проводить как обычные измерения средней мощности, так и измерения средней мощности в заданные интервалы времени во всем динамическом диапазоне. Это значительное улучшение по сравнению с традиционными измерителями мощности, которые могут выполнять измерения со стробированием по времени только в ограниченном динамическом диапазоне – около 50 дБ. Измерители мощности серии U2040X обеспечивают захват любых

модулированных сигналов в широком диапазоне частот и поддерживают сигналы большинства распространенных форматов беспроводной связи, включая LTE, LTE-A с полосой 100 МГц, а также WLAN 802.11ac с полосой 80/160 МГц. Встроенные предустановки для сигналов радиолокационных систем и систем беспроводной связи позволяют выполнять быструю настройку процедуры тестирования. Для упрощения сбора данных и их анализа инженеры могут использовать ПО Keysight BenchVue.

По материалам компании Keysight Technologies