

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ комбинированного кабеля местной связи к механическим нагрузкам

В.Андреев, д.т.н., заведующий кафедрой ПГУТИ,
Б.Попов, к.т.н., профессор ПГУТИ,
В.Попов, к.т.н., профессор ПГУТИ,
С.Гаврюшин, заведующий лабораторией ПГУТИ

УДК 621.315.2, DOI: 10.22184/2070-8963.2017.63.2.20.24

В работе рассматривается стойкость оптических волокон и медных жил комбинированного кабеля к воздействию растягивающих и раздавливающих нагрузок.

ВВЕДЕНИЕ

Идея разработки кабеля связи, объединяющего в своей конструкции цепи различного назначения, не нова. Она реализуется в производстве комбинированных кабелей ведущими мировыми производителями. В ЗАО "Самарская оптическая кабельная компания" (СОКК) разработан и выпускается по ТУ 3587-010-43925010-2013 комбинированный кабель местной связи с оптическими волокнами (ОВ) и медными жилами. Такие кабели наибольшую актуальность имеют на ведомственных сетях технологической связи с рассредоточенным характером производства, где достаточно широко используются симметричные кабели с медными жилами и внедряются оптические системы связи. В качестве примера можно привести применение отечественных радиокабельных систем передачи ИКМ-7ТМ и АСТМ, предназначенных для построения древовидной разветвленной сети технологической связи, которые могут работать как по симметричным, так и по оптическим линиям связи [1, 2]. Указанные системы технологической связи широко применяются

на низовом уровне ведомственных сетей связи таких компаний как ПАО "Газпром", предприятий нефтяной и перерабатывающей промышленности [3].

Комбинированный (гибридный) кабель местной связи – со сплошной полиэтиленовой изоляцией жил, с экраном из алюмополиэтиленовой ленты, бронированный стальной гофрированной лентой с пластмассовым покрытием, в полиэтиленовой наружной оболочке, с сердечником, содержащим центральный силовой элемент в виде стеклопластикового стержня в оболочке, вокруг которого скручены медные изолированные жилы, оптические модули и кордели, с гидрофобным заполнением внутримодульного и межмодульного пространства – включает в себя четыре медные жилы и от 2 до 32 оптических волокон. За основу конструкции, электрических характеристик и маркировки комбинированного кабеля принят кабель сельской (местной) связи КСПП-1×4-0,9(1,2). Разрез кабеля представлен на рисунке.

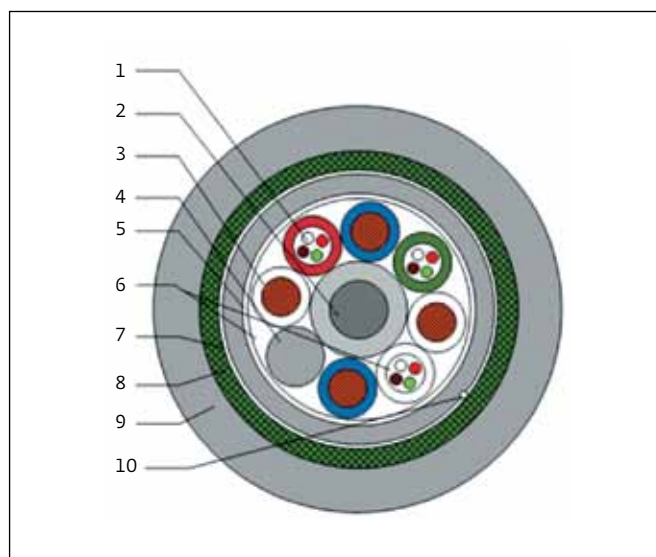
Уникальность созданной специалистами СОКК конструкции заключается не только

в самой идее совмещения оптического и "медного" кабеля, но и в оптимизации размещения медных изолированных жил и оптических модулей в одном повиве кабельного сердечника, которая позволила получить при меньшем диаметре изолированных жил и большем расстоянии между жилами рабочей пары, чем у кабеля КСПП, идентичные с ним основные электрические характеристики передачи (рабочая емкость, волновое сопротивление, коэффициент затухания).

Рассматриваемые кабели предназначены для прокладки в грунте 1-3 групп, в кабельной канализации, в коллекторах и туннелях, шахтах, по стенам зданий, в районах, не характеризующихся повышенной коррозионной опасностью по отношению к стальной броне, по мостам и эстакадам. Они могут эксплуатироваться при температуре окружающей среды от -50 до 70°C . Условное обозначение кабелей: КСППг- $1 \times 4 \times a+b$ ОВ-в, где КСППг – обозначение марки кабеля (г – гибридный кабель); 1×4 – одночетверочный с медными жилами; а – диаметр медных жил, мм; б – количество оптических волокон; в – максимально допустимая растягивающая нагрузка, кН. Номинальная строительная длина кабеля – 4 км, наружный диаметр – 14,8 мм, масса 1 км кабеля – 236 кг при диаметре медных жил 0,9 мм и 251 кг – при диаметре медных жил 1,2 мм.

В конструкции комбинированного кабеля используются ОВ компании Corning Inc. (США). Эти волокна отличаются улучшенными оптическими и геометрическими характеристиками, имеют низкое затухание и дисперсию, в том числе низкое затухание в области водяных пиков. Применение волокон марки SMF-28 Ultra позволяет увеличить ширину спектра передачи на 30% [4].

Кабели связи вообще и комбинированные в частности, применяемые на объектах технологической связи газовой, нефтяной, перерабатывающей промышленности, а также на объектах других отраслей должны обладать высокой надежностью и стойкостью к механическим нагрузкам, возникающим при их прокладке. В настоящей статье приведены результаты исследования стойкости ОВ и медных жил комбинированного кабеля марки КСППг- $1 \times 4 \times 1,2+12$ ОВ-2,7 к воздействию растягивающих и раздавливающих нагрузок, которые неизбежно возникают при их прокладке. Испытания проводились в заводских условиях.



Конструкция кабеля марки КСППг- $1 \times 4 \times 0,9+12$ ОВ-2,7: 1 – оптические волокна свободно уложены в полимерных трубках, заполненных тиксотропным гелем по всей длине; 2 – центральный силовой элемент; 3 – изолированная медная жила; 4 – кордель; 5 – поясная изоляция (внутренняя полиэтиленовая оболочка); 6 – гидрофобный гель, заполняющий пустоты скрутки по всей длине; 7 – экран из алюмополиэтиленовой ленты; 8 – стальная гофрированная лента; 9 – наружная оболочка из светостабилизированного ПЭ; 10 – луженая медная проволока

ИСПЫТАНИЕ СТОЙКОСТИ ОВ КОМБИНИРОВАННОГО КАБЕЛЯ К РАСТЯГИВАЮЩЕЙ И РАЗДАВЛИВАЮЩЕЙ НАГРУЗКАМ

Допустимая растягивающая нагрузка кабеля определяется, во-первых, материалами силовых элементов – их модулем упругости и сечением, а во-вторых, окном растяжения-сжатия – допустимым диапазоном удлинения и сжатия кабеля, в котором коэффициент затухания ОВ не изменяется. В пределах окна растяжения-сжатия волокна не испытывают механических воздействий, благодаря чему и сохраняется неизменным их коэффициент затухания.

Обычно конструкции кабелей связи допускают удлинение-сжатие в пределах 0,2–0,6%. Благодаря наличию окна растяжения-сжатия кабель может работать при низкой температуре, когда происходит его сжатие, и выдерживать растягивающие нагрузки, которые сопровождаются его удлинением [5, 6].

Таблица 1. Результаты изменения затухания оптических волокон

Растягивающая нагрузка, кН	Длина волны, нм		Расстояние между раздавливающими пластинами, мм
	1 310	1 550	
	изменение затухания, дБ	изменение затухания, дБ	
0	0	0	
2,7	-0,003	0,01	
0	-0,002	0,008	
Раздавляющая нагрузка, кН	Длина волны, нм		Расстояние между раздавливающими пластинами, мм
	1 310	1 550	
	изменение затухания, дБ	изменение затухания, дБ	
0	0	0	14,8
4	0,002	-0,003	10,6
0	0,005	-0,005	14,8
4	0,001	0,002	10,4
0	-0,002	0	14,8
4	-0,004	0,003	10,5
0	-0,002	0,004	14,8

В исследуемом комбинированном кабеле имеются три оптических модуля, в каждом из которых расположены по четыре ОВ, скрученных вместе с изолированными медными жилами вокруг силового элемента. Стойкость конструкции к растягивающей и раздавливающей нагрузкам проверялась по результатам изменения затухания ОВ. В испытывавшемся кабеле использовались волокна SMF-28 Ultra с затуханием не более 0,19 дБ/км на длине волны 1550 нм и не более 0,32 дБ/км на длине волны 1310 нм. Нормативная документация для испытания: ГОСТ Р МЭК 794-1 (метод E1) (стойкость к растягивающим нагрузкам); ГОСТ Р МЭК 794-1 (метод E3) (стойкость к раздавливающим нагрузкам). Использовалось следующее испытательное оборудование: установка

типа FA10 производства компании Swisscab (Швейцария); рефлектометр типа ОР-2-2 ЗАО "ИИТ" (Беларусь); измеритель влажности и температуры типа ИВТМ-7 ЗАО "ЭКСИС" (Россия).

Технические данные испытуемого объекта: допустимая растягивающая нагрузка – 2,7 кН; допустимая раздавливающая нагрузка – 3 кН/100 мм; длина растягивания участка кабеля – 58 м; скорость растяжения кабеля – до 100 мм/мин; длительность времени воздействия нагрузки – 1 мин; длительность времени выдержки после снятия нагрузки – 1 мин; длина раздавливаемого участка кабеля – 100 мм; скорость раздавливания кабеля – до 10 мм/мин; количество участков раздавливания – 3; количество ОВ, соединяемых шлейфом – 12; длины волн – 1310, 1550 нм;

Таблица 2. Результаты измерения электрических характеристик кабеля

R, Ом/км				C _{раб} , нФ/км	
первая пара		вторая пара		первая пара	вторая пара
жила А	жила Б	жила А	жила Б		
15,26	15,23	15,24	15,24	44,13	44,10

Таблица 3. Результаты измерения деформированных элементов кабеля

Параметры кабеля	Наружный диаметр кабеля, мм	Эллипсность наружной оболочки, мм	Диаметр внутренней оболочки, мм	Эллипсность внутренней оболочки, мм	Диаметр сердечника, мм	Эллипсность сердечника, мм
Вне места смятия	14,9–15,1	0,2	9,3–9,1	0,2	8,0–7,9	0,1
В месте смятия	13,7–16,7	3,0	8,8–8,4	0,4	7,6–7,4	0,2

температура воздуха – +23 °С; относительная влажность воздуха – 38–40%. Оптические волокна на испытуемом образце кабеля соединялись шлейфом общей длиной 696 м. Результаты проведенных испытаний представлены в табл.1.

Анализ результатов испытаний, представленных в табл.1, позволяет сделать вывод о том, что в волокнах оптических модулей в комбинированном кабеле местной связи при допустимых значениях растягивающей и раздавливающей нагрузок приращение затухания не превышает допустимого значения 0,05 дБ и находится в пределах погрешности измерения применяемого рефлектометра.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАБЕЛЯ ПОСЛЕ ИСПЫТАНИЯ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ РАСТЯГИВАЮЩИХ И РАЗДАВЛИВАЮЩИХ НАГРУЗОК

Из электрических характеристик наиболее чувствительным к воздействию механических нагрузок является сопротивление медных жил R и рабочая емкость $C_{\text{раб}}$, поэтому они и испытывались при воздействии растягивающих и раздавливающих

нагрузок. Измерения проводились по рассмотренной выше методике на длине исследуемого кабеля 58 м. Указанные параметры измерялись до и после приложения растягивающих и раздавливающих нагрузок. Результаты измерения электрических характеристик кабеля после воздействия нагрузок, приведенные к длине 1 км, представлены в табл.2.

Анализ содержания табл.2 показывает, что ни сопротивление жил, ни рабочая емкость при воздействии растягивающих и раздавливающих нагрузок практически не изменились.

После измерения электрических характеристик образец кабеля был подвергнут испытанию напряжением переменного тока частотой 50 Гц в течение 1 мин: между жилами четверки – 2 кВ; между всеми жилами четверки, соединенных вместе и экраном – 3 кВ. Образец выдержал испытания. Затем испытуемый кабель был перемотан на перемоточном станке. При внешнем осмотре на поверхности образца трещин не обнаружено. При перемотке было обнаружено три места смятия кабеля, оставшихся после испытаний на раздавливание. Образцы

с местами смятия были вырезаны, разобраны до сердечника, осмотрены и измерены. Результаты измерения деформированных элементов при воздействии раздавливающей нагрузки приведены в табл.3.

Из табл.3 видно, что во вдавленных местах образца кабеля, обнаруженных при перемотке, максимальное смятие наблюдается по наружной полиэтиленовой оболочке, смятие внутренней оболочки значительно меньше и соизмеримо с размером оболочки вне мест смятия.

Таким образом, проведенными испытаниями показано, что электрические характеристики комбинированного кабеля при воздействии допустимых растягивающих (2,7 кН) и раздавливающих (3 кН/100 мм) нагрузок остаются практически неизменными и стабильными.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований комбинированного кабеля местной связи, содержащего ОВ и медные жилы, установлено:

- в оптических волокнах при допустимых значениях растягивающих и раздавливающих нагрузок не наблюдается рост затухания, его изменение находится в пределах погрешности измерения рефлектометра;
- электрические характеристики цепей с медными жилами при воздействии допустимых растягивающих и раздавливающих нагрузок так же, как и затухание ОВ, остаются неизменными и стабильными;
- применение комбинированного кабеля для прокладки на местных линиях связи, в том числе и на сетях технологической связи, позволяет

снизить затраты на приобретение, прокладку и монтаж отдельных оптических и электрических кабелей и уменьшить эксплуатационные расходы оператора.

ЛИТЕРАТУРА:

1. **Солпековский Н.Н.** ИКМ-7ТМ – основа технологических сетей связи // Век качества. 2006. №3. С. 57.
2. Особенности работы, эксплуатации и возможности аппаратуры технологической связи производства ПО "Промсвязь" [Электронный ресурс]: лекционный материал / Режим доступа: <http://www.psvyaz.ru/UPLOAD/user/-start-7tm-astm-i03.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.
3. **Кондратьев Э.Г.** Аппаратура комплекса цифровой технологической системы передачи ИКМ-7ТМ производства ОАО "Псковский завод "АДС" [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.ads-pskov.ru/statyi.htm>, свободный. – Загл. с экрана.
4. **Попов С.** Горизонты волоконной оптики – взгляд Corning // Первая миля. 2015. № 1. С. 26–29.
5. **Сандалов А.** Оценка качества оптических кабелей. Затухание и относительное удлинение волокна // Первая миля. 2015. № 3. С. 68–73.
6. **Марьенков А.А., Гринштейн М.Л., Каменская Е.А., Деков В.Н.** Измерения удлинения оптического волокна при испытании оптического кабеля на стойкость к растягивающей нагрузке // Lightwave RE. 2003. № 2. С. 38–41.

ГКРЧ обеспечила Кубок конфедераций FIFA частотами

10 марта состоялось первое в 2017 году заседание Государственной комиссии по радиочастотам (ГКРЧ), в ходе которого был утвержден план использования радиочастот на Кубке конфедераций FIFA 2017 года (пройдет с 17 июня по 2 июля).

Также комиссия приняла решение о расширении диапазона частот для безлицензионного (без получения разрешений на каждую станцию) использования радиорелейного оборудования, что значительно упростит организацию линий связи и позволит повысить их пропускную способность. Радиорелейные каналы, в

частности, могут использоваться для организации высокоскоростных линий связи в условиях плотной городской застройки. Например, при ликвидации сетевых кабелей, протянутых между зданиями. В настоящее время в России в этом диапазоне частот для организации беспроводных каналов передачи данных по технологии "точка-точка" используется около 5,5 тыс. радиоэлектронных средств (РЭС). Пропускная способность подобных каналов связи может достигать нескольких Гбит/с.

Согласно принятому решению частотный диапазон для использования радиорелейной

связи будет расширен на 2 ГГц: вместо 58,25–63,25 ГГц разрешается использование частот 57–64 ГГц. Как следует из научно-исследовательской работы по анализу электромагнитной совместимости, которую по заказу Минкомсвязи России провело ФГУП НИИР, плотность размещения радиоэлектронных средств фиксированной службы и узконаправленный характер излучения антенн обеспечивают крайне низкую вероятность создания вредных взаимных помех между ними, а также со средствами других радиослужб.

По информации пресс-службы Минкомсвязи РФ