ГИБРИДНЫЕ КАБЕЛИ для нижних уровней информационных систем

А.Семенов, д.т.н., профессор НИУ МГСУ

УДК 621.315, DOI: 10.22184/2070-8963.2018.71.2.18.22

Рассматриваются LAN-кабели гибридных конструкций, сочетающих в себе оптические волокна и медножильные проводники, обеспечивающие дистанционное питание IP-камер, оборудования контроля доступа, контроллеров инженерного обеспечения архитектурной инфраструктуры и тому подобного. Анализируются системные решения на основе гибридных кабелей.

Жизнь человека в эпоху цифровой экономики немислима без доступа к различным данным. В основе информационно-вычислительной системы (ИВС), предоставляющей этот сервис, лежат технические средства локальных сетей, а организация обмена данными между отдельными сетевыми устройствами происходит в основном по проводным каналам связи. Последние формируются на базе технических средств структурированной кабельной системы (СКС).

Наиболее ресурсоемкой частью СКС является линейный кабель, что определяет необходимость тщательной отработки его конструкции. Оптимизация комплекса потребительских характеристик этого изделия часто приводит разработчика к необходимости объединения в составе его сердечника допускаемых базовыми стандартами для использования в качестве сред передачи оптических волокон (ОВ) и изготавливаемых из меди витых пар (ВП). Конструкция, реализующая такой подход, называется гибридной, или композитной [1]. Стоимостной выигрыш от ее применения по сравнению с комбинацией из двух специализированных изделий достигается за счет:

- уменьшения количества защитных оболочек;
- двукратного сокращения объема работ по прокладке.

Как недостаток данного подхода в целом отметим некоторое усложнение работ по установке на гибридный кабель элементов разъемных соединителей в полевых условиях.

НАЗНАЧЕНИЕ ГИБРИДНЫХ КАБЕЛЕЙ

Гибридные кабельные конструкции были довольно широко распространены в локальных сетях еще в первой половине 90-х гг. прошлого столетия. Считалось, что ОВ поддерживают функционирование рабочей станции, тогда как ВП обеспечат пользователя телефонной связью или же будут передавать низкоскоростные данные. Однако после появления более удобных в работе и экономичных кабелей ВП категории 5е и выше с мультигигабитной пропускной способностью популярность таких изделий начала быстро падать.

При этом более или менее массовыми областями использования гибридных кабелей остались:

- высококачественные аудиосистемы (применение преимущественно в виде шнуров);
- студийное оборудование телевизионного вещания;
- устройства промышленной автоматизации;
- антенные системы сотовой связи.

Ренессанс интереса к рассматриваемым конструкциям обусловлен в первую очередь ростом масштабов ИВС. Начиная со второго десятилетия нового века в их состав стали активно включаться IP-камеры дистанционного наблюдения, оборудование контроля доступа, контроллеры инженерного обеспечения архитектурной инфраструктуры и аналогичные им устройства. Для использующих их подсистем характерно тяготение к централизованным структурам,

Рис.1. Варианты конструкций гибридных оптических кабелей

Рис.2. Варианты исполнения гибридных горизонтальных кабелей СКС с различными видами скрутки: а) четверочная скрутка; б) парная скрутка

а также большое удаление терминальных устройств от ближайшего технического помещения, нередко достигающее нескольких сотен метров.

В таких условиях необходим переход на волоконно-оптическую технику, что усложняет задачу обеспечения питания подключаемого устройства. Предпочтительным вариантом ее решения является дистанционное питание (ДП): подключение к групповому централизованному источнику, напряжение которого передается по медным проводникам. Последние целесообразно включать в структуру единого сердечника, т.е. применять гибридные кабели.

ОСОБЕННОСТИ ГИБРИДНЫХ КАБЕЛЕЙ

Конструкция гибридного кабеля может формироваться различными способами, представленными на рис.1. Три из них основаны на привлечении известного изделия в качестве прототипа и дополнения его оптическими или медными жилами. Еще один подход основан на выполнении оригинальной разработки.

Из дальнейшего рассмотрения исключаются так называемые спаренные (сиамские) конструкции. Такой подход определяется как неудобством их прокладки из-за некруглой формы, так и неудовлетворительными стоимостными показателями.

Область применения и типовые задачи, решаемые гибридными конструкциями, не требуют привлечения новых типов ОВ. Они могут быть одножильными и многожильными, в кабельных изделиях промышленного назначения допустимо использование их кварц-полимерных и полимерных аналогов.

Медножильные компоненты сердечника могут использоваться для передачи низкоскоростных информационных сигналов или же предназначаться только для дистанционного питания удаленного устройства. В последнем случае для увеличения гибкости линейного изделия внешней прокладки с увеличенным сечением медных токопроводящих проводников практикуется их исполнение в многопроволочном варианте.

КАБЕЛИ ДЛЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПОДСИСТЕМЫ

Горизонтальные гибридные кабели СКС предназначены для подключения типовых пользовательских терминальных устройств и обслуживают два порта: оптический и электропроводный. За прототип берется типовой горизонтальный симметричный кабель. Добавление к нему ОВ не составляет проблем из-за наличия в структуре сердечника многочисленных пустот вне зависимости от вида скрутки (парная или четверочная) и хороших массогабаритных показателей световодов (рис.2).

Сильной стороной таких изделий является простота их сопряжения с типовыми для информационных систем разъёмными соединителями. Для типовых разъемов модульного типа выполнены соответствующие разработки. Использование их дает возможность получения очень удобной в работе вилки, единой для обеих различных сред передачи.

Известно два варианта таких соединителей, доведенных до уровня серийных продуктов (рис.3). В первом из них центрирующие наконечники встраиваются в обойму защитного хвостовика и образуют второй относительно медных контактов уровень.

Ответная (гнездовая) часть разъема размещается на небольших площадках, расположенных на торцевой поверхности корпуса розетки рядом с вырезом под рычаг фиксирующей защелки. Данное изделие предложено швейцарской компанией Reichle & De-Massari [1] и известно под маркой RCC45.

Во втором случае (соединитель EM-RJ немецкой компании Ecomicron) типовые оптические накопечники диаметром 2,5 мм встраиваются в торцевую часть модульной вилки. Проблема связи медных контактов с элементами оконцевателя решается применением промежуточной печатной платы.

МАГИСТРАЛЬНЫЕ КАБЕЛИ

Магистральные гибридные кабельные изделия широко распространены в различных промышленных и военных системах и начинают довольно высокими темпами проникать на объекты гражданского строительства.

Прототипом служит оптический кабель (ОК), который дополняется медными жилами дистанционного питания. С учетом области использования конструкция рассчитывается на внешнее применение или же проектируется универсальной с улучшенными противопожарными свойствами.

Наиболее просто процедура интеграции дополнительных цепей ДП осуществляется в конструкциях модульного типа: диаметры типового трубчатого модуля и изолированного силового провода наиболее востребованных сечений 10–16 AWG (16–10 кв. мм) примерно совпадают и составляют 2,5–3 мм. Структура сердечника такого кабеля выбирается в зависимости от поставленной цели.

В тех случаях, когда требуется достижение максимально полной механической развязки медных проводников и ОВ, применяется 8-модульный вариант (рис.4а). В этом случае провода ДП и трубки оптического модуля изолируются филлерами. Допустима передача функций филлера одиночным сигнальным проводам калибра 24 AWG с увеличенным диаметром изоляции, которые могут быть использованы как для низкоскоростной передачи данных, так и для организации дополнительных цепей питания маломощных устройств. Такие изделия имеются в ассортименте компаний Belden и General Cable.

6-модульная конструкция (рис.4б) привлекательна тем, что позволяет удвоить количество медных жил, снизив общее сопротивление цепей ДП за счет параллельного включения. В тех ситуациях, когда это не требуется, количество элементов сердечника сокращается до пяти (китайская компания Несего) или даже четырех (серия Helusom немецкого производителя Helukabel). Данные изделия отличаются преимущественно диаметром центрального силового элемента.

Достаточный для практики уровень механической стабильности сердечника 4-модульных вариантов (рис.4г) достигается в случае прямой опоры трубчатых компонентов боковыми стенками друг на друга. Данное свойство позволяет отказаться от центрального стержневого силового элемента в пользу пучка кевларовых нитей (рис. 4в) и повысить гибкость (чешская компания Optokon).

Однотрубчатые конструкции представлены сегодня двумя вариантами.

Рис.5. Варианты исполнения однострубочных гибридных кабелей

Рис.6. Плоский гибридный кабель

В первом случае модуль с ОВ берет на себя функции опорного элемента и вокруг него располагаются изолированные провода. Их количество может достигать пяти при калибре 8 AWG (8,4 кв. мм). Построенное по такому принципу изделие итальянской компании Eurocable ориентировано на промышленные применения и обеспечивает передачу тока силой 10 А на расстояния до 450 м.

Допустимо использование в качестве проводов дистанционного питания боковых упрочняющих элементов однострубочных ОК. Такой подход иногда реализуется на практике по месту, известен на уровне предложений, но в серийном производстве не применяется из-за неудовлетворительных прочностных характеристик меди (модуль Юнга у нее примерно вдвое ниже, чем у стали). Введение же дополнительных силовых элементов нежелательно из-за ухудшения массогабаритных показателей (рис. 5).

"Инверсная" схема решения задачи дополнения силового кабеля ОВ использована в решении OneReach компании Berk-Tek (группа Nexans) [2]. Необходимый уровень удобства прокладки достигается реализацией силового кабеля на основе гибких многопроволочных жилах.

ОРИГИНАЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Оригинальная гибридная конструкция гибридного кабеля включена в состав системы Powered Fiber Cable System компании Commscope [3]. Такое решение устраняет основной недостаток "переделочных" вариантов: неудобство разделения медных жил и ОВ в точке подключения активного оборудования. Кабель имеет плоскую, удобную для крепления на вертикальную

поверхность структуру с выносом медных проводников в периферийные области и размещением трубки модуля с ОВ между ними. Удобство разделки обеспечено соединением элементов структуры друг с другом без дополнительных замков.

С целью упрощения прокладки и фиксации в рабочем положении широко распространенными скобами внешняя поверхность изделия выполнена гладкой, а на отрывных боковых элементах для медных проводов предусмотрены выраженные закругления (рис.6).

СИСТЕМНЫЕ РЕШЕНИЯ

Большая часть гибридных конструкций соответствует трендам в области построения физического уровня современных ИВС, к которым относятся:

- переход на претерминированную технику для кардинального улучшения качества сети за счет переноса в заводские условия сложных в реализации процедур установки вилок оптических разъемов на ОВ;
- внедрение системных решений, дающих пользователю весьма значимое для практики преимущество получения полного решения из одних рук. В состав набора системного решения, наряду с обязательным гибридным кабелем, включаются такие востребованные на практике компоненты, как:
- совмещенные в одном корпусе преобразователь среды и приемник ДП;
- различные установочные конструктивы;
- элементы монтажа;
- источники питания.

Первая попытка внедрения такого подхода была предпринята еще в начале века консорциумом двух

Расчетные предельные дальности действия системы дистанционного питания в зависимости от диаметра медной жилы

Диаметр жилы, мм	4-проводные схемы (2 пары)						2-проводные схемы	
	0,5	0,52	0,55	0,6	0,644	0,8	0,8	1,0
Шлейфовое сопротивление пары при 20°C, Ом/100 м	25	23,1	20,7	17,4	15,1	9,8	9,8	6,3
Длина тракта при мощности приемника 25,5 Вт, м	67,8	73,4	81,9	97,4	112,2	173,0	86,5	134,5
Длина тракта при мощности приемника 12,95 Вт, м	133,3	144,3	161,0	191,6	220,8	340,1	170	264,5
Длина тракта при мощности приемника 4 Вт, м	432,4	468,0	522,3	621,3	715,9	1103,1	551,5	858,0

компаний: немецкой Askermann и швейцарской Huber+Suhner. Ими был предложен продукт AMCS (аббревиатура образована от All Media Cabling System) [4]. Гибридный кабель как стержневой компонент этого решения содержит пару ОВ и две ВП. Дополнительно предлагались различные монтажные элементы. Световоды были ориентированы на связь рабочих станций ЛВС, тогда как витые пары предназначались для подключения телефонов.

Наибольшие преимущества AMCS давал при построении централизованных оптических архитектур, позволяя устранить их радикальный недостаток в виде отсутствия поддержки телефонной связи. Однако малый коммерческий успех этого продукта стал прямым следствием неверной оценки рыночных перспектив проектов класса FTTD ("волокно до рабочего места").

В настоящее время в связи с расширением областей охвата, количества предлагаемых услуг и числа реализуемых функций заметно усилился интерес к гибридным кабелям и системным решениям на их основе. К таковым относятся продукты Powered Fiber Cable System (Commscope) и OneReach (Berk-Tek/Nexans), имеющие расширенный состав элементной базы.

ПРЕДЕЛЬНАЯ ПРОТЯЖЕННОСТЬ ГИБРИДНЫХ МЕДНОЖИЛЬНЫХ ТРАКТОВ

Оценка максимальной дальности связи по кабельным трактам на основе гибридных кабелей осуществлялась на основе следующих типовых для систем PoE начальных условий [5]:

- ВП с диаметром жилы 0,5 мм при температуре 25°C имеет нормированное в стандартах шлейфовое сопротивление 25 Ом на длине 100 м;
- минимальное выходное напряжение источника ДП составляет 44 В;

- минимальное входное напряжение приемника равно 36 В.
- Результаты расчетов приведены в таблице.

Выводы

1. Гибридные кабельные конструкции имеют сегодня достаточно широкую область применения.
2. Оптические волокна и медные проводники легко интегрируются в единый сердечник по внутренней и внешней схемам.
3. При относительно небольших длинах трактов (до 200–220 м) в качестве средства доставки питающего напряжения к потребителю целесообразно использовать стандартные витые пары, на больших расстояниях требуются выделенные жилы питания увеличенного диаметра.
4. Диаметр выделенных жил ДП должен составлять не менее 1 мм.
5. Для применения в проектах доступны полноценные системные решения, позволяющие штатными средствами реализовать линию под ключ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Портнов Э.Л., Зубилевич А.Л. Электрические кабели связи и их монтаж. – М.: Горячая линия-Телеком, 2005. 263 с.
2. OneReach PoE Extender System. – Berk-Tek, 2016. 12 p.
3. Powered Fiber system technical overview. Hybrid optical fiber system for extending Power over Ethernet. Application note. – Commscope, 2017. 6 p.
4. Семенов А.Б. Новинки кабельной техники на выставке Exponet 2001 // Вестник связи. 2002. № 3. С. 74–80.
5. IEEE 802.3af. Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications Amendment: Data Terminal Equipment (DTE) Power via Media Dependent Interface (MDI): IEEE Standard. 2003. 133 p.