# Одномодовое волокно

На сегодняшний день широко используются 4 различных типа одномодового волокна. Они описаны в таблице 2. Рекомендация ITU-T G.652, которая обычно считается стандартом для одномодового волокна, представляет большую часть всех существующих волокон. Рекомендация G.652 описывает как стандартное одномодовое волокно (IEC type B1.1), так и одномодовое волокно с низким пиком водяного поглощения (IEC type B1.3).   
  
Технические характеристики стандарта 10 GbE базируются на использовании стандартного одномодового волокна B1.1 или B1.3 или, другими словами, в основном на рекомендации G. 652. Однако это не препятствует использованию других типов одномодовых волокон с интерфейсом 10GBASE-E, так как их использование потенциально может улучшить эксплуатационные характеристики сетей 10GbE.

#### Стандартное одномодовое волокно IEC 60793-2 B1.1 & B1.3 / ITU G.652

Стандартное одномодовое волокно по сути представляет собой тонкую (5-8 мкм) сердцевину из стекла, легированного германием, окруженную более толстым слоем чистого стекла. Стандартное одномодовое волокно является основополагающим компонентом оптической телекоммуникационной инфраструктуры.   
  
Почти все решения могут быть реализованы с помощью одномодового волокна, но оно оптимизировано для передачи сигнала на длине волны 1310 нм. Несоответствие эксплуатационных качеств со стандартами для одномодового волокна становится особенно значительным на высоких скоростях передачи (10 Гбит/с) и больших расстояниях (> 40км).   
  
Одномодовое волокно с низким пиком водяного поглощения (IEC type B1.3) имеет такие же дисперсионные характеристики, как и стандартное одномодовое волокно (IEC type B1.1), но меньшее поглощение в области водяного пика (обычно 1383 нм). Поскольку никакой спецификации водяного поглощения для стандартного одномодового волокна (IEC type B1.1) не существует, поглощение в области 1383 нм может быть значительно больше, чем на 1310 нм.   
  
За счет меньшего количества водяных примесей, вносимых в процессе изготовления, одномодовое волокно с низким пиком водяного поглощения (IEC type B1.3) обеспечивает все то же самое, что и стандартное одномодовое волокно, но к тому же поддерживает дополнительные длины волн между 1360 и 1460 нм.   
  
Заметим еще раз, что стандарт IEEE 802.3ae для 10 Gigabit Ethernet описывает все эксплуатационные характеристики для стандартных типов одномодовых волокон (IEC type B1.1 и B1.3). Дополнительные типы волокон (например, DSF или NZDSF) могут давать преимущества, выходящие за рамки стандарта, но они не требуются для соответствия техническим характеристикам стандарта 10GbE.

#### Волокно со смещенной дисперсией (DSF) – IEC 60793-2 B2 / ITU G.653

Волокно со смещенной дисперсией (DSF) было предложено в середине 1980-х и составляет очень небольшой процент от всего используемого одномодового волокна. К потребности в DSF привела разработка 1550 нм лазеров, излучение которых имеет меньшее поглощение в волокне, чем у 1310 нм лазеров. DSF позволяет оптическим сигналам распространяться значительно дальше без регенерации или компенсации благодаря уменьшенному значению коэффициента хроматической дисперсии.   
  
DSF хорошо приспособлено для удовлетворения потребностей одноканальных оптических систем передачи. Но с появлением широкополосных оптических усилителей и волнового мультиплексирования (WDM), хроматические дисперсионные характеристики DSF стали вносить нежелательные эффекты в целостность многоволновых импульсов. В результате потребовался новый тип волокна - волокно с ненулевой смещенной дисперсией (NZDSF). NZDSF фактически вывело из употребления DSF и, таким образом, DSF больше не предлагается на коммерческом рынке.   
  
Волокно DSF не описано в стандарте IEEE 802.3ae.

#### Одномодовое волокно со смещенной длиной волны отсечки - IEC 60793-2 B1.2 / ITU G.654

Одномодовое волокно со смещенной длиной волны отсечки создано для того, чтобы позволить передачу данных на большие расстояния с низким затуханием и возможностью использовать сигналы высокой мощности. Это волокно обычно используется для передачи в области 1550 нм благодаря большой величине длины волны отсечки (около 1500 нм).   
  
Из-за высокой сложности изготовления одномодовое волокно со смещенной длиной волны отсечки обычно намного дороже, чем другие одномодовые волокна. Оно используется практически исключительно в подводных решениях и его маловероятно встретить в ситуациях, когда применяются решения 10 Gigabit Ethernet.   
  
Волокно со смещенной длиной волны отсечки не описано в стандарте IEEE 802.3ae.

#### Волокно с ненулевой смещенной дисперсией (NZDSF) - IEC 60793-2 B4 / ITU G.655

Волокно с ненулевой смещенной дисперсией (NZDSF) начали применять в середине 1990-х для устранения недостатков, связанных с использованием DSF при передаче на нескольких длинах волн. В этом волокне поддерживается ограниченный коэффициент хроматической дисперсии во всем оптическом диапазоне (обычно 1530-1625 нм), используемом в волновом мультиплексировании (WDM).   
  
В первую очередь, введение NZDSF было направлено на нелинейный эффект, который называется четырехволновым смешением (FWM). Суть FWM заключается в том, что три волны, несущие различную информацию, могут генерировать сигналы на четвертой длине волны. Если используется эквидистантная схема расположения каналов (как в большинстве WDM систем), то сгенерированные шумовые сигналы могут частично перекрывать длину волны, несущую полезную информацию. NZDSF смягчает этот эффект, обеспечивая для всех длин волн в рассматриваемом диапазоне (1530-1625 нм) некоторую ограниченную дисперсию таким образом, чтобы сигналы на соседних длинах волн не перекрывались в течение больших промежутков времени.   
  
Уменьшенная хроматическая дисперсия NZDSF также уменьшает и нежелательный вклад других нелинейных эффектов – фазовой автомодуляции (SPM) и перекрестной фазовой модуляции (XPM). NZDSF оптимизировано для передачи в диапазоне 1530-1625 нм, но поддерживает также некоторые конфигурации на длине волны 1310 нм с соответствующим типом лазеров и конструкцией системы.   
  
Стандарт IEEE 802.3ae описывает NZDSF коротко: "Вероятно, волокно типа B4 (NZDSF) с положительной дисперсией может быть использовано для 10GBASE-E вместо B1.1 или B1.3 (стандартное одномодовое волокно). Для соответствия TP3 должна иметь место линия связи с использованием волокна B4 (NZDSF) с отрицательной дисперсией".

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | **Название** | **ITU-T** | **IEC** | **Рабочий диапазон, нм** | **Описано в стандарте IEEE 802.3ae** | | Стандартное одномодовое волокно (с несмещенной дисперсией) | G.652 | IEC 60793-2 (B1.1/B1.3) | 1300-1324 | Да | | Волокно со смещенной дисперсией (DSF) | G.653 | IEC 60793-2 (B2) | 1500-1600 | Нет | | Волокно со смещенной длиной волны отсечки | G.654 | IEC 60793-2 (B1.2) | 1550-1625 | Нет | | Волокно с ненулевой смещенной дисперсией (NZDSF) | G.655 | IEC 60793-2 (B4) | 1530-1565 (С-диапазон) 1565-1625 (L-диапазон) | Да | |