

TECHNOLOGIA ŚWIATŁOWODOWA W NORMIE EN 50173

W normie EN 50173-1 okablowania światłowodowe zostały podzielone na klasy (OF-300, OF-500 i OF2000), a kable światłowodowe na kategorie (OM1, OM2, OM3 i OS1).

KATEGORIE KABLI ŚWIATŁOWODOWYCH

Dla włókien wielomodowych rozróżniane są 3 kategorie, dla jednomodowych tylko jedna kategoria:

KATEGORIA	WŁÓKNO		
OM1	50/125 μm	62,5/125 μm	-
OM2	50/125 μm	-	-
OM3	50/125 μm	-	-
OS1	-	-	9/125 μm

KLASY OKABLOWANIA ŚWIATŁOWODOWEGO

Norma EN50173-1 określa 3 klasy okablowania: OF-300, OF-500, OF-2000.

Matematyczna formuła określa dokładnie sposób obliczenia maksymalnej długości połączenia (patrz EN50173-1:2002 rozdział 6.3, tabela 24). Formuła ta uwzględnia ilość połączeń spawanych bądź klejonych i połączeń wtyk / adapter.

TYP ŚWIATŁOWODU / KATEGORIA KABLA	KLASA	MAKSYMALNA DŁUGOŚĆ (M)
WIELOMODOWY (MULTIMODE)		
OM1/OM2/OM3	OF-300	300
	OF-500	500
	OF-2000	2000
JEDNOMODOWY (SINGLEMODE)		
OS1	OF-300	300
	OF-500	500
	OF-2000	2000

DŁUGOŚCI TRANSMISJI ŚWIATŁOWODOWYCH

Tabela poniżej pokazuje długości transmisji dla Ethernetu kablem wielomodowym (tabela można znaleźć w Aneksie E do normy EN50173-1:2002).

Norma nie wyklucza, że włókna 62,5μm mogą spełniać także kategorię OM2. Jednak w dotychczasowej praktyce (zgodnie ze stanem naszej wiedzy) żaden wytwórca nie wyprodukował włókna 62,5/125 μm kategorii OM2. (Nota wydawcy: może się okazać to niemożliwe ze względu na fizyczne właściwości włókien). Z drugiej strony norma EN50173-1 jasno wskazuje, że kable OM3 mogą być wytwarzane jedynie z włókien 50/125 μm.

Ponadto, norma określa największe dopuszczalne tłumienie i najmniejsze modułowe szerokości pasma dla kabli różnych kategorii (patrz dane szczegółowe w EN50173-1:2002).

By zdecydować, które włókno jest potrzebne, musimy wiedzieć, jaki protokół i o jakiej szybkości ma być transmitowany. Jest możliwe na przykład transmitowanie zarówno 1Gbit, jak i 10 Gbit siecią lokalną za pomocą włókien OM2. Jednakże maksymalna długość ma istotne znaczenie. Kable Schrack HSEAIBHxx5 posiadają specjalne włókna OM2e (enhanced), co gwarantuje długość transmisji na odległość 750 m dla 1 Gbit w pierwszym oknie i na odległość 110 m dla 10 Gbit w pierwszym oknie.

Najdłuższe odległości przy zastosowaniu kabli wielomodowych dla transmisji 10 Gbit w sieciach lokalnych osiągane są przy użyciu włókna OM3. Innym kryterium długości jest klasa okablowania.

ETHERNET	PROTOKÓŁ	DŁUGOŚĆ FALI (NM)	MAKSYMALNA ODLEGŁOŚĆ TRANSMISJI (m)			
			62,5/125 μm OM1	50/125 μm OM2	50/125 μm OM3	9/125 μm OS1
10 Mbit	ISO/IEC 8802.3: FOIRL	850	1000	514	514	-
	ISO/IEC 8802.3: 10BaseFL	850	2000	1514	1514	-
100 Mbit	ISO/IEC 8802.3: 100BaseFX	1300	2000	2000	2000	-
1 Gbit SX	ISO/IEC 8802.3: 1000BaseSX	850	275	550	550	-
1 Gbit LX	ISO/IEC 8802.3: 1000BaseLX	1300	550	550	550	2000
10 Gbit	IEEE 802.3ae: 10GBaseSR/SW	850	33	82	300	-

■ ZŁĄCZA ŚWIATŁOWODOWE

■ Z JAKICH CZĘŚCI SKŁADA SIĘ WTYK?

Koszulka (boot) powoduje, że kabel pozostaje we wtyku pod określonym, bezpiecznym kątem, w ten sposób chroni go przed nadmiernym załamaniem, które mogłoby nadwyrężyć lub uszkodzić włókno.

Obudowa wykonana jest z metalu lub plastiku. Składa się z ferruli i osłony wtyku. Obudowa służy jedynie do uchwycenia i wetknięcia w złącze.

Ferrula to tulejka, która może być ceramiczna, plastikowa lub metalowa. Ferrula wyśrodkowuje włókno we wtyku. Włókno jest prowadzone w centralnym otworze przez całą długość do czoła ferruli. Większość złączy (wtyków) ma ferrulę o średnicy 2.5 mm, jednak we wtykach typu SFF (Small Form Factor) ma ona średnicę 1.25 mm. Czoło ferruli jest interfejsem dla sygnału świetlnego.



■ CO OZNACZA PC I APC?

Czoła włókien światłowodowych mogą być polerowane na dwa sposoby: PC oraz APC. W przypadku łączenia włókien światłowodów metodą PC (Physical Contact) wypolerowane pod kątem prostym (90 stopni) powierzchnie są umieszczane naprzeciwko siebie w jak najmniejszej odległości, aby zminimalizować tłumienność złącza.

W złączkach kątowych oznaczonych symbolem APC czoło światłowodu jest polerowane pod kątem 8 stopni, co sprawia, że tłumienność odbiciowa takiego połączenia jest mniejsza niż dla złącz typu PC. Na rynku można spotkać również złączki typu Super PC oraz Ultra PC.

Norma EN 60874-19:2002 sugeruje następujący kod kolorów dla wtyków światłowodowych:

Wielomodowe	beżowy lub czarny
Jednomodowe (PC)	niebieski
Jednomodowe (APC)	zielony

NAJCZĘŚCIEJ STOSOWANE WTYKI



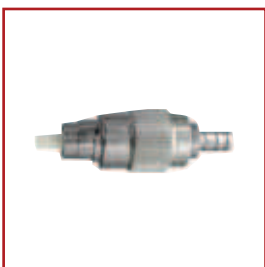
WTYK ST

Cechy: Zamknięcie bagnetowe (jak w złączach BNC) i dzięki temu odporne na skręcanie. Stosowany głównie dla kabli wielomodowych, rzadziej dla jednomodowych.



WTYK SC

Cechy: Prostokątny, z ferrulą i montażem typu „push-pull”. Dostępny także jako APC. Stosowany zarówno dla kabli wielomodowych, jak i jednomodowych. Jedyne wtyki, wymienione w normie EN50173-1:2002. Wtyk SC występuje także w wersji duplexowej (2 połączone ze sobą wtyki).



WTYK FC/PC

Cechy: wkręcany z małym nacięciem pełniącym rolę ochrony przed skręceniem. Dostępny także jako APC. Rzadziej stosowany z kablem wielomodowym, a częściej z jednomodowym. Preferowane złącze austriackich i niemieckich operatorów telekomunikacyjnych.



WTYK LC

Cechy: małogabarytowy, zajmujący tylko połowę miejsca wtyku SC, z wyraźnie mniejszą ferrulą niż w w/w trzech złączach. Dostępny również w wersji duplexowej (dwa równoległe wtyki). Coraz częściej używany zarówno do zastosowań wielomodowych jak i jednomodowych.



WTYK MTRJ

Cechy: MTRJ przypomina wtyk RJ45. Jest jednym z niewielu wtyków mieszczącym dwa włókna i należy do kategorii złączy małogabarytowych, ponieważ zajmuje tyle samo miejsca co wtyk SC, lecz ma dwa włókna. Nie ma ferruli. Rzadko używany do zastosowań wielomodowych, prawie nigdy do jednomodowych.

Inne złącza to E2000, Mini SC (lub MU), Escon, FSMA, FDDI i typu Volition (VF45). Jesteśmy w stanie dostarczyć wszystkie złącza w dowolnej kombinacji w formie kabla krosowego lub dowolnego kabla światłowodowego przygotowanego do montażu.

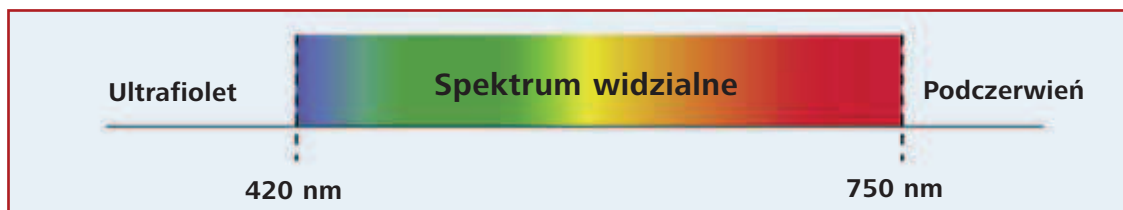
■ CZYM JEST ŚWIATŁO

Światło jest widoczną częścią promieniowania elektromagnetycznego. W próżni fale elektromagnetyczne rozprzestrzeniają się z prędkością światła.

$$C_0 = 300\,000 \text{ km/s}$$

Widoczne światło obejmuje jedynie wąski zakres całego widma pomiędzy 420 nm (fiolet) a 750 nm (czerwień). Jednakże technologia światłowodowa obejmuje szerokość pasma podczerwieni o długości fali w przybliżeniu od 800 do 1600 nm.

■ WIDMO ELEKTROMAGNETYCZNE

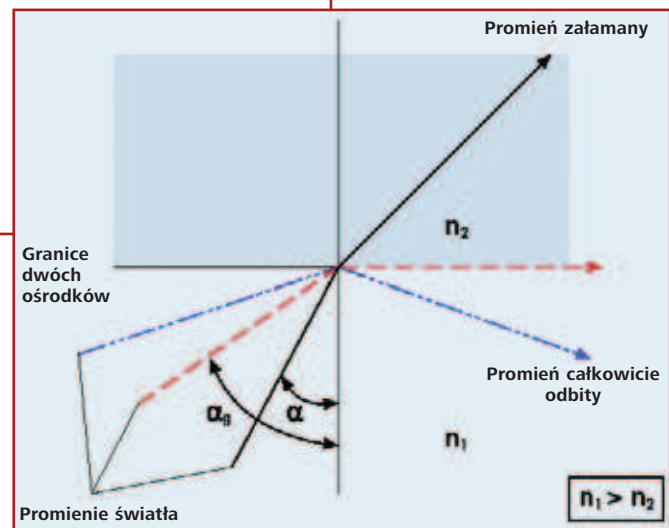


UWAGA! NIGDY nie patrz do środka czynnego kabla światłowodowego. Diody emitujące światło lub promieniowanie laserowe może trwale uszkodzić wzrok!

■ ODBICIE

Jeżeli światło pada na granicę między dwoma ośrodkami o różnym współczynniku załamania światła n (np. rdzeń włókna szklanego i ochronę włókna szklanego), część światła ulega odbiciu. Ilość odbitego światła zależy od kąta padania światła. Odbite światło pojawia się pod tym samym kątem; kąt padania = kątowi odbicia

Odbicie światła



■ CAŁKOWITE ODBICIE

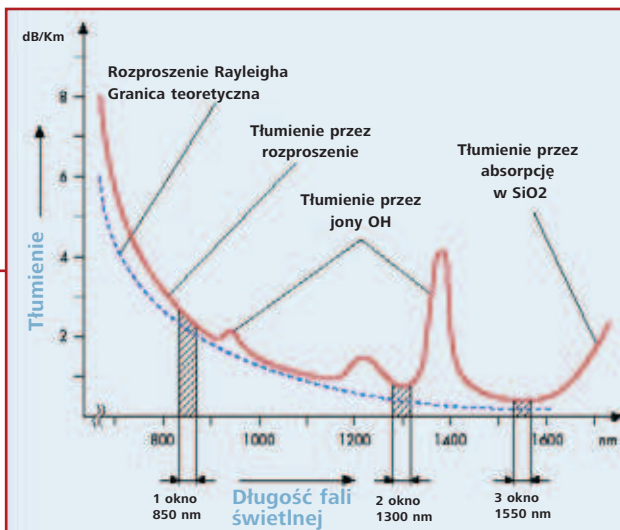
Całkowite odbicie pojawia się jedynie przy przejściu z optycznie gęstszego materiału (np. szkła) do mniej gęstego materiału (np. powietrza); całkowite odbicie nie jest możliwe w odwrotnym kierunku (z powietrza do szkła).

Czym jest więc całkowite odbicie? Wszystkie wiązki promieni, które docierają pod kątem padania większym niż kąt krytyczny 0 stopni, nie mają odpowiednio załamanej wiązki w optycznie "cieńszym" materiale. Wiązki te odbijają się na granicy gęstszego ośrodka.

■ TŁUMIENIE

Tłumienie jest stratą transmitowanego światła w linii światłowodowej. Tłumienie jest istotnym parametrem w planowaniu sieci światłowodowych. W tym kontekście tłumienie zależy od absorpcji i dyfrakcji, jak również od mechanicznego załamania przewodnika.

Wykres tłumienia



■ ABSORPCJA

Jest to transformacja światła (na określonej długości fali) w inną formę energii. Szklę używaną dziś prawie wyłącznie w technologii światłowodowej jest SiO₂ (stopiona krzemionka lub szkło kwarcowe). Tłumienie wtrąceniowe jest tak małe, że może nie być brane pod uwagę. Jakość szkła jest ważnym czynnikiem w technologii światłowodowej (zanieczyszczenia przez zabrudzenie). Z dużą częścią tych zanieczyszczeń można dziś sobie poradzić stosując odpowiednie technologie podczas produkcji. Innym parametrem stanowiącym nadal problem, przy produkcji włókien światłowodowych, jest zawartość wody. By zapobiec wpływowi wilgotności powietrza na włókna, niezwłocznie po ich wytworzeniu nakłada się pierwotną powłokę.

■ STRATY ROZPROSZENIOWE

W sensie fizycznym, szkło jest zestaloną cieczą, uważaną za środowisko niejednorodne. Stąd współczynnik załamania zmienia się pod wpływem miejscowych zmian gęstości. Zjawisko to odkrył Lord Rayleigh – zdobywca nagrody Nobla, urodzony w 1842 r. W celu wyjaśnienia niebieskiego koloru nieba i czerwonego koloru wschodzącego i zachodzącego słońca, opisał zjawisko "rozproszenia Rayleigh'a" – wyjaśniając załamanie światła przez molekuły powietrza.

STRATY PROPAGACJI

Podczas instalowania kabli światłowodowych pojawia się wiele załamań i krzywizn, które sprawiają, że światło jest przesyłane z mniejszym zasięgiem promieniowania, niż jest to teoretycznie możliwe. Błędy przy instalacji światłowodów, (np. podczas łączenia) mogą spowodować dalsze straty propagacji.

Typowe wartości tłumienia dla kabli Schrack z linii HSEAIBHxy:

Długość fali	Typ włókna		
	Jednomodowy E9/125	Wielomodowy G50/125	Wielomodowy G62.5/125
850 nm		2,5	3,0
1300 nm	0,35	0,5	0,6
1550 nm	0,21		

DYSPERSJA

Zasadniczym zjawiskiem ograniczającym pasmo przenoszenia jest dyspersja. W uproszczeniu, dyspersja jest rozszczepieniem, czyli zniekształceniem impulsu świetlnego na linii nadajnik-odbiornik. Dyspersją nazywamy różne czasy przesyłania w kablach światłowodowych. Powodują one zawężenie pasma transmisji za pośrednictwem włókien. Rozróżniamy trzy podstawowe typy dyspersji: dyspersja materiałowa, falowodowa, modalna. Suma dyspersji materiałowej i falowodowej nazywana jest dyspersją chromatyczną. Zjawiska dyspersji wpływają na ograniczenie pasma przenoszenia włókien wielomodowych. Dla światłowodów jednomodowych, gdzie źródłem światła są lasery o bardzo wąskim widmie, dyspersja jest niewielka i wyrażana w ps/nm×km (ps=pikosekundy), w związku z czym można osiągnąć pasmo częstotliwości rzędu GHz.

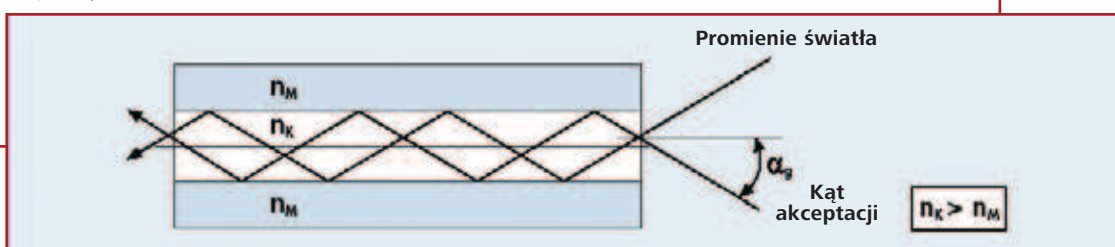
Dyspersja modalna jest zjawiskiem występującym w szkle oddziałującym na mody światła (różnica długości drogi światła dla różnych modów), powodującym rozszerzenie się impulsów. Zjawisko to ogranicza pasmo przenoszenia, ponieważ istnieje punkt, w którym zbocza impulsów tak się nałożą, że odbiornik nie będzie mógł rozróżnić impulsów, co będzie generować błędy odczytu.

Dyspersja chromatyczna zależy od długości fali i szerokości widma emitowanego światła. Czym szersze widmo, tym więcej promieni o różnej długości fali (a co za tym idzie szybkości) przemieszcza się w rdzeniu włókna, docierając do odbiornika w różnym czasie (różnica czasu propagacji), pomimo tego, że są częścią tego samego impulsu. Ten rodzaj dyspersji szczególnie ogranicza pasmo przenoszenia i zależy od jakości nadajnika (źródła) światła.

WSPÓŁCZYNNIK ZAŁAMANIA ŚWIATŁA

Ten współczynnik określa stosunek pomiędzy prędkością światła w próżni a prędkością światła w dowolnej materii. Różne ośrodki / materiały posiadają różne współczynniki załamania (np. szkło rdzeniowe i płaszczowe).

Współczynnik załamania światła



APERTURA NUMERYCZNA

W przewodniku światłowodowym światło ulega całkowitemu odbiciu, co oznacza, że środek włókna jest rdzeniem szklanym o współczynniku załamania n_k , a wokół niego płaszcz ma inny współczynnik załamania n_M . n_k musi być wyższe od n_M . Kąt akceptacji (α_g) jest określonym kątem krytycznym padania światła, który nie może zostać przekroczony przez wprowadzone promienie, aby nie zostało zgubione całkowite wewnętrzne odbicie. Tylko całkowite odbicie gwarantuje nieprzenikanie światła z rdzenia do płaszczu. Zatem apertura numeryczna określa zdolność włókna do absorpcji światła i jest określana dla danego wymiaru rdzenia włókna. Im większa średnica rdzenia, tym większa apertura numeryczna i tym łatwiej podłączyć źródło do światłowodu.

$$\alpha_g = \arcsin \frac{n_M}{n_k}$$

$$\sin \alpha_g = \frac{n_M}{n_k}$$

Sinus kąta akceptacji to apertura numeryczna.

PASMO PRZENOSZENIA

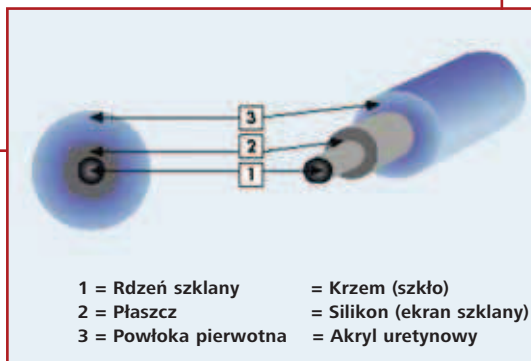
Pojemność transmisji przewodnika światłowodowego jest tym większa, im więcej impulsów (binarnych) może być przeniesiona w jednostce czasu (sekundy). Pojemność transmisji może zostać przekształcona w odpowiednią szerokość pasma. Ważne jest jednak, by ta szerokość pasma była zapewniona wzdłuż całej długości linii światłowodowej. W formule matematycznej, stosunek maksymalnej częstotliwości transmisji do maksymalnej odległości transmisji może być wyrażony jako pasmo przenoszenia. Oprócz tłumienia włókna, pasmo przenoszenia jest najważniejszym parametrem już na etapie planowania sieci światłowodowej.

Zwykle rdzeń i płaszcz są wykonane ze stopionej krzemionki otrzymywanej z dwutlenku krzemu (SiO_2). Jedną z największych zalet krzemionki jest powszechność jej występowania na ziemi. Włókno światłowodowe składa się z cylindrycznego rdzenia, otoczonego płaszczem. Cylindryczne rdzeń i płaszcz, posiadające cechy szkła, są bardzo podatne na naprężenie zginające i / lub na naprężenie skrętne. W celu lepszej absorpcji tych naprężeń, szkło jest otoczone powłoką pierwotną.

Powłoka pierwotnie wykonana z akrylu pełni istotne funkcje:

- ochronę mechaniczną
- ochronę włókien przed przedostawaniem się wilgoci (woda mogłaby przenikać do światłowodu)
- kodowania kolorem wiązki przewodów

Konstrukcja włókien światłowodowych



WŁÓKNA JEDNOMODOWE

Włókno jednomodowe (zazwyczaj 9/125 μm) dzięki swej budowie przenosi osiowo w swym rdzeniu tylko jedną falę świetlną. Nie ma różnic w czasach przebiegu, dyspersja fali = 0. Włókna jednomodowe są używane najczęściej w drugim i trzecim oknie transmisyjnym. Światłowody jednomodowe w ciągu ostatnich kilku lat zyskały na popularności i są stosowane w sieciach teletransmisyjnych, gdzie wymagania odnośnie odległości transmisji i przepustowości przekraczają możliwości światłowodów wielomodowych.



WŁÓKNA WIELOMODOWE GRADIENTOWE

W kablu wielomodowym, gradientowym, światło rozprzestrzenia się sinusoidalnie pomiędzy rdzeniem a płaszczem. Włókna takie produkowane są w kilku średnicach rdzenia. Typowe średnice to: 50/125 μm i 62,5/125 μm .



ZASTOSOWANIE ŚWIATŁOWODÓW

Obecnie nie można sobie wyobrazić świata nowoczesnych sieci bez światłowodów.

Ich zalety, w porównaniu z konwencjonalnym okablowaniem (miedzianym), sprowadzają się m. in. do:

- braku interferencji pól elektromagnetycznych
- braku interspersji lub dyspersji sygnałów
- całkowitego odizolowania galwanicznego od sieci komputerowych
- dużej szerokości pasma transmisji
- braku przesłuchu (NEXT)
- mniejszych rozmiarów kabli

Biorąc pod uwagę powyższe zalety i fakt, że ten typ sieci staje się coraz bardziej powszechny, można przyjąć, że światłowody są w istocie rozwiązaniem wszystkich problemów sieci. W światłowodach prawie nie dyskutuje się o średnicach i warunkach ochrony, tak jak w przypadku technologii miedzianej; ważnym elementem jest jedynie ochrona przed gryzoniami. Istotne jest jednak poznanie różnic pomiędzy włóknami wielomodowymi (MM - MultiMode) i jednomodowymi (SM - SingleMode). Jeszcze na etapie planowania powinno się poświęcać wiele uwagi wyborowi odpowiedniego włókna.