

WYKORZYSTANIE TECHNIK ŚWIATŁOWODOWYCH W KOLEJNICTWIE

Karol Trzoński

mgr, TSS GRADE S.A. Oddział w Polsce, Dyrektor Oddziału, Biuro Katowice, 40-005 Katowice, ul. Piastowska 7,
tel. +48 660 121 544

Streszczenie. W referacie przybliżono problematykę wykorzystania technik światłowodowych. Opisano budowę światłowodu i zasadę działania, a także scharakteryzowano jego przeznaczenie. Wymieniono zalety kabli światłowodowych oraz przedstawiono możliwości ich zastosowania.

Słowa kluczowe: światłowód, włókno optyczne, kabel światłowodowy

1. Wprowadzenie

Dzisiejsza gospodarka jest w ogromnym stopniu oparta na sprawnym i szybkim przepływie wiedzy i informacji. Ponieważ ilość przesyłanych danych ciągle wzrasta, rośnie też zapotrzebowanie na pasmo przesyłowe. Transmisja danych oparta na kablach miedzianych ma ograniczony potencjał rozwoju i pomimo ciągłego postępu, nie będzie w stanie sprostać przyszłym wymaganiom dotyczącym przesyłu danych. Powszechnie uważa się, że rozwiązaniem najbardziej przyszłościowym są kable światłowodowe. Transmisja danych odbywa się we włóknach światłowodowych z wykorzystaniem fal elektromagnetycznych z zakresu podczerwieni. Są one ze swej natury odporne na zakłócenia elektromagnetyczne i dane mogą być w nich przesyłane z ogromną prędkością, sięgającą setek Gb/s.

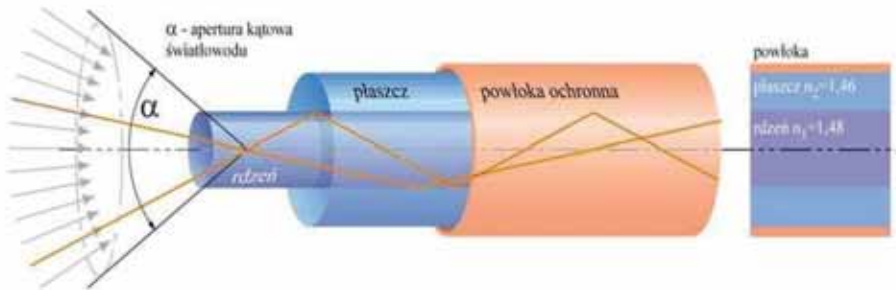
2. Budowa światłowodu

Typowy światłowód składa się z rdzenia wykonanego ze szkła, kwarcu lub polimeru powleczonego płaszczem, a całość umieszczona jest w powłoce ochronnej. Zastosowanie materiałów o różnych współczynnikach załamania światła dla rdzenia oraz płaszczka umożliwia utrzymanie wiązki świetlnej wewnątrz światłowodu.

Światłowód składa się z 3 części:

- Rdzeń – o grubości dostosowanej do rodzaju światłowodu - od 5 do 50 mikronów; zbudowany najczęściej ze szkła kwarcowego lub plastiku, a niekiedy przy wykorzystaniu takich materiałów jak szkło lub metale krystaliczne, np. szafir,

- Płaszcz – jego średnica wynosi ok. $125\ \mu\text{m}$. Jest wykonany z materiału o mniejszym współczynniku załamania światła, niż rdzeń. Najczęściej jest to plastik, niekiedy stosuje się też szkła z odpowiednimi domieszkami.
- Pokrycie – powłoka ochronna mająca za zadanie chronienie płaszcza i rdzenia przed mikropęknięciami. Wykonane jest z elastycznych materiałów, jak np. akryl. Najczęściej składa się z dwóch lub więcej warstw, jego łączna średnica to ok. $250\ \mu\text{m}$.



Rys. 1. Budowa światłowodu

Choć konkretna konstrukcja kabli światłowodowych zależy od ich zastosowania – trzeba wziąć pod uwagę np. miejsce instalacji, technikę instalowania i odległość transmisji – tu można wyróżnić kilka podstawowych elementów:

- centralny element nośny,
- włókno optyczne,
- tuba chroniąca włókna,
- uszczelnienie,
- wzmocnienie,
- powłoka zewnętrzna.

W zależności od liczby transmitowanych modów światła, włókna optyczne dzieli się na jednomodowe i wielomodowe.

Włókna jednomodowe odznaczają się niską dyspersją i tłumiennością, przez co nadają się do transmisji długodystansowej. Najmniejsza tłumienność (spadek sygnału) występuje przy pewnych długościach fali świetlnej – tak zwanych oknach transmisyjnych: $1310\ \text{nm}$ (II okno transmisyjne) i $1550\ \text{nm}$ (III okno transmisyjne). Włókna jednomodowe umożliwiają transmisje w technologii xWDM, która umożliwia przepływność danych na poziomie Tb/s.

Włókna wielomodowe przenoszą wiele modów światła. Z powodu wyższej dyspersji niż we włóknach jednomodowych, stosuje się je głównie w kablach wewnętrznych i do transmisji krótkodystansowej. W przypadku tych włókien wykorzystywane są fale o długościach $850\ \text{nm}$ i $1300\ \text{nm}$. W zależności od konstrukcji i zastosowania kable światłowodowe można podzielić na trzy podstawowe grupy:

- kable wewnętrzne – używane wewnątrz budynków lub budowli, takich jak np. tunele;
- kable zewnętrzne – do instalowania w ziemi, na wolnym powietrzu, itp.; w skład tej kategorii wchodzi kable samonośne, kanałowe i specjalnego zastosowania;

- kable uniwersalne – można je stosować w instalacjach zarówno wewnętrznych, jak i zewnętrznych.

3. Działanie światłowodu

Podstawą działania światłowodu jest zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia światła na styku ośrodków rdzenia i płaszczka. Aby promień pozostał w rdzeniu i podlegał całkowitemu wewnętrznemu odbiciu na granicy rdzenia i płaszczka, kąt jego padania względem osi światłowodu nie powinien przekroczyć wartości krytycznej - wartość ta nosi nazwę kąta akceptacji światłowodu. W płaszczku współczynnik załamania światła jest mniejszy niż w rdzeniu, co wiąże się ze współczynnikiem odbicia. Istnieje więc zależność, która mówi, że: *ilość odbijanego światła wewnątrz rdzenia zależy od kąta, pod jakim światło pada na granicę pomiędzy rdzeniem, a płaszczem. Im mniejszy kąt padania światła, tym gorsza jest transmisja.*

Aby transmisja mogła odbyć się w sposób prawidłowy należy wprowadzić wiązkę w światłowód pod odpowiednim kątem, gdyż kąt wprowadzenia światła jest bardzo ważnym parametrem określającym zdolność przesyłania informacji światłowodem. Można go określić za pomocą kąta akceptacji oraz apertury numerycznej. Kąt akceptacji – to kąt zwarty między promieniem światła, a osią światłowodu. Można określić maksymalny kąt akceptacji, co oznacza, że wiązki światła wprowadzone pod kątem większym niż maksymalny kąt akceptacji nie zostaną prawidłowo przesłane.

Działanie światłowodu może w rzeczywistych warunkach zostać zakłócone przez dyspersję i tłumienie. W czasie eksploatacji światłowodu możemy mieć do czynienia z rozmyciem się impulsu sygnału. Zjawisko dyspersji powstaje z powodu różnej prędkości fal. Fale wysłane jednocześnie z nadajnika nie docierają w tej samej chwili do odbiornika. Skutkuje to odebraniem na wyjściu impulsu szerszego niż powinien wyglądać, może też wystąpić zjawisko nałożenia się impulsów. W światłowodach jednomodowych występuje dyspersja chromatyczna spowodowana zmianą współczynnika załamania szkła kwarcowego w funkcji długości fali. Oznacza to, że impuls światła składający się z grupy rozproszonych częstotliwości optycznych rozchodzących się z różną prędkością, po przesłaniu na pewną odległość światłowodu – ulega rozmyciu.

4. Zalety światłowodu

Światłowód jest ośrodkiem dielektrycznym, co jest istotną zaletą przy jego zastosowaniu w sieciach lokalnych. Zastosowanie światłowodów eliminuje bariery w postaci zakłóceń elektromagnetycznych, prądów błądzących, czy różnic potencjałów w zerowych sieciach zasilających. Problem różnicy potencjałów bywa szczególnie uciążliwy przy realizacji sieci konwencjonalnych, jego rozwiązanie często

wymaga budowy dodatkowych sieci służących do zasilania sieci roboczych. Wiąże się to się poważnymi kosztami i zakłóceniami kabla transmisyjnego przez linię zasilającą.

Inną zaletą światłowodu jest jego mała tłumienność, dzięki której możliwe jest zrealizowanie transmisji pomiędzy punktami odległymi o kilka kilometrów. W porównaniu z kablem koncentrycznym, zysk jest wielokrotny. Ponadto, mając na uwadze budowę sieci światłowodowych, warto zaznaczyć, że kable światłowodowe przeznaczone do pracy w różnych ekstremalnych warunkach, odporne na różnorodne narażenia środowiskowe są łatwo dostępne w kraju. Ich trwałość jest obliczona na co najmniej 25 lat.

Olbrzymia pojemność informacyjna światłowodu znacznie przekracza dzisiejsze potrzeby sieci lokalnych, dlatego też dzisiejsza inwestycja w ułożenie kabli światłowodowych jest inwestycją w przyszłe potrzeby. Mogą być np. wykorzystane do budowy sieci FDDI, w których transmisja odbywa się z prędkością 100 MBit/s.

Te niewątpliwe zalety należy wziąć pod uwagę przy projektowaniu nowych sieci. Szerokie spojrzenie pozwoli stwierdzić, że koszt budowy w oparciu o światłowody nie jest rażąco wyższy, niż koszt budowy w technice konwencjonalnej, niekiedy może być nawet niższy.

5. Kable światłowodowe

Z uwagi na niewielką średnicę i dużą odporność na działanie czynników zewnętrznych, światłowód wymaga dodatkowej ochrony, którą zapewnia powłoka kablowa. Produkowane kable ze względu na różne konstrukcje i zastosowanie, możemy podzielić na stacyjne (wewnętrzne) i międzyobiektowe (zewnętrzne). Kable stacyjne zawierają jedno lub dwa włókna światłowodowe, a ich średnica waha się w granicach 2,5 – 4 mm, zaś promień wygięcia wynosi od 30 mm do 60 mm. Ceny kabli stacyjnych światłowodowych są porównywalne z cenami kabli koncentrycznych. Warto zwrócić uwagę, że powszechnie stosowane w sieciach lokalnych kable koncentryczne RG-58 i RG-62/U są w zasadzie kablami stacyjnymi. Wybór kabla światłowodowego winien być poprzedzony analizą warunków i planów związanych z budowaną siecią. Zasadniczo w jednej instalacji potrzebne są dwa typy kabli: stacyjny – do połączeń wewnętrznych i kanałowy lub podwieszany – do połączeń zewnętrznych.

6. Straty mocy na złączach

Podczas eksploatacji sieci światłowodowej może wystąpić problem straty na złączach. Przyczyny wywołujące te straty możemy podzielić na zewnętrzne i wewnętrzne. Czynnikiem wewnętrznym może stanowić np. wpływ geometrii obu światłowodów w strefie połączenia. Straty zewnętrzne są związane z niedokładnością

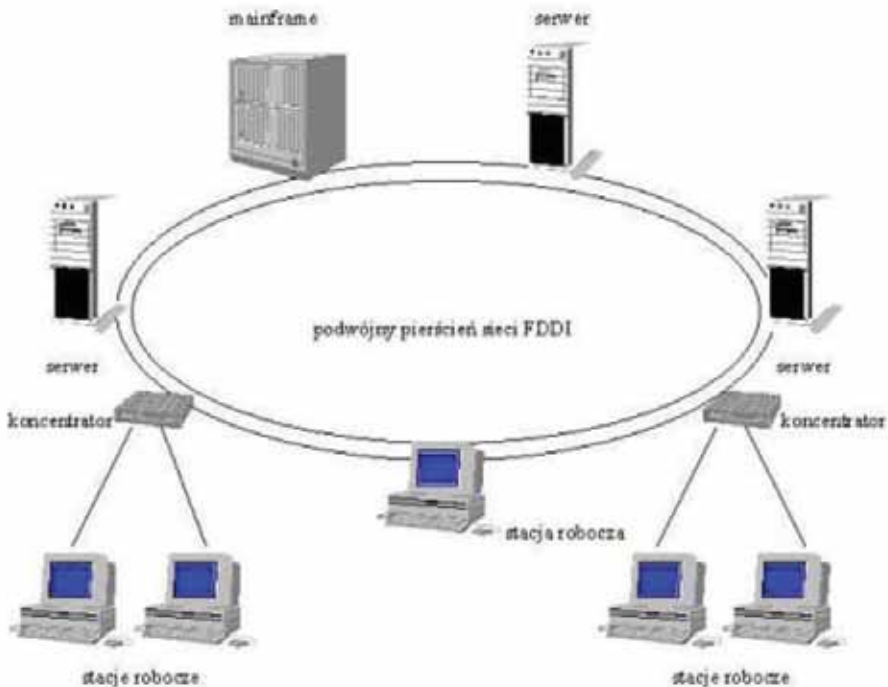
wykonania złącza. Należy zaznaczyć, że te czynniki wpływają w jednakowym stopniu zarówno na parametry złączy stałych jak i rozłącznych. Konstrukcja złącza powinna zapewnić minimalizację strat wynikających z usytuowania światłowodów.

7. Zastosowanie światłowodów

Ze względu na liczne zalety światłowodów, takie jak: szerokie pasmo przeniesienia, brak przesłuchów między liniami, niska wrażliwość na pole elektromagnetyczne, małe wymiary, mogą mieć szerokie zastosowanie.

a) Zastosowanie światłowodów w sieciach komputerowych

FDDI (Fiber Distributed Data Interface) jest oparty na technologii światłowodowej i umożliwia realizację szybkich połączeń dla różnych rodzajów sieci. Sieć światłowodowa została zaprojektowana dla komputerów, które wymagają połączeń szybszych niż prędkość 4 Mb/s, które uzyskuje się w sieciach Token Ring lub 10 MB/s w sieciach Ethernet. Sieć FDDI może obsługiwać szereg sieci LAN, wymagających szybkiego połączenia pomiędzy nimi.



Rys. 2. Sieć FDDI

b) Zastosowanie światłowodów w telefonii kablowej

Dzięki możliwości zastosowania bardzo szerokiego pasma światłowody mają ogromne zastosowanie w telefonii. Już jedna z pierwszych sieci światłowodowych zawierała 24 włókna optyczne, z których każde było w stanie przesyłać 672 kanały telefoniczne. Możliwość realizacji międzymiastowych linii z kablami światłowodowymi stała się faktem, kiedy zademonstrowano łącze optyczne o długości ponad 100 km bez wzmacniaczy. Światłowody charakteryzują się dużą niezawodnością, co sprawia, że mogą być z powodzeniem stosowane niemal w każdym środowisku. Dlatego też sieci tego typu z powodzeniem występują w elektrowniach, gdyż sygnał światłowodu jest niewrażliwy na otaczające go pole magnetyczne, w związku z czym może być on prowadzony w bezpośrednim sąsiedztwie przewodów elektrycznych.

c) Zastosowanie światłowodów w medycynie

Światłowody z powodzeniem znajdują zastosowanie również w medycynie, np. w stomatologii. Lasery dentystyczne wyposażone są w lekkie, bardzo cienkie i elastyczne światłowody, co umożliwia dotarcie do każdego zakamarka jamy ustnej, umożliwia też penetrację kanału zęba. Światłowody są wykorzystywane w chirurgii laserowej, angioplastyce, endoskopii.

d) Zastosowanie światłowodów w kolejnictwie

Możliwości zastosowania światłowodów w kolejnictwie są następujące:

- jako łącze transmisyjne dla zasilania urządzeń samoczynnej blokady liniowej (liczników osi, urządzeń EON) poprzez zastosowanie odpowiednich interfejsów,
- do zasilania łączy transmisyjnych, lokalnych centrów sterowania,
- w łączności zapowiadawczej,
- w łączności strażnikowej,
- w łączności ogólnie eksploatacyjnej,
- w przeszłości – do zasilania stacji bazowych GSMR.

8. Wnioski

Łącza transmisyjne światłowodowe mogą być budowane samoistnie przez zarządcę infrastruktury, jak i w partnerstwie publiczno-prywatnym przez innych operatorów, którzy swoje łącza podstawowe wykorzystują w celach komercyjnych. Za prawo udostępnienia gruntu terenów kolejowych, mogą oddać nieodpłatnie pewną ilość włókien światłowodowych lub części infrastruktury dla przesyłu.

Łąca światłowodowe mogą z powodzeniem zastąpić w eksploatacji w znacznej mierze łąca miedziane. Poprawi to w znaczny sposób jakość przesyłanych impulsów, wpłynie również na bezpieczeństwo prowadzenia ruchu pociągów na kolejach.

Bibliografia

- [1] Borzycki K., Światłowodowe sieci dostępne. W: Telekomunikacja i techniki informacyjne, Zeszyty naukowe 1-2/2008.
- [2] Leksykon naukowo-techniczny z suplementem, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1989.
- [3] Magazyn Technologie Teleinformatyczne 1/2004.
- [4] Światłowody i ich zastosowanie, wykład dr inż. Jacka Kuszniera, Politechnika Białostocka, 2010-2011.
- [5] www.stud.wsi.edu.pl.