

Ćwiczenie 2

Pomiary wybranych parametrów traktu światłowodowego za pomocą reflektometru

Cel ćwiczenia:

Nabycie umiejętności związanych z wykonywaniem pomiarów światłowodowych. Obsługa reflektometru światłowodowego OTDR.

Zagadnienia do przygotowania

- Budowa i zasada działania oraz przeznaczenie reflektometru światłowodowego – OTDR.
- Zastosowanie reflektometru w pomiarach poszczególnych wielkości traktu światłowodowego.
- Rozpoznawanie zdarzeń na reflektogramie (złącza, spawy).
- Charakterystyka metod pomiarowych 2PA i LSA oraz obszary ich zastosowania.
- Znajomość normatywnych wartości na tłumienie i refleksję zdarzeń odpowiedniego typu

Literatura

- Perlicki K.: Pomiary w optycznych systemach telekomunikacyjnych. WKŁ, Warszawa 2003
- Praca zbiorowa: Vademecum teleinformatyka II. IDG, Warszawa 2002
- Siuzdak J.: Wstęp do współczesnej telekomunikacji światłowodowej. WKŁ, Warszawa 1999

Wiadomości wstępne



Reflektometr optyczny YOKOGAWA model AQ7275

Reflektometr światłowodowy jest jednym z najczęściej stosowanych urządzeń pomiarowych służących do analizy optycznych systemów telekomunikacyjnych. Dzięki temu urządzeniu możemy przeprowadzać pomiary w trakcie wytwarzania włókien światłowodowych oraz przed rozruchem sieci – tzw. pomiary OOS (Out Of Service) oraz dokonywać badań kontrolnych w celu sporządzania odpowiednich ekspertyz w czasie normalnej pracy badanego odcinka – tzw. pomiary IS (In Service).

Analiza sieci z wykorzystaniem reflektometru światłowodowego jest bardzo popularna dzięki następującym właściwościom:

- badane włókno nie ulega zniszczeniu w procesie analizy, tzn. nie trzeba dokonywać jego cięcia w celu dokonania pomiaru;
- analizy można dokonać wykorzystując tylko jeden z końców badanej linii i otrzymane wyniki będą reprezentatywne;
- możliwość dokonywania pomiaru wielu parametrów za pomocą jednego urządzenia (całkowite straty mocy optycznej – tłumienie linii światłowodowej, tłumienie na jednostkę długości – tłumienność, straty mocy optycznej wnoszone przez połączenia spawane i złączki, poziom odbicia światła od złącza i od końca światłowodu – refleksyjność, wpływ makrozgięć i mikrozgięć na właściwości transmisyjne, długość badanego włókna, lokalizacja defektów – zgniecenia i przerwania włókna światłowodowego, naprężenia mechaniczne włókna oraz zjawiska temperaturowe, nowoczesne reflektometry dają możliwość pomiaru dyspersji chromatycznej);
- możliwość dokładnego określenia położenia rozpatrywanego zdarzenia oraz strat tłumieniowych, jakie ono wnosi, a następnie porównania ich z odpowiednimi zaleceniami w celu sprawdzenia, czy wielkości te mieszczą się w normach.

Na rynku urządzeń wykorzystywanych w pomiarach optycznych sieci telekomunikacyjnych występuje szeroka gama reflektometrów światłowodowych. Oferowane urządzenia możemy podzielić na tzw. mini reflektometry (przeznaczone głównie do pracy w terenie), reflektometry stacjonarne wykorzystywane w laboratoriach i reflektometry w postaci kart do komputerów.

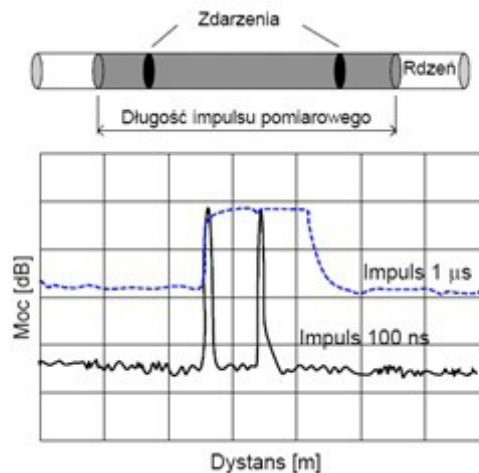
Ze względu na rodzaj zjawiska wykorzystywanego w czasie dokonywania pomiarów możemy reflektometry podzielić na dwie grupy:

- reflektometry optyczne – OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) wykorzystują część zjawiska rozproszenia Rayleigha – rozproszenie wsteczne oraz odbicia powstałe na złączach;
- reflektometry Brillouina – BOTDR (Brillouin Optical Time Domain Reflectometer) wykorzystują zjawisko wymuszonego rozproszenia Brillouina.

Każdy reflektometr charakteryzuje się następującymi parametrami:

- **długość fali, przy której pracuje reflektometr:** jest to długość fali, na której prowadzona jest transmisja. Najczęściej spotykamy reflektometry z możliwością analizy transmisji w trzech albo pięciu oknach transmisyjnych (850 nm, 1310 nm, 1410 nm albo 1450 nm, 1550 nm, 1625 nm);
- **rodzaj badanego światłowodu:** możliwe jest badanie zarówno światłowodów jednomodowych, jak i wielomodowych, ponieważ obydwa typy są stosowane w różnego rodzaju sieciach optotelekomunikacyjnych. Światłowody jednomodowe wykorzystywane są w sieciach rozległych, ponieważ charakteryzują się dużo lepszymi parametrami transmisyjnymi (brak dyspersji między modowej oraz mniejsza tłumienność) od światłowodów wielomodowych, które wykorzystywane są w sieciach lokalnych o niezbyt dużych przepływnościach;
- **szerokość wysyłanych impulsów światła oraz częstość ich generacji:** zwykle mieści się w zakresie od 10 ns do 20000 ns. W reflektometrach można wybrać kilka wartości szerokości impulsu ze wskazanego powyżej przedziału. Wykonując pomiar możemy zauważyć, że wraz ze wzrostem szerokości impulsu następuje wzrost dynamiki pomiaru, jednak równocześnie z poprawą dynamiki mamy do czynienia z pogorszeniem jakości pomiaru i utratą szczegółów na reflektogramie. Zbyt duża częstotliwość wstrzykiwania impulsów sondujących powoduje powstanie tzw. efektu ducha reprezentowanego na reflektogramie jako dodatkowa strata odbiciowa.

W nowoczesnych reflektometrach możemy wybrać długość badanego światłowodu. Przy znanej długości fali, dla której wykonywany jest pomiar, reflektometr automatycznie dokonuje obliczenia częstotliwości wstrzykiwania impulsów sondujących;

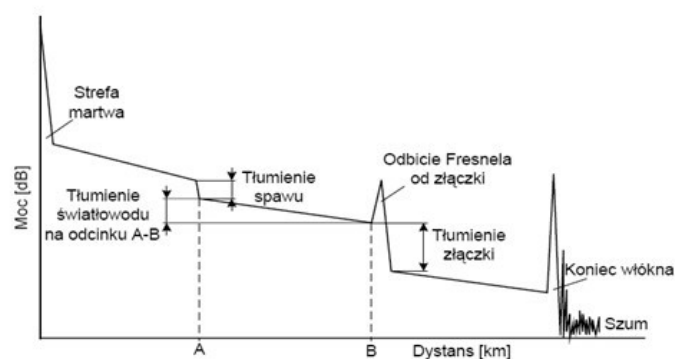


Wpływ szerokości impulsu sondującego na rozdzielczość reflektometru

- **długość mierzonego traktu światłowodowego:** obecnie produkowane reflektometry dobrej klasy posiadają możliwość analizy traktu, którego długość może przekraczać nawet 200 km;
- **dynamika pomiaru:** to bardzo ważny parametr, który decyduje o jego klasie jakości i odgrywa ważną rolę przy zakupie tego urządzenia. Opisuje odległość pomiędzy sygnałem o najwyższej i najniższej wartości, którą można zmierzyć przy pomocy używanego przyrządu. Zwykle przyjmuje się, że dynamika to różnica między poziomem światła rozproszonego wstecznie na bliskim końcu światłowodu (na jego początku) do poziomu szumów własnych (na końcu światłowodu). Spotykamy reflektometry z dynamiką od 18 dB do 45 dB (starsze reflektometry miały dynamikę rzędu 18 dB a obecnie najlepszej klasy reflektometry mają dynamikę rzędu 45 dB).

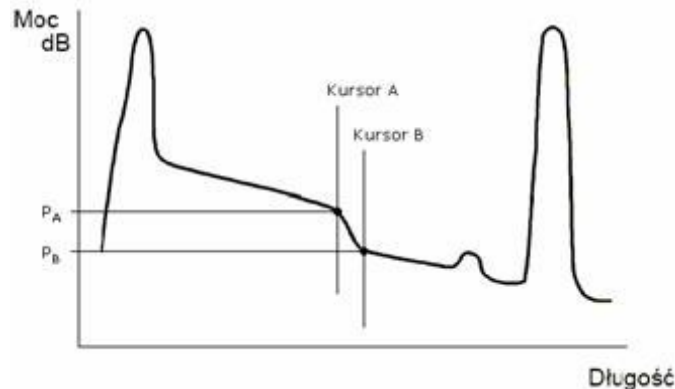
Jeżeli reflektometr ma dynamikę rzędu 45 dB oznacza to, że za pomocą takiego przyrządu można mierzyć tłumienie toru rzędu 45 dB;

- **liniowość:** określa wielkość błędu, jaki można popełnić dokonując pomiaru z wykorzystaniem reflektometru. Liniowość powszechnie stosowanych reflektometrów wynosi zwykle około $\pm 0,05$ dB. Oznacza to, że mierząc tłumienie wartość 10 dB błąd wynikający z nielineowości przyrządu jest w granicach od -0,5 dB do 0,5 dB;



Przykładowa krzywa reflektometryczna (reflektogram)

Metoda dwupunktowa – 2PA (Two Point Approximation)



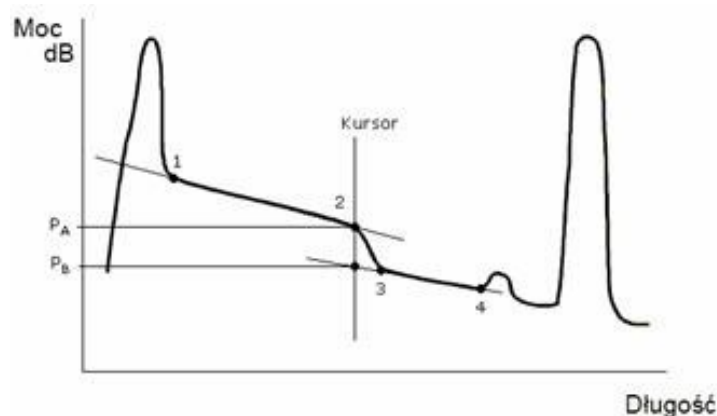
Reflektogram z naniesionymi kursorami ilustrujący metodę dwupunktową

Na powyższym rysunku poziomy mocy optycznej P_A i P_B określone są przez punkty przecięcia kursorów z przebiegiem reflektogramu (krzywej reflektometrycznej). Tłumienie wtracone wyraża się wzorem:

$$A_W = P_A - P_B [dB]$$

W metodzie tej, przy nieliniowym przebiegu reflektogramu, na dokładność pomiaru ma wpływ wybór miejsc ustawienia kursorów, kiedy badamy tłumienie, jakie jest wnoszone przez rozpatrywane zdarzenie. Ponadto kształt charakterystyki między kursorami nie jest uwzględniony w ocenie parametrów tłumieniowych linii, co ma swoje zalety, ponieważ pozwala, przy odpowiednim ustawieniu kursorów, zbadać tłumienie całej trasy, co nie jest możliwe przy zastosowaniu metody reflektometrycznej LSA.

Metoda LSA (Least Square Approximation)



Reflektogram z naniesionymi kursorami ilustrujący metodę LSA

Odcinki prostoliniowe (tzw. strefy LSA) uzyskano stosując aproksymację liniową dla przedziałów odległości między punktami 1 i 2 oraz 3 i 4. Metoda ta jest również zwana czteropunktową. Poziomy mocy optycznej P_A i P_B określone są punktami przecięcia odcinków aproksymacyjnych z kursorem ustawionym w miejscu badanego zdarzenia. Tłumienie wtracone wyraża się wzorem:

$$A_W = P_A - P_B [dB]$$

Metoda ta jest mało dokładna, ponieważ w czasie wykonywania pomiarów udział biorą wszystkie punkty charakterystyki znajdujące się w strefie LSA, zatem aby można było powiedzieć, że pomiar wykonany tą metodą jest dokładny, to w strefie LSA nie powinno być żadnego innego zdarzenia. Metoda ta jest mniej dokładna od metody dwupunktowej, ponieważ w metodzie dwupunktowej na dokładność ma wpływ jedynie usytuowanie kursorów (markerów), a zdarzenia pomiędzy nimi nie biorą udziału w pomiarze.

Zadanie

1. Wykonanie pomiaru trasy światłowodowej.
 - dysponując dwoma fragmentami światłowodu o długości około 1km każdy, wykonać dwa jednokierunkowe pomiary z obydwu końców światłowodu dla obu światłowodów (razem cztery pomiary);
 - dokonać połączenia poszczególnych odcinków za pomocą złączki i tłumika i powtórzyć pomiary
2. Określić
 - długości badanych odcinków światłowodów;
 - krzywe tłumienia na podstawie pomiarów światłowodów
 - wyznaczenie tłumienia poszczególnych zdarzeń w oparciu o którąkolwiek z metod (LSA albo 2PA) dla jednej długości fali (II i III okno) jak również tłumienia całej trasy $A(\lambda)$ w oparciu o metodę dwupunktową, a następnie wyznaczenie tłumienności całej trasy. Pomiary dokonujemy w dwóch kierunkach i wyznaczamy z nich wartość średnią (średnia arytmetyczna);
 - zestawienie wyników w tabeli, której wzór jest następujący:

Nazwa i model OTDR:				Okno transmisyjne (długość fali pomiarowej) :				
Fizyczna długość badanej trasy:				Długość trasy zmierzona za pomocą OTDR:				
Numer zdarzenia	Pozycja zdarzenia od początku toru [km]	Tłumienie [dB]		Reflektancja [dB]	Strata do zdarzenia [dB]	Tłumiennosc jednostkowa * [dB/km]	Długość odcinka* [km]	Tłumiennosc jednostkowa całej trasy [dB/km]
		Metoda LSA	Metoda 2PA					

* tłumienność jednostkowa i długość odcinka mierzone są od ostatniego zdarzenia do bieżącego

UWAGA!!!

- należy sprawdzić przed uruchomieniem reflektometru czy do drugiego końca światłowodu nie jest podłączone źródło światła;
- w trakcie pomiarów reflektometrycznych należy dbać o wzrok!!! Koniec badanego światłowodu powinien być zasłonięty (za pomocą zatyczki lub innego materiału)!!!

Dokumentacja powinna zawierać:

- krótką charakterystykę stanowiska pomiarowego zawierającą spis i opis stosowanych przyrządów oraz charakterystykę metod pomiarowych stosowanych w czasie pomiarów;
- tabele z wynikami pomiarów; (3 tabele dla 3 torów)
- reflektogram badanej trasy z określeniem pozycji zdarzeń oraz ich typów
- charakterystykę badanych odcinków światłowodu oraz złączy rozłączalnych i tłumików
- dyskusję wyników pomiarów zawartych w tabelach;
- wnioski końcowe i zalecenia eksploatacyjne dla użytkownika sieci sporządzone w oparciu o zalecenia;