

LABORATORIUM - OPTOELEKTRONIKA

Dyspersja w transmisji światłowodowej

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się studenta z wpływem dyspersji na transmisję światłowodową.

Obliczona zostanie teoretyczna odległość przesyłu danych, następnie obliczenia zostaną zweryfikowane symulacyjnie.

2. Teoria

Maksymalna dopuszczalna dyspersja (inaczej - rozproszenie impulsu) $\Delta t_{\max}$ związana jest z prędkością transmisji R wzorem:

$$\Delta t_{\max} = \frac{1}{4R}. \quad (1)$$

Spełnienie powyższego warunku daje pewność, że nie wystąpi znacząca interferencja międzysymbolowa (ISI) wynikająca z dyspersyjnego poszerzenia impulsu.

W przypadku standardowego światłowodu jednomodowego, pobudzanego bezpośrednio modulowanym nadajnikiem w postaci diody laserowej, rozproszenie impulsu spowodowane dyspersją chromatyczną jest dane jako:

$$\Delta t = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta \lambda, \quad (2)$$

gdzie:

- Δt = poszerzenie impulsu [ps],
- L = długość włókna światłowodowego [km],
- $D(\lambda)$ = współczynnik dyspersji chromatycznej [$\frac{ps}{nm \cdot km}$],
- λ = długość fali [nm],
- $\Delta \lambda$ = szerokość spektralna nadajnika [nm].

Współczynnik dyspersji chromatycznej $D(\lambda)$ widoczny w powyższym wzorze, może być obliczony z różniczkowego wzoru Sellmeiera:

$$D(\lambda) = \frac{S_0}{4} \left(\lambda - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^3} \right) \quad (3)$$

gdzie:

- S_0 = nachylenie krzywej dyspersji w punkcie dyspersji zerowej [$\frac{ps}{nm^2 \cdot km}$],
- λ_0 = długość fali zerowej dyspersji (punkt zerowy dyspersji) [nm].

Zakłada się, że maksymalna długość światłowodu L wynikająca z ograniczenia dyspersją to taka wartość L , że $\Delta t = \Delta t_{\max}$.

3. Obliczenia

Dane do obliczeń:

- $R = 2,5$ [Gb/s],
- $\lambda = 15CB$ nm (np. dla Zdzisława Kręciny $\lambda = 1578$ nm),
- gdzie **C** – liczba liter w imieniu wykonującej/wykonującego ćwiczenie i **B** - liczba liter w nazwisku wykonującej/wykonującego ćwiczenie,
- $\Delta \lambda = 0,6$ [nm],
- $\lambda_0 = 1312$ [nm] (dana dla światłowodu Corning® SMF-28® Ultra Optical Fiber)
- $S_0 = 0,09$ [$\frac{ps}{nm^2 \cdot km}$] (dana dla światłowodu Corning® SMF-28® Ultra Optical Fiber).

Na podstawie wzorów (1) – (3), należy obliczyć L .

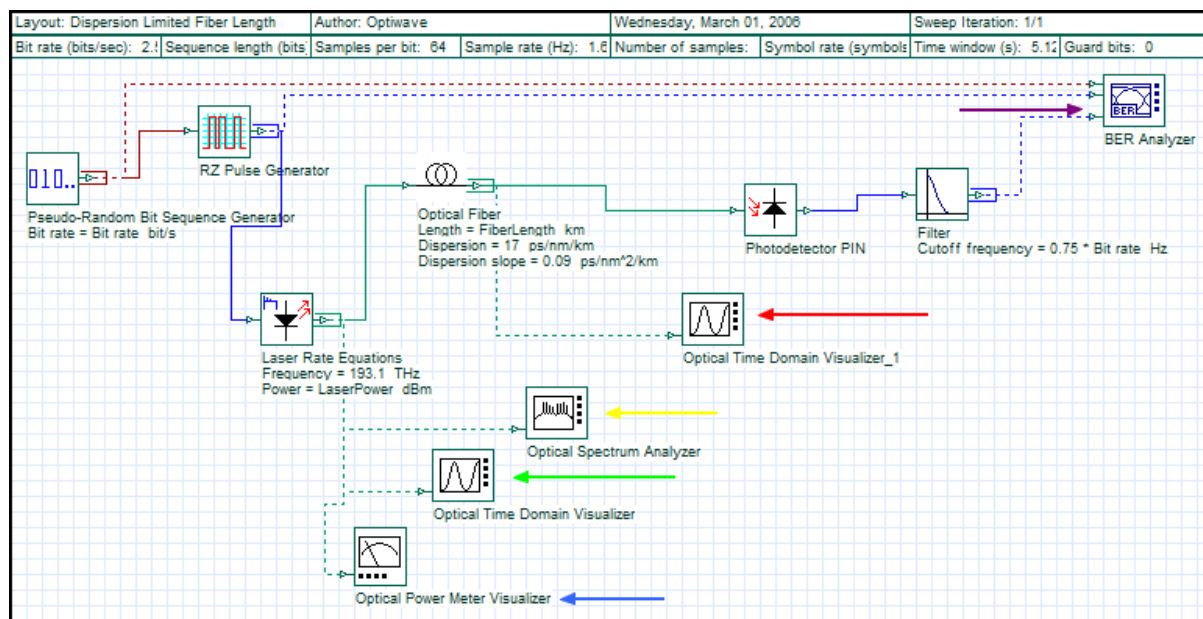
Uwaga! Należy zwracać uwagę na jednostki.

Długość L powinna wyjść w granicach kilku-kilkunastu km (najprawdopodobniej trochę poniżej 10). Jeśli wyjdzie inna, liczymy do skutku!

Wyniki obliczeń zamieścić w protokole.

4. Symulacja

W programie Optiperformer należy otworzyć plik cw3.osp, po otwarciu prezentujący się jak niżej:



System światłowodowy składający się z nadajnika, światłowodu i odbiornika, uzupełniony o elementy pomiarowe, powinien być już bez problemu rozpoznawalny.

W prawym dolnym rogu układu widoczne są parametry układu, które możemy zmienić. Najpierw należy zmienić parametry *Fiber Length* (na obliczone L) i *Fiber dispersion* (na obliczone $D(\lambda)$), a następnie...

Otwieramy *Optical Power Meter Visualiser* (pierwsza strzałka do dołu) i manipulując parametrem *Laser power* w parametrach, kontrolujemy wartość odczytywaną na *Optical Power Meter Visualiser* tak, by osiągnąć moc około 0 dBm (około, bowiem symulacja jest statystyczna i wynik za każdym razem jest trochę inny, chodzi o to by zacząć trafiać w okolice 0 dBm).

W protokole zamieścić wyznaczoną we wskazany sposób wartość *Laser power*.

Następnie otwieramy *Optical Spectrum Analyser* (trzecia strzałka do dołu), w którego oknie możemy zobaczyć, jak wygląda widmo pojedynczego impulsu z nadajnika.

Kształt widma naszkicować w protokole.

Korzystając z menu pod PPM (najpierw *Marker*, potem *Info*), należy zmierzyć szerokość widma (w połowie jego wysokości).

Wynik pomiaru umieścić w protokole (zmierzona szerokość spektralna nadajnika powinna być równa około $\Delta\lambda = 0,6$ [nm]).

Następnie otwieramy pierwszy *Optical Time Domain Visualiser* (druga strzałka do dołu), który wizualizuje nam ciąg impulsów na wejściu światłowodu. Prawdopodobnie będzie zbyt gęsto by dało się sensownie analizować transmisję, więc warto w tym oknie, w podmenu *Time*, odznaczyć *Automatic Range* i wpisać *Start* jako 0, natomiast *Stop* jako np. 4e-009 (*Center* zmieni się samo), zmiany trzeba zatwierdzać Enterem.

Następnie wykonujemy te same działania dla drugiego *Optical Time Domain Visualiser* (czwarta strzałka do dołu), wizualizującego nam ciąg impulsów na wyjściu światłowodu.

Po dokonaniu zmian widać, jak wyglądają impulsy wejściowe, i jak zmieniają się po przejściu przez światłowód (tzn. na ile impulsy na wyjściu są rozmyte, i o ile opóźnione w stosunku do wejścia, jeśli obliczenia są prawidłowe, to w tym momencie impulsy na wyjściu nie mogą się nakładać). Pamiętajmy o tym, że każde kliknięcie w *Start Calculation* odpala nową symulację, dająca nieco inne wyniki.

Ponownie korzystając z *Marker/Info* należy wyznaczyć opóźnienie wybranego impulsu – zaznaczając na przykład szczyt impulsu na wejściu włókna (pierwszy *Optical Time Domain Visualiser*) i odpowiadający mu szczyt impulsu na wyjściu włókna (drugi *Optical Time Domain Visualiser*).

Wynik tego pomiaru umieścić w protokole.

Po zasymulowaniu i przeanalizowaniu transmisji dla obliczonej długości włókna należy eksperymentalnie i „na wyczucie” zwiększać długość światłowodu, kontrolując wynikową transmisję, tak by ustalić moment, w którym rozmycie dyspersyjne zaczyna widocznie wpływać na transmisję (tj. impulsy na wyjściu zaczynają się nakładać) – by to zaobserwować być może trzeba będzie zwiększyć wartość parametru *Time* w obu *Optical Time Domain Visualiser* do np. 8e-009.

Wyznaczoną wartość graniczną długości włókna zamieścić w protokole.

Następnie należy, wykorzystując analizator bitowej stopy błędów (*BER analyser* – strzałka najwyżej) do pomiaru współczynnika jakości Q, wypełnić tabelę w protokole. Dla każdej długości włókna światłowodu należy wykonać pomiar 3 razy (czyli po prostu 3 razy kliknąć w *Start Calculation*) i obliczyć wartość średnią tego współczynnika. Następnie, na podstawie uzyskanych wartości średnich stworzyć wykres wizualizujący zależność współczynnika jakości Q od długości włókna.

5. Opracowanie wyników

W celu zaliczenia ćwiczenia, należy oddać prowadzącemu protokół zawierający wszystkie wskazane elementy.

Własne wnioski i obserwacje, jak zawsze mile widziane.