

## **ĆWICZENIE 8**

# **BADANIE WPLYWU DYSPERSJI NA OGRANICZENIE DŁUGOŚCI TORU TRANSMISYJNEGO**

### **PLAN ĆWICZENIA:**

1. Przeprowadzenie wstępnych obliczeń wpływ dyspersji na ograniczenie długości toru transmisyjnego.
2. Zapoznanie się z elementami wizualizującymi w programie OptiPerformer.
3. Oszacowanie szerokości połówkowej źródła światła.
4. Przeprowadzenie symulacji w programie OptiPerformer.
5. Zarejestrowanie wyników symulacji oraz ich analiza.

### **ZAGADNIENIA DO PRZYGOTOWANIA:**

1. Wpływ dyspersji na ograniczenie długości toru transmisyjnego.
2. Rodzaje dyspersji.
3. Metody kompensacji dyspersji.

## 1. Teoria

Maksymalna, dopuszczalna wartość dyspersji (lub czasowe poszerzenie impulsu)  $\Delta t_{max}$  jest definiowana poprzez szybkość transmisji  $R$  w następujący sposób:

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

Powyższa zależność zapewnia, iż nie nastąpi interferencja międzysymbolowa (ang. Intersymbol Interference, ISI) spowodowana poszerzeniem czasowym impulsu.

Dla standardowego światłowodu jednomodowego, który jest pobudzany modulowaną bezpośrednio diodą laserową, poszerzenie czasowe impulsu z powodu dyspersji chromatycznej dane jest wzorem:

$$\Delta t = LD(\lambda)\Delta\lambda \quad 2$$

gdzie:

$\Delta t$  – czasowe poszerzenie impulsu ps ,

$L$  – długość światłowodu km ,

$D(\lambda)$  – współczynnik dyspersji chromatycznej  $\frac{ps}{nm \cdot km}$  ,

$\lambda$  – zastosowana długość fali,

$\Delta\lambda$  – szerokość spektralna nadajnika (nm).

Współczynnik dyspersji chromatycznej może być wyznaczony z zależności:

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

gdzie:

$S_0$  – zerowe dyspersyjne nachylenie zależności  $D(\lambda)$  od  $\lambda_0$   $\frac{ps}{nm^2 \cdot km}$  ,

$\lambda_0$  – długość fali, dla której występuje zerowa dyspersja nm .

Przyjmuje się, iż warunek maksymalnej, dopuszczalnej długości światłowodu  $L$ , ze względu na dyspersję chromatyczną jest następujący:

$$\Delta t = \Delta t_{max}$$

Należy tutaj zauważyć, iż na poszerzenie impulsu może również wpływać czas narastania sygnału nadajnika oraz odbiornika, co nie jest uwzględnione w przeprowadzanych symulacjach.

## 2. Obliczenia

Wymagane do przeprowadzenia obliczeń parametry zostały zebrane w poniższej tabeli (Tab. 1).

Nadajnik	Przepustowość $R$	2.5	Gb/s
	Moc wyjściowa	0	dBm
	Zastosowana długość fali	1550	nm
	Szerokość spektralna $\Delta\lambda$ (zakładane)	0.6	nm
Światłowód	Zerowe dyspersyjne nachylenie $S_0$	0.09	ps/nm <sup>2</sup> *km
	Długość fali, dla której występuje zerowa dyspersja $\lambda_0$	1312	nm
	Wejściowa/wyjściowa sprawność sprzęgania	0	dB

Tab. 1 Parametry wymagane do symulacji

Współczynnik tłumienia światłowodu oraz efektywność sprzęgania są ustawione na 0 w celu wyizolowania efektu dyspersji.

Należy oszacować wpływ dyspersji na ograniczenie długości toru transmisyjnego, wykorzystując do tego celu dane z powyższej tabeli (Tab. 1) oraz zaprezentowaną teorię.

## 3. Przebieg ćwiczenia

Otwórz plik OptiPerformer o nazwie „Dispersion Limited Fiber.osp”. Układ ten wykorzystuje komponent Laser Rate Equations z domyślnymi parametrami. W symulacjach, bezpośrednio modulowana dioda laserowa wykorzystuje standardowy model równań bilansu. Jednym z efektów tego modelu jest generowanie sygnału z szerokością spektralną na poziomie 0.6 nm dla domyślnych parametrów z przepustowością układu 2.5 Gb/s, z modulacją RZ (ang. Return to Zero).

W układzie dostępnych jest kilka urządzeń wizualizujących. Wizualizator „Optical Time Domain Visualizers” pozwala użytkownikowi na obserwację symulowanego sygnału w funkcji czasu. Jeden znajduje się na wyjściu lasera, drugi na końcu światłowodu. Sytuacja ta pozwala użytkownikowi na bezpośrednią obserwację zmian kształtu pulsu ze względu na dyspersję. Analizator spektrum optycznego (ang. Optical Spectrum Analyzer) pozwala na obserwację widma spektralnego sygnału. Podczas laboratorium jest on wykorzystywany do weryfikacji podanej 6 nm wartości szerokości spektrum. Analizator BER (ang. BER analyzer) dostarcza informacji na temat współczynnika Q, BER oraz pokazuje wygląd diagramu oka.

#### 4. Symulacje

1. Wykorzystując równanie współczynnika dyspersji chromatycznej (3), wyznacz dyspersję światłowodu dla długości fali 1550 nm,
2. Określ wielkość poszerzenia impulsu  $\Delta t$ , wykorzystując do tego celu równanie (1),
3. Wykorzystując równanie (2) wyznacz maksymalną długość włókna L, dla którego dyspersja chromatyczna jest skompensowana,
4. Wprowadź odpowiednie parametry do układu symulacji i uruchom pierwszą symulację.  
Po uruchomieniu pierwszej symulacji, wykorzystaj analizator spektrum optycznego aby zweryfikować podaną szerokość spektrum na wyjściu nadajnika. ~~W tym celu, kliknij prawym przyciskiem myszy na wykresie spektrum i ustaw odpowiednie znaczniki (ang. marker).~~  
W tym celu, kliknij prawym przyciskiem myszy na wykresie spektrum i ustaw odpowiednie znaczniki (ang. marker).
5. Ponownie wyznacz maksymalną długość światłowodu L, uwzględniając nową, poprawną wartość szerokości modu lasera,
6. Uruchom symulację 5 razy dla następujących długości światłowodu:

Nr symulacji	Długość światłowodu
1	Obliczona wartość L
2	25 km
3	50 km
4	75 km
5	100 km

Dla każdej symulacji:

- Wykorzystując analizator w dziedzinie czasu zarejestruj widma transmitowanego sygnału na wejściu i wyjściu światłowodu,
- Wykorzystując analizator w dziedzinie czasu zarejestruj widma wybranych impulsów sygnału na wejściu i wyjściu światłowodu,
- Dla każdej badanej długości toru optycznego zmierz szerokości wybranych impulsów na wejściu i wyjściu światłowodu.

## 5. Sprawozdanie

1. Obliczenia,
2. Widmo lasera i sposób wyznaczenia szerokości spektralnej jego modu,
3. Widma transmitowanego sygnału na wejściu i wyjściu światłowodu,
4. Widma wybranych impulsów sygnału na wejściu i wyjściu światłowodu,
5. Wartości szerokości wybranych impulsów w funkcji długości światłowodu,
6. Podsumowanie i wnioski.