

LABORATORIUM - OPTOELEKTRONIKA
Liniowy model światłowodu i poszerzenie impulsu gaussowskiego

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest porównanie wyników obliczeń teoretycznego poszerzenia impulsu gaussowskiego w systemie światłowodowym uzyskanych na podstawie liniowego modelu światłowodu z wynikami symulacji.

2. Teoria

Światłowod (w pewnym przybliżeniu) może być reprezentowany przez układ liniowy, a zatem i z odpowiedzią impulsową $h(t)$ lub funkcją przenoszenia $H(j\omega)$. Jeśli nadajnik optyczny ma szerokość widmową znacznie większą niż szerokość pasma sygnału (jest tak np. w przypadku, gdy nadajnikiem jest bezpośrednio modulowana dioda laserowa), a długość fali roboczej nie jest bliska długości fali odpowiadającej zerowej dyspersji, wówczas $H(j\omega)$ jest w przybliżeniu gaussowska, tj.

$$H(\omega) = \exp(-T_F^2 \cdot \omega^2), \quad (1)$$

gdzie T_F jest szerokością RMS odpowiedzi impulsowej, daną w przybliżeniu jako:

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

gdzie L jest długością włókna, $D(\lambda)$ jest współczynnikiem dyspersji włókna, a $\Delta\lambda$ jest szerokością widmową RMS źródła optycznego (nadajnika).

Tzw. ściągający (ściągający) impuls Gaussa może być wykorzystany jako dobra reprezentacja mocy bezpośrednio modulowanej diody laserowej. Ściągający impuls Gaussa charakteryzuje się szerokością impulsu RMS T_{in} i współczynnikiem ściągania C . Szerokość impulsu RMS jest powiązana z szerokością impulsu FWHM za pomocą wzoru:

$$T_{FWHM} = 1,665 \cdot T_{in}. \quad (3)$$

Widmowa szerokość impulsu RMS jest uzyskiwana z zależności:

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda^2 \sqrt{1+C^2}}{2 \cdot \pi \cdot c \cdot T_{in}}, \quad (4)$$

gdzie λ to robocza długość fali, a c w mianowniku to prędkość światła (nie mylić z C w liczniku – współczynnikiem ściągania).

Jeżeli gaussowski impuls jest wprowadzany do układu liniowego charakteryzowanego gaussowską odpowiedzią impulsową, wówczas wyjściem jest również impuls Gaussa o szerokości RMS danej jako:

$$T_{out}^2 = T_{in}^2 + T_F^2, \quad (5)$$

gdzie wszystkie szerokości impulsu są dane jako wartości RMS.

3. Obliczenia

Dane do obliczeń:

- $R = 2,5$ [Gb/s],
- $T_{FWHM} = 200$ [ps] (ponieważ jest to połowa czasu trwania bitu, tj. 400 ps, wynikającego z kolei z R ($2,5$ [Gb/s])),
- $\lambda = 155\mathbf{C},\mathbf{B}$ nm (np. dla Zdzisława Kręciny $\lambda = 1558,7$ nm),
 - gdzie **C** – liczba liter w imieniu wykonującej/wykonującego ćwiczenie i **B** - liczba liter w nazwisku wykonującej/wykonującego ćwiczenie,
- $P_T = 0$ [dBm],
- $C = -6$,
- $L = 50$ [km],
- $\lambda_0 = 1312$ [nm] (dana dla światłowodu Corning® SMF-28® Ultra Optical Fiber)
- $S_0 = 0,09$ [ps/nm²/km] (dana dla światłowodu Corning® SMF-28® Ultra Optical Fiber).

Obliczyć należy po kolei:

- Najpierw, na podstawie wzoru (3), T_{in} .
- W drugim kroku, na podstawie wzoru (4), $\Delta\lambda$.
Obliczoną wartość $\Delta\lambda_{INrms}$ zamieścić w protokole.
By uzyskać wartość odpowiadającą szerokości widma w połowie jego wysokości należy otrzymaną wartość przemnożyć przez 1,665. **Wartość tę również zamieścić w protokole.**
- W trzecim kroku, należy obliczyć T_F na podstawie wzoru (2), przy czym najpierw, w celu obliczenia $D(\lambda)$ należy skorzystać ze znanego już z ćwiczenia 3 wzoru:

$$D(\lambda) = \frac{S_0}{4} \left(\lambda - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^3} \right) \quad (6)$$

- W czwartym kroku należy obliczyć T_{out} na podstawie wzoru (5).
Obliczona wartość T_{out} jest wartością RMS (T_{OUTrms}). Zamieścić tę wartość w protokole, wraz z jej obliczonym analogicznie jak wyżej odpowiednikiem.

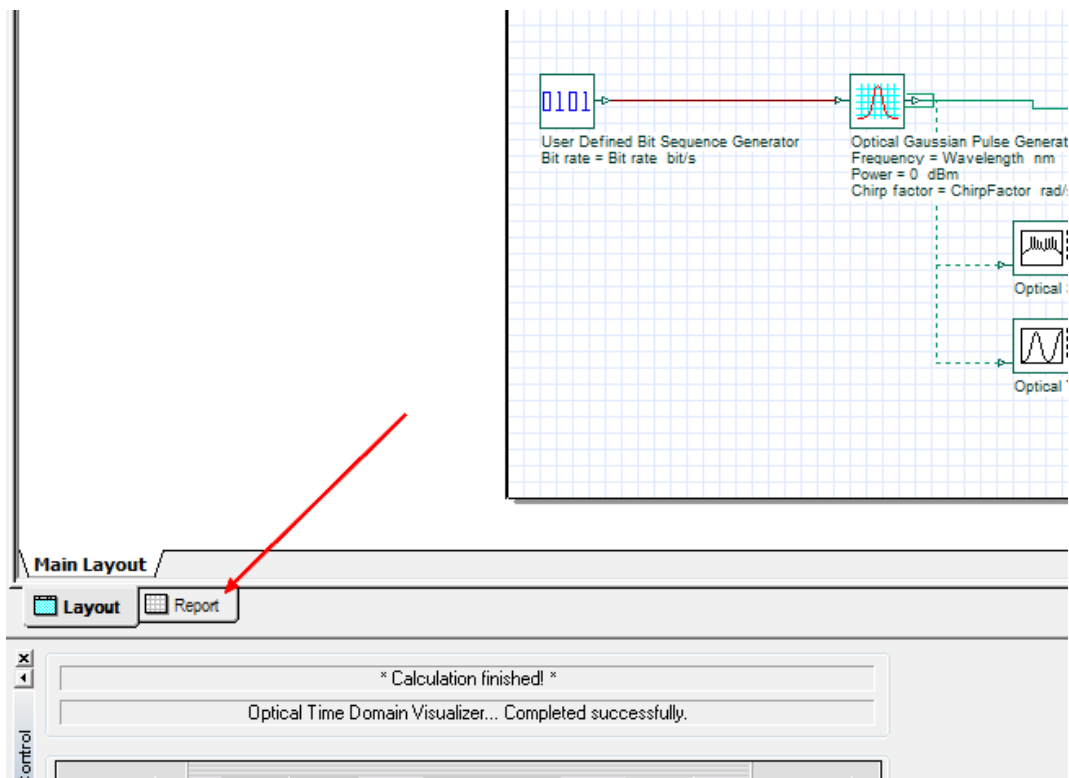
4. Ćwiczenie

Po wykonaniu obliczeń należy otworzyć Optiperformer, a następnie plik cw5.osp.

W prawym dolnym rogu układu widoczne są parametry układu, które możemy zmienić.

Należy wprowadzić parametry *FiberLength* (na 50 km), *ChirpFactor* (na -6) i *Wavelength* (na zadaną).

Następnie, po wykonaniu symulacji, należy kliknąć w zakładkę *Report*:



W oknie tym powinno być widać nałożone na siebie na wykresie dwa impulsy – wejściowy i wyjściowy, na którym to wykresie ewidentnie powinno być widoczne rozmycie (tj. poszerzenie i obniżenie) impulsu wyjściowego.

Impulsy te należy przerysować do protokołu, a następnie...

Wrócić do zakładki *Layout* i korzystając ze znanych sobie już narzędzi (*Info*, *Marker*...) zmierzyć szerokość impulsu w połowie wysokości (stąd było FWHM – *Full Width at Half Maximum*) dla impulsu wejściowego (*Optical Time Domain Visualiser_1*) i wyjściowego (*Optical Time Domain Visualiser*).

Należy w tym miejscu również zmierzyć moc sygnału na wejściu i wyjściu.

Wyniki pomiarów zamieścić w protokole.

Korzystając z obu *Optical Spectrum Analyzer* należy również zmierzyć i **zamieścić w protokole** szerokość widma na wejściu i wyjściu układu.

Protokół jak zawsze warto uzupełnić wnioskami i obserwacjami wynikającymi z otrzymanych wyników i własnych przemyśleń.