

## SPRAWOZDANIE

### PRZEDMIOT: ZOUL

NUMER PROJEKTU: ZOUL projekt 2-2

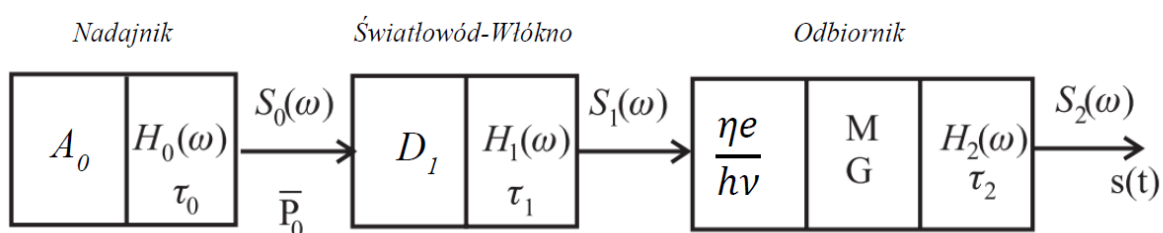
SEMETR: 22Z

**TEMAT PROJEKTU:** Analiza sygnału na wyjściu optycznego połączenia

#### Problem projektowy:

W projekcie należy wyznaczyć widmo sygnału optycznego na wyjściu odbiornika będącego ostatnim elementem optycznego połączenia oraz transformatę odwrotną Fouriera tego widma dla wskazanych parametrów układu.

#### Budowa układu:



Rys. 1 Struktura układu optycznego połączenia złożonego z trzech głównych elementów: nadajnika, światłowodu i odbiornika. Każdy z nich opisany jest bezwymiarową znormalizowaną funkcją transmisji zależną od częstości  $H_{0,1,2}(\omega)$  oraz parametrem czasu  $T_{0,1,2}$ .

Schemat z rys. 1 przedstawia badany układ. W nadajniku produkowany jest optyczny impuls o amplitudzie  $A_0$ . Natomiast  $H_0(\omega)$  jest funkcją widmową optycznego impulsu. Nadajnikiem najczęściej jest laser półprzewodnikowy modulowany poprzez zmianę prądu zasilającego lub poprzez zastosowanie zewnętrznego modulatora. Nadajnik produkuje impuls opisany w dziedzinie czasu funkcją  $P_0(t)$ , której widmo Fourierowskie to  $S_0(\omega)$ . Optyczny impuls na wyjściu z włókna jest iloczynem funkcji widmowej impulsu oraz widma tego światłowodu. Propagację światła przez włókno opisuje się dwiema funkcjami. Pierwsza to  $D_1$ , która opisuje straty i druga będąca funkcją transferu start  $H_1(\omega)$ . Odbiornikiem jest najczęściej fotodioda lawinowa, której współczynnik zwielokrotnienia zapisuje się jako  $M$ , a jej wzmacnienie jako  $G$ .

**Sygnał na wyjściu optycznego połączenia w funkcji częstości  $\omega$ .** Sygnał wyjściowy układu  $S_2(\omega)$  jest wynikiem transmisji impulsu optycznego przez cały układ. Zależy on od poszczególnych elementów układu.

Od nadajnika, czyli lasera który emituje promieniowanie koherentne zwykle o długości fali  $\lambda = 1,3 \mu\text{m}$  z maksymalną mocą wynoszącą  $P_{0\text{max}} = 0,5 \text{ mW}$ . Od włókna, którego straty zwykle wynoszą  $\alpha = 3 \text{ dB/km}$ . Sygnał ten zależy również od odbiornika, czyli fotodiody charakteryzującej się pewną opornością, wzmacnieniem i współczynnikiem zwielokrotnienia.

W niniejszej analizie, sygnał wyjściowy układu dla uproszczenia został zapisany jako:

$$S_2(\omega) = H_0(\omega) \cdot H_1(\omega) \cdot H_2(\omega).$$

Zakłada się, że nadajnik wytwarza sygnał prostokątny, dlatego funkcję widmową optycznego impulsu można zapisać jako:

$$H_0(\omega) = \frac{\sin(\omega T_0)}{\omega T_0}.$$

$T_0$  jest znormalizowaną szerokością impulsu. Czas trwania impulsu  $T$  związany jest z szybkością transmisji bitów nadajnika  $R_0$ :

$$T = \frac{1}{R_0}.$$

Funkcja  $H_1(\omega)$  jest znormalizowaną funkcją filtru, w przybliżeniu wyrażona filtrem Gaussowskim dolnoprzepustowym:

$$H_1(\omega) = e^{\frac{-1}{\pi}(\omega T_1)^2},$$

gdzie  $T_1$  jest to parametr włókna związany z pasmem  $B_1$  oraz szybkością transmisji bitów nadajnika  $R_0$ :

$$T_1 = \frac{R_0}{2B_1}.$$

Szerokość pasma włókna  $B_1$  jest zależna od długości  $L_1$  i  $L_C$ :

$$B_1 = B_L \left( \frac{1}{L_1} + \frac{1}{3L_C} \right),$$

gdzie  $L_C$  jest to długość drogi sprzężenia modów, a  $B_L$  jest to długość szerokości pasma. Zależność na  $B_1$  jest prawdziwa, gdy długość włókna  $L_1$  zawiera się w przedziale:  $0 < L_1 < 3L_C$ .

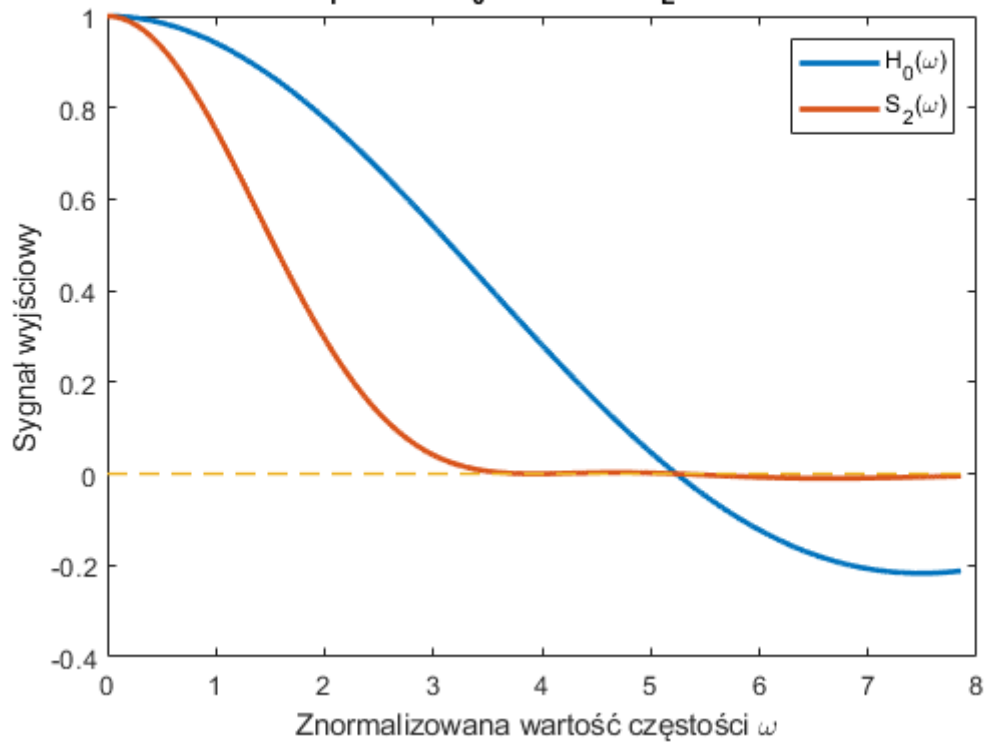
Optyczny odbiornik opisany jest funkcją transferu filtru dolno-przepustowego  $H_2(\omega)$ :

$$H_2(\omega) = \frac{1}{2} [1 + \cos(\omega T_2)], \quad \text{gdzie } |\omega| \leq \frac{2\pi}{T_2},$$

gdzie  $T_2$  jest to parametr odbiornika.

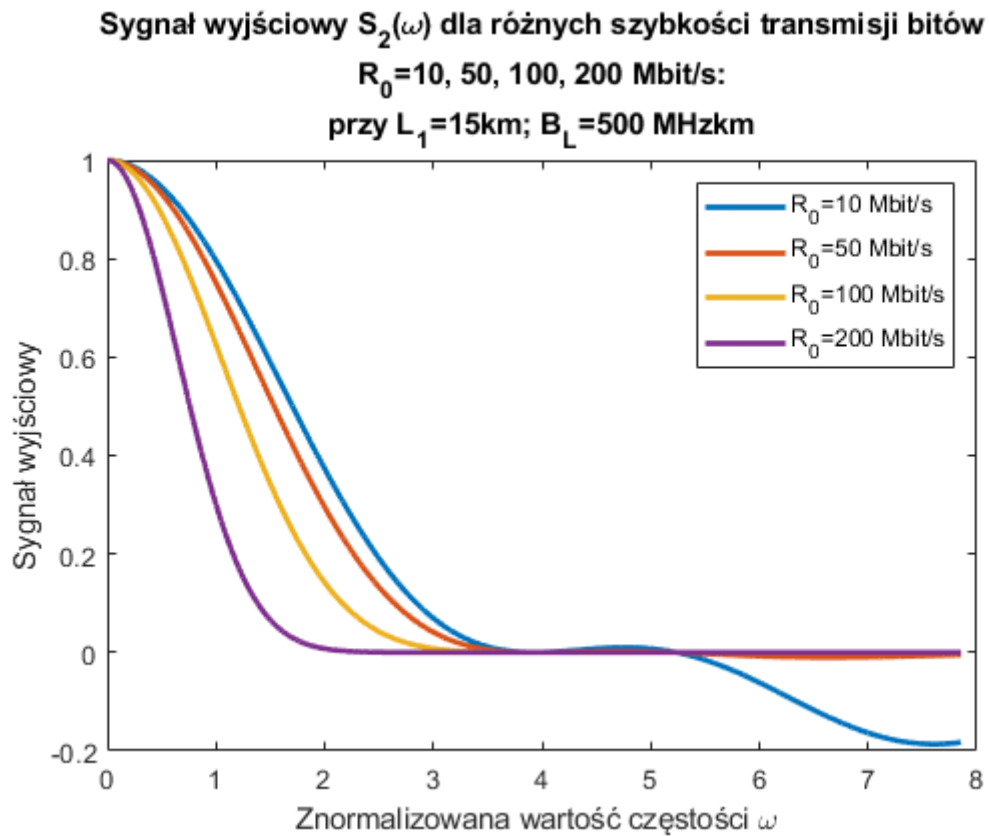
Wykres 1

Porównanie sygnału wyjściowego  $H_0(\omega)$  z sygnałem wyjściowym  $S_2(\omega)$   
przy  $L_1=15\text{km}$ ;  $R_0=50\text{Mbit/s}$ ;  $B_L=500\text{MHzkm}$



Sygnał wyjściowy  $S_2(\omega)$  różni się od sygnału  $H_0(\omega)$ . Znacznie szybciej wygasają oscylacje, co oznacza, że w dziedzinie czasu można oczekiwać sygnału nieco odbiegającego kształtem od sygnału prostokątnego, jaki mieliśmy na wejściu.

Wykres 2



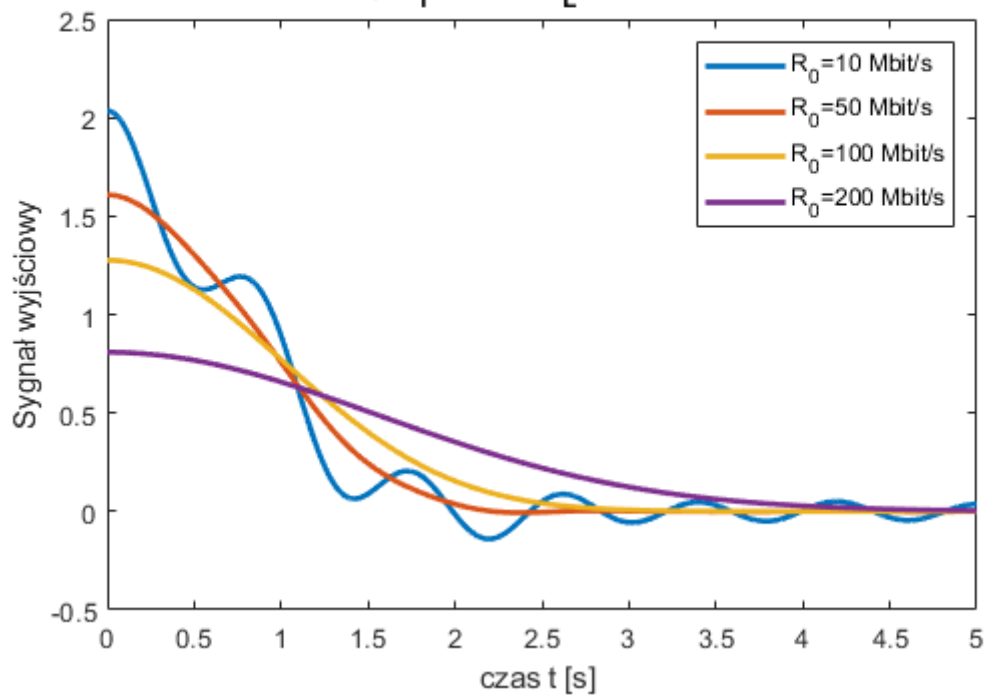
Sygnal wyjściowy  $S_2(\omega)$  dla różnych szybkości transmisji zmienia swój kształt. Im mniejsza prędkość transmisji tym sygnał został mniej stłumiony, ponieważ dłużej trwa jego czas impulsu.

Wykres 3

Transformata odwrotna Fouriera  $s_2(t)$  dla różnych szybkości transmisji bitów

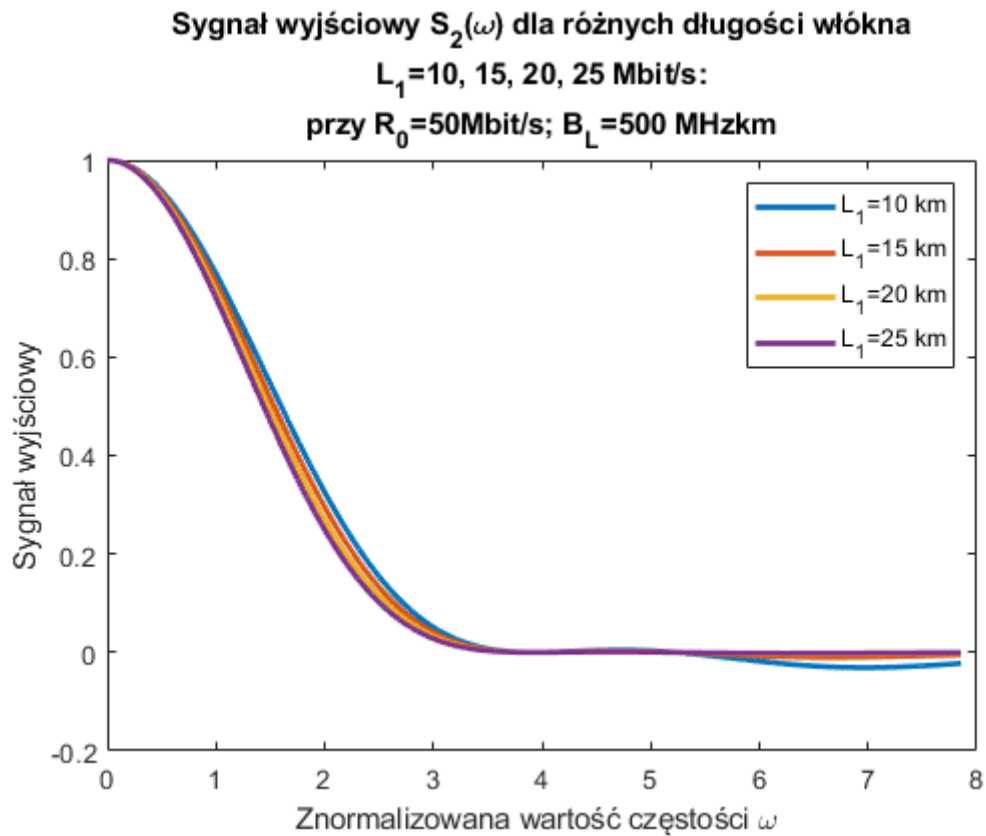
$R_0 = 10, 50, 100, 200$  Mbit/s:

przy  $L_1 = 15$  km;  $B_L = 500$  MHz km



Im wolniejsza transmisja tym mniej łagodnie opada sygnał wraz z czasem, oraz większa jest amplituda sygnału w dla chwili czasowej 0.

Wykres 4



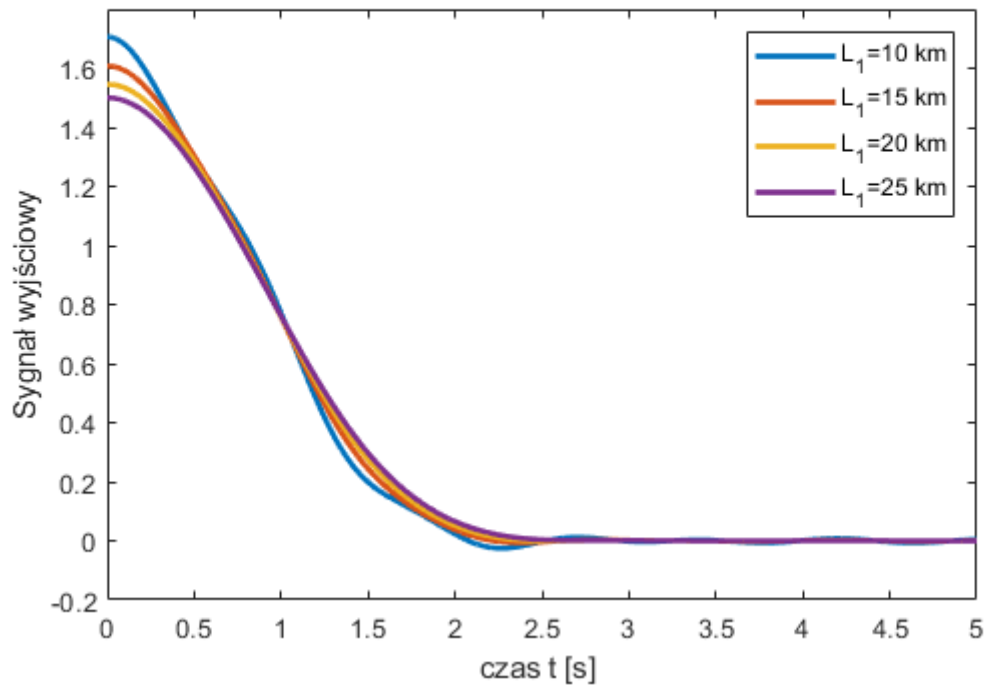
Z wykresu  $S_2(\omega)$  wynika, że dla dłuższych długości włókna sygnał jest szybciej tłumiony w porównaniu do sytuacji gdy sygnał  $S_2(\omega)$  jest obliczany dla krótszych długości włókna.

Wykres 5

Transformata odwrotna Fouriera  $s_2(t)$  dla różnych długości włókna

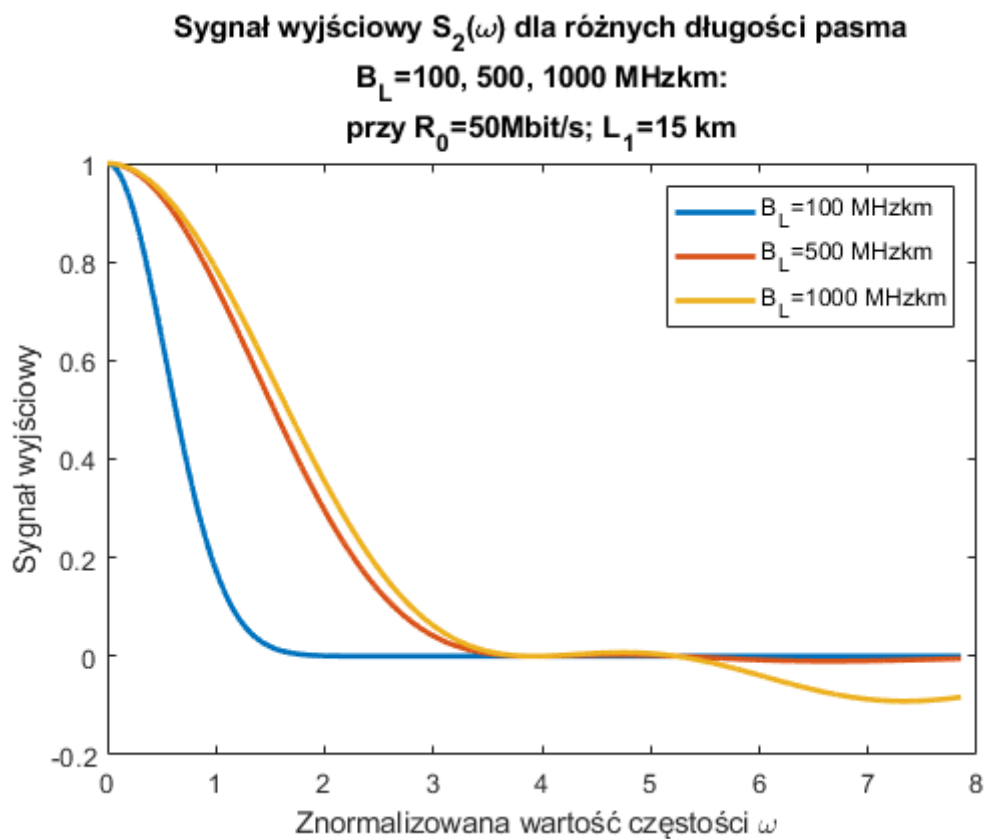
$L_1 = 10, 15, 20, 25$  Mbit/s:

przy  $R_0 = 50$  Mbit/s;  $B_L = 500$  MHzkm



Z wykresu wynika, że im dłuższe długość włókna tym bardziej odczuwalna jest ich tłumienność. Tłumienność jest co do zasady stała na całej odległości więc jest logiczne, że im dłużej propaguje światło w światłowodzie tym bardziej będzie odczuwalna strata na transmisji przez światłowód.

Wykres 6



Z wykresu wynika, że dla większej długości pasma mniej daje się we znaki tłumienie światłowodu między nadajnikiem, a odbiornikiem. Wynika to z faktu, że dla większej długości pasma

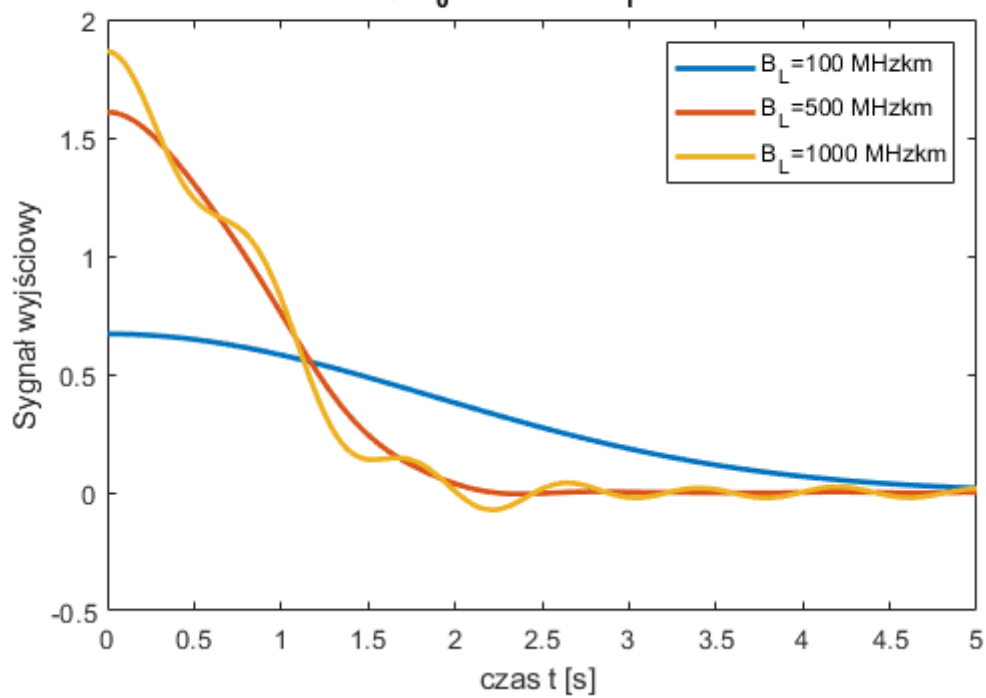


Wykres 7

Transformata odwrotna Fouriera  $s_2(t)$  dla różnych długości pasma

$B_L = 100, 500, 1000$  MHzkm:

przy  $R_0 = 50$  Mbit/s;  $L_1 = 15$  km



W dziedzinie czasu także obserwujemy, że dla większych wartości  $B_L$  mniej odczuwalne jest tłumienie w światłowodzie.