

SPRAWOZDANIE

PRZEDMIOT: ZOUL

NUMER PROJEKTU: ZOUL projekt 2-2

AUTOR: DAWID SUDOWSKI

NR ALBUMU: 283640

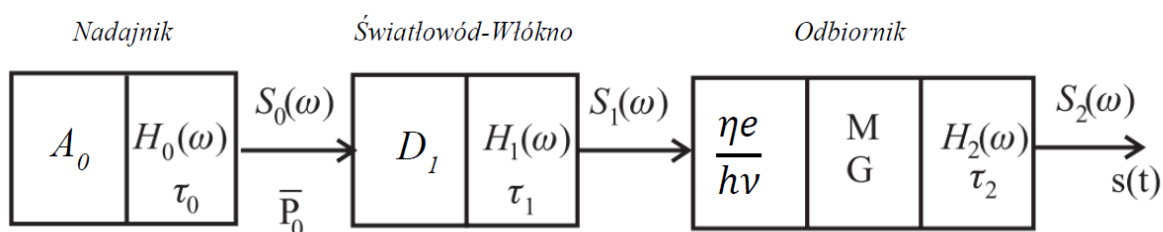
SEMETR: 22Z

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 ω . 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: $0 < L_1 < 3L_c$.

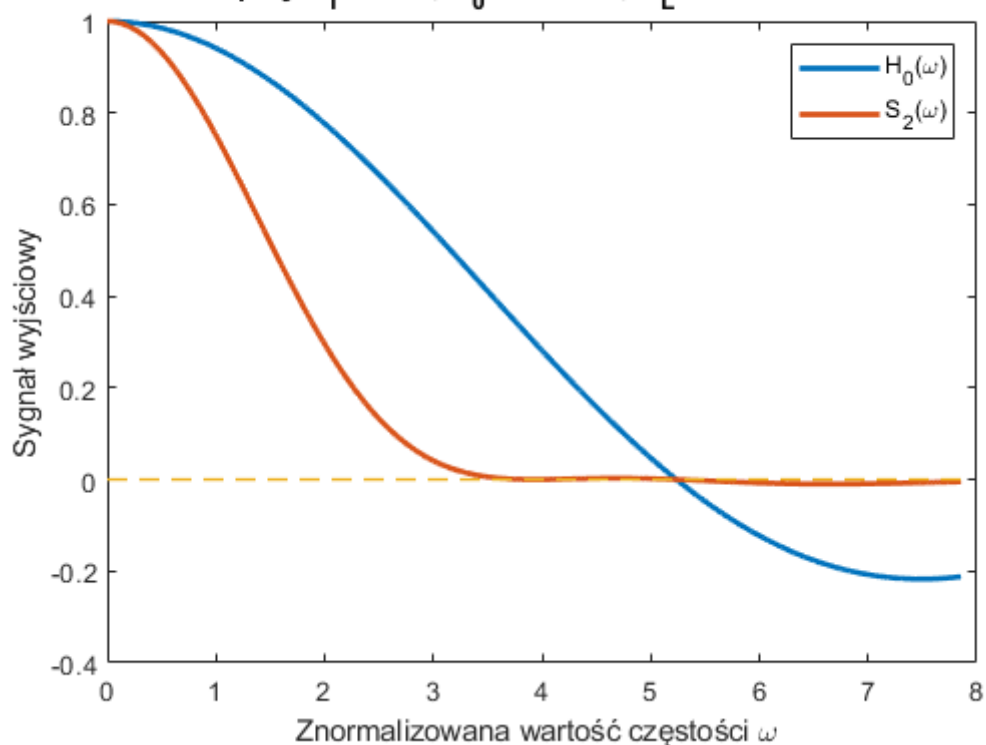
Optyczny odbiornik opisany jest funkcją transferu filtru dolno-przepustowego $H_2(\omega)$:

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

gdzie T_2 jest to parametr odbiornika.

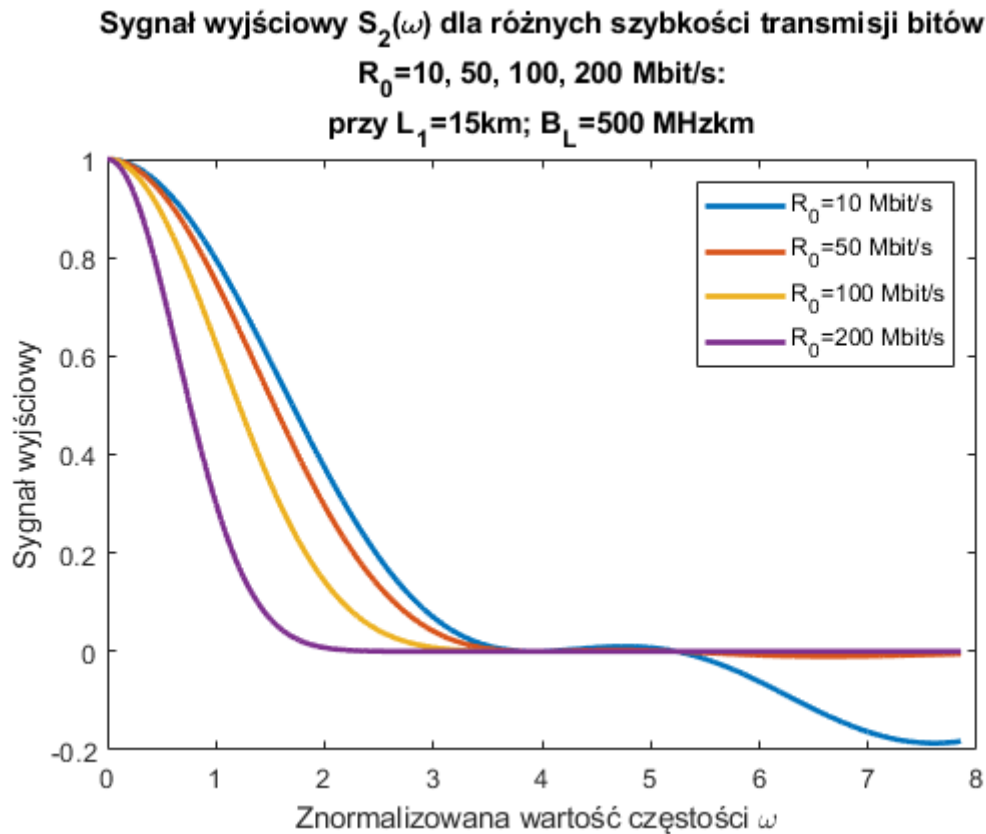
Wykres 1

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



Maksimum sygnału obserwuje się dla $\omega = 0$. Sygnał wyjściowy $S_2(\omega)$ jest sygnałem $H_0(\omega)$, który został przepuszczony przez filtr dolnoprzepustowy. Przez ten fakt, nie będzie to już impuls prostokątny oraz energia sygnału wyjściowego ($S_2(\omega)$) względem energii sygnału wejściowego ($H_0(\omega)$) będzie mniejsza, co oznacza, że $S_2(\omega)$ został stłumiony.

Wykres 2



Maksimum sygnałów wyjściowych $S_2(\omega)$ dla każdego R_0 występuje dla każdej z charakterystyk dla tej samej częstości znormalizowanej, czyli dla $\omega = 0$.

Czas trwania impulsu T jest związany z R_0 zależnością $T = 1/R_0$.

Z **Wykresu 2** można zaobserwować zwiększanie się zajmowanego pasma przez widmo sygnału optycznego na wyjściu odbiornika $S_2(\omega)$ wraz ze spadkiem szybkości transmisji bitów przez nadajnik R_0 . Im większe jest R_0 , tym mniejszy jest czas impulsu a światłowód posiada cechy filtra dolnoprzepustowego, co powoduje, że zmniejsza się pasmo przepustowe układu, a zwiększa pasmo zaporowe.

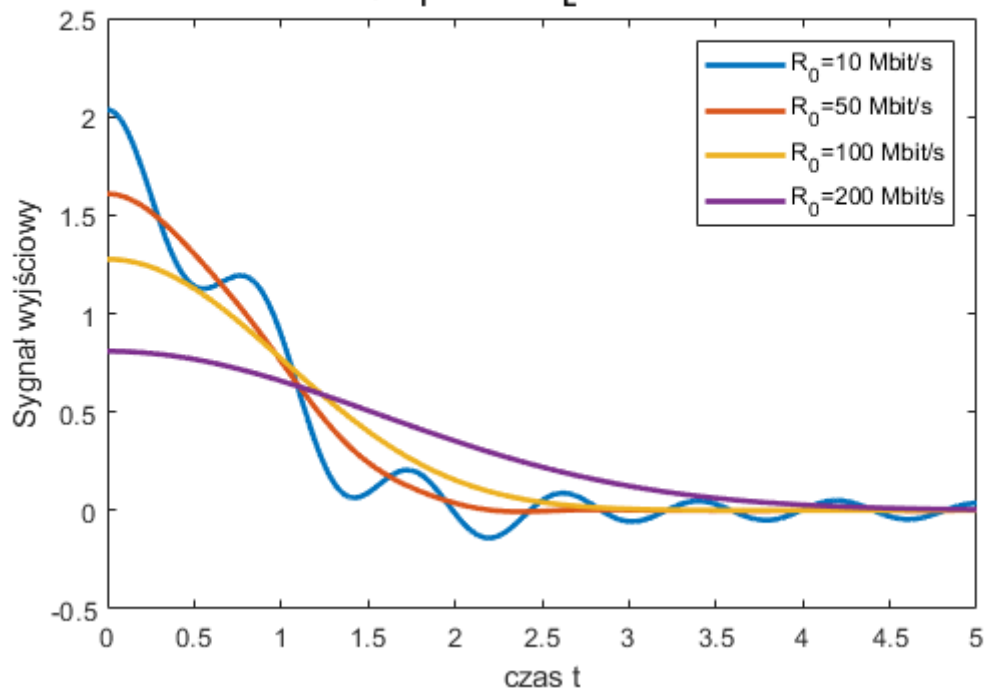
Z charakterystyk można wywnioskować, że częstotliwość graniczna badanego układu zmniejsza się wraz ze wzrostem wartości R_0 (szybkość transmisji bitów). Obserwuje się także osłabienie poziomu sygnału wyjściowego $S_2(\omega)$ w dziedzinie częstotliwości, czyli oznacza to stłumienie sygnału $s_2(t)$ w dziedzinie czasu.

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; $B_L = 500$ MHzkm



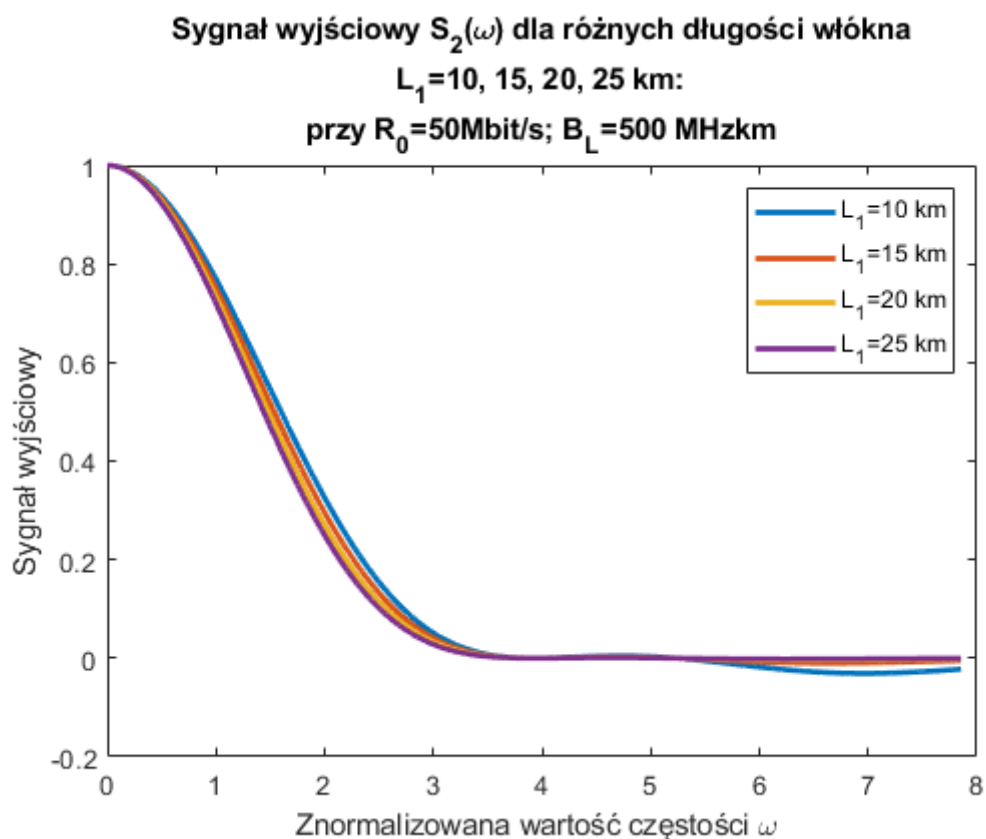
Maksimum każdego z obserwowanych sygnałów w dziedzinie czasu przypada dla tej samej chwili czasu $t = 0$ i wraz z jego upływem wartości sygnałów zanikają do wartości zerowej.

Z **Wykresu 3** obserwuje się zmniejszoną wartość maksymalną sygnału wyjściowego $s_2(t)$, która przypada dla chwili czasowej $t=0$ wraz ze wzrostem szybkości transmisji bitów nadajnika R_0 .

Kolejną obserwacją jest zauważenie, że wraz ze wzrostem szybkości transmisji bitów R_0 , łagodniej opada zbocze sygnału s_2 . Jest to związane z wpływem światłowodu, który ma charakter filtra dolnoprzepustowego, co dla sygnału prostokątnego, który posiada wiele składowych szybkozmiennych oznacza ich wytłumienie. Im większa jest wartość R_0 , tym wolniej zanika sygnał, to oznacza, że jest bardziej rozmyty.

Czas trwania impulsu T zależny od wartości R_0 i jest opisany zależnością $T = 1/R_0$. Im impuls trwa krócej, tym dla szerszego pasma częstotliwości występuje jego widmo. Przez fakt użycia światłowodu jako elementu łączącego nadajnik z odbiornikiem na propagację sygnału ma wpływ dyspersja chromatyczna. Dyspersja chromatyczna jest to zależność współczynnika załamania światła włókna światłowodowego od długości fali (częstotliwości), co oznacza zależność prędkości propagacji sygnału w światłowodzie od długości fali. Składowe sygnału prostokątnego propagują z różnymi prędkościami, co z punktu widzenia transmisji oznacza, że sygnał wyjściowy jest dłuższy niż na wejściu oraz ma niższą moc maksymalną w porównaniu do mocy generowanej przez nadajnik.

Wykres 4



Maksimum obserwowanych charakterystyk przypada dla wartości $\omega=0$.

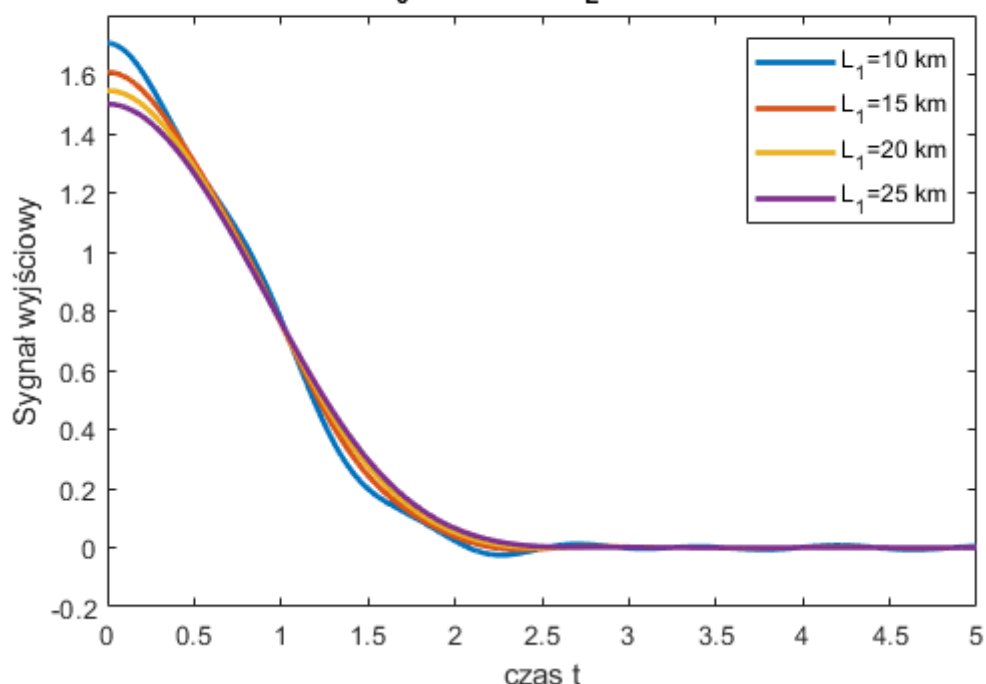
Wraz ze wzrostem długości włókna L_1 wzrasta tłumienie w paśmie zaporowym światłowodu jako filtra dolnoprzepustowego. Im wyższa częstotliwość sygnału tym silniej wraz ze wzrostem długości włókna L_1 będzie ona tłumiona. Oznacza to spadek częstotliwości granicznej wraz ze wzrostem L_1 .

Wykres 5

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

$L_1 = 10, 15, 20, 25$ km:

przy $R_0 = 50 \text{ Mbit/s}$; $B_L = 500 \text{ MHzkm}$

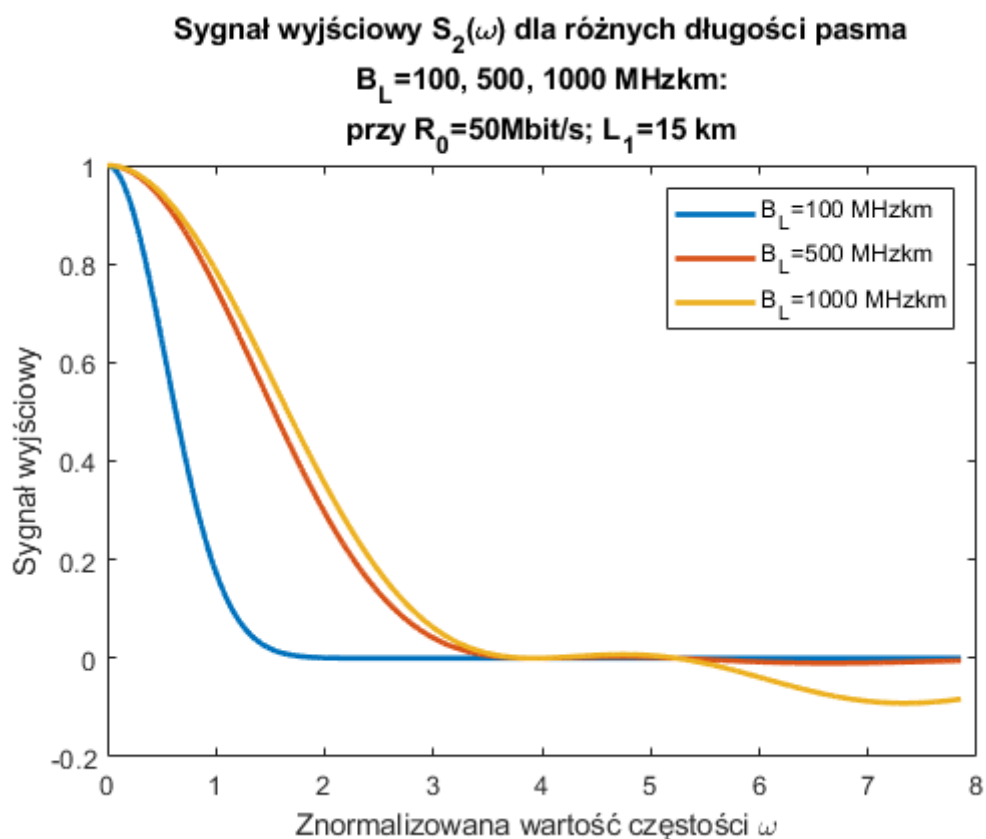


Obserwowane sygnały z Wykresu 5 przyjmują wartość maksymalną dla czasu $t=0$, a wraz z upływem czasu zanikają do zera.

Obserwuje się także silniejsze tłumienie maksymalnej wartości sygnału wyjściowego s_2 , wraz ze wzrostem długości włókna L_2 . Oznacza to spadek mocy sygnału wraz ze wzrostem L_1 .

Za obserwowane zjawiska wraz ze wzrostem długości L_1 odpowiada dyspersja oraz inne efekty (m.in. szumy termiczne, rozpraszanie na zaburzeniach struktury materiału) opisane przez parametr tłumienności światłowodu. Parametr tłumienności zwyczajowo do ręcznych obliczeń przyjmuje się jako 0,3 dB/km.

Wykres 6



Maksimum obserwowanych widm występuje dla wartości znormalizowanej $\omega = 0$.

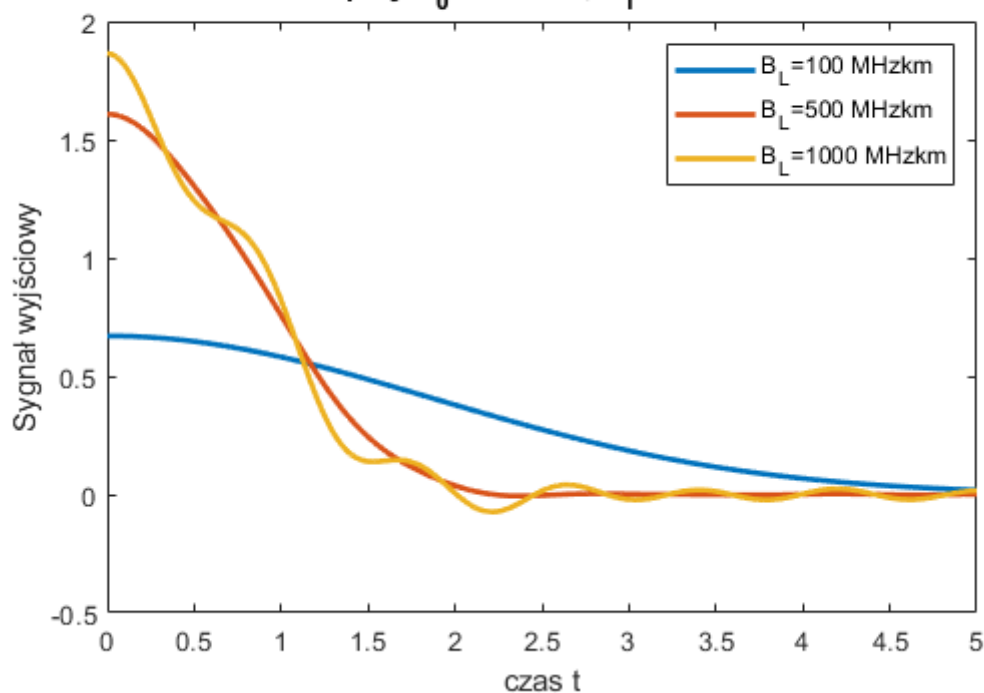
Szerokość pasma włókna jest proporcjonalna do długości pasma B_L . Obserwuje się zależność silniejszego tłumienia sygnałów wraz ze skracaniem się długości pasma B_L . Skracanie pasma B_L powoduje zwiększanie się pasma zaporowego układu i zmniejszanie się pasma przepustowego układu. To znaczy, że częstotliwość graniczna układu maleje wraz ze spadkiem B_L .

Wykres 7

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

$B_L = 100, 500, 1000 \text{ MHzkm}$:

przy $R_0 = 50 \text{ Mbit/s}$; $L_1 = 15 \text{ km}$



Obserwowane sygnały w dziedzinie czasu przyjmują wartość maksymalną dla chwili czasowej $t = 0$. Wraz z upływem czasu ich wartości spadają do zera.

Na podstawie wykresów można zaobserwować zależność silniejszego tłumienia maksymalnej wartości sygnału wyjściowego $s_2(t)$ wraz ze spadkiem długości szerokości pasma B_L . To znaczy, że im mniejsza jest wartość długości pasma B_L , tym mniejszą moc maksymalną ma sygnał $s_2(t)$.

Zmniejszanie się wartości B_L zwiększa długość zbocza, co oznacza, że im mniejsze jest B_L , tym silniej rozmyty jest sygnał na wyjściu badanego układu.