

LABORATORIUM - OPTOELEKTRONIKA
Tłumienie włókna w transmisji światłowodowej

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się studenta z wpływem tłumienia na odległość transmisji światłowodowej (wpływ dyspersji zbadamy w kolejnym ćwiczeniu). Na podstawie tzw. równania budżetu mocy policzona zostanie teoretyczna odległość przesyłu.

Obliczenia zostaną zweryfikowane symulacyjnie.

2. Teoria

Tzw. równanie budżetu mocy (nazywane też bilansem mocy) mówi, że budżet mocy w systemie przesyłowym musi być równy sumie wszystkich strat mocy zwiększonej o margines bezpieczeństwa (margines bezpieczeństwa uwzględnia przede wszystkim starzenie się elementów optycznych (zwłaszcza nadawczo-odbiorczych), wpływ temperatur oraz straty mocy na zgięciach światłowodów) – jedna strona równania bilansu. Sam budżet mocy – druga strona bilansu - to różnica między mocą wyjściową nadajnika a czułością odbiornika, wyrażona w dBm. Równanie to wygląda więc następująco:

$$P_T - S_R = A \cdot L_F + L_C + L_A + M,$$

gdzie:

- P_T = moc nadajnika [dBm],
- S_R = czułość odbiornika (fotodetektora) [dBm],
- A = tłumienie włókna światłowodowego [dB/km],
- L_F = długość włókna światłowodowego [km],
- L_C = straty na złączu (złączach) i spawach [dB],
- L_A = inne znane straty transmisji [dB],
- M = margines bezpieczeństwa [dB].

Jak widać, równanie jest dość proste i intuicyjnie zrozumiałe. Podkreślam, że równanie budżetu mocy może wyglądać różnie (niestety brak jest standardu), ale idea jest zawsze podobna. Na pewno, o ile się je stosuje, do równania dojść może wzmocnienie wprowadzane przez wzmacniacze optyczne (w dzisiejszym przykładzie analizujemy transmisję bez wzmocnienia), a z kolei L_A i M czasem stanowią jeden czynnik, aczkolwiek osobiście wolę wersję z rozdzieleniem tych czynników, ponieważ margines bezpieczeństwa lepiej jest traktować jako czynnik „w razie czego”, a L_A odpowiada konkretnym stratom transmisji, są one nietypowe, ale mimo wszystko znane.

W ćwiczeniu założymy, że znane są wszystkie parametry równania budżetu mocy z wyjątkiem długości włókna, którą będzie trzeba obliczyć. Czułość odbiornika zdefiniujemy się jako minimalną moc wymaganą do tego, by BER była równa 10^{-9} , co odpowiada współczynnikowi Q równemu 6. Tłumienie włókna światłowodu w ogólności zależy od długości fali (w zastosowaniach telekomunikacyjnych używa się długości fali w przedziale 1530–1565 nm – mówimy wówczas o transmisji w III oknie - używa się też II okna transmisyjnego, tj. fali o długości ok. 1310 nm).

3. Obliczenia

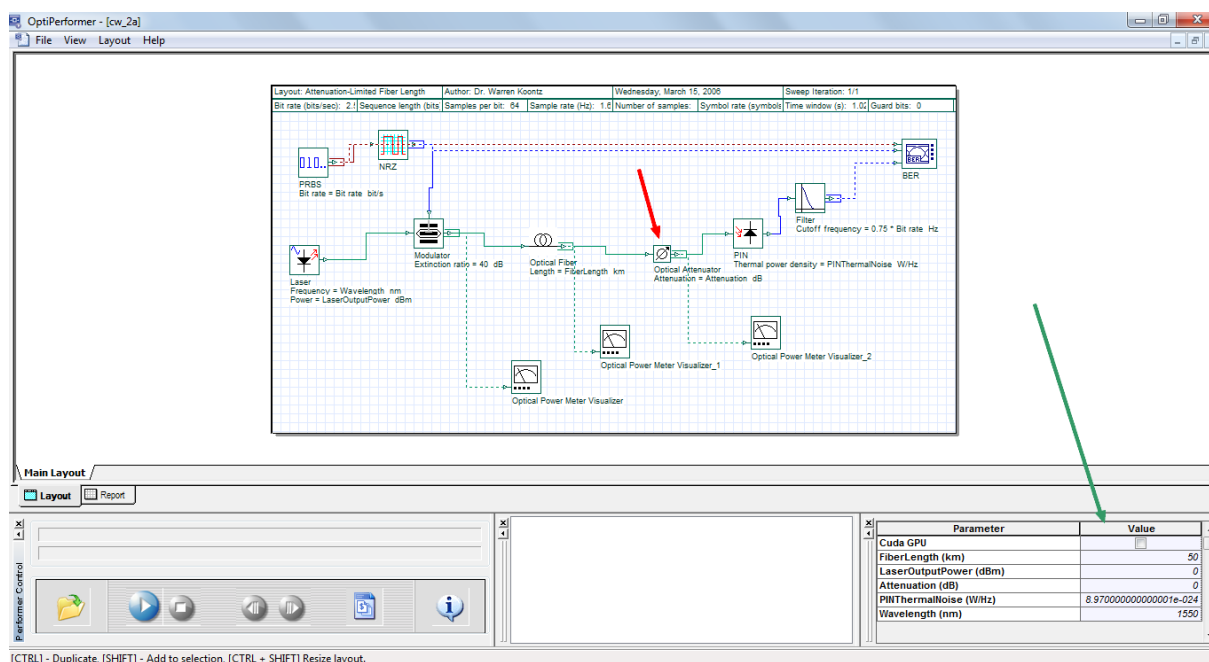
Wykorzystując równanie budżetu mocy oraz parametry dane niżej, należy wyznaczyć długość włókna:

- $P_T = 0$ [dBm],
- $S_R = -30$ [dBm],
- $A = 0,19BC$ [dB/km] (np. dla Zdzisława Kręciny $A = 0,1978$ dB/km),
- Liczba złącz = 2.
- L_{Cn} (strata na każde złącze) = 0,5 [dB],
- $L_A = 0$ [dB],
- $M = 6$ [dB],
- Długość fali – 15CB nm,

gdzie **C** – liczba liter w imieniu wykonującej/wykonującego ćwiczenie i **B** - liczba liter w nazwisku wykonującej/wykonującego ćwiczenie, przy czym, jeżeli imię/nazwisko jest długie i liczba jest dwucyfrowa, to należy zsumować obie cyfry (niektórzy z długością fali wyjadą poza okno transmisyjne, ale na symulację wpływu to nie ma).

4. Ćwiczenie

Należy otworzyć Optiperformer, a następnie plik cw_2a.osp, po otwarciu prezentujący się jak niżej:



Widoczny układ jest bardzo podobny do analizowanego w ramach poprzedniego ćwiczenia – jest to nadal podstawowy system światłowodowy składający się z nadajnika, światłowodu i odbiornika, przy czym dodatkiem jest tu tłumik (krótsza strzałka), którego zadaniem będzie zasymulowanie strat na złączu.

System, tak jak poprzednio, w celu możliwości wykonania badań, uzupełniony jest o wirtualne urządzenia pomiarowe, czyli analizator bitowej stopy błędów oraz mierniki mocy optycznej.

W prawym dolnym rogu układu (dłuższa strzałka) widoczne są parametry układu, które możemy zmienić. Należy zmienić parametry *Fiber Length* (zgodnie z obliczeniami), *Wavelength* (15CB nm) i *Attenuation* (L_c).

Po zmianach można przejść do symulacji układu, przy czym wszystkie czynności są co do zasady analogiczne jak w poprzednim ćwiczeniu. A zatem po kolei:

- **Start Calculation**,
- Dwuklik na każdy z mierników mocy optycznej oraz analizator BER (z zaznaczeniem opcji **Show Eye Diagram** - podobnie jak poprzednio wracam uwagę, że analizator BER, po prawo od wykresu (w oknie **Analysis**) zawiera wartości wszystkich parametrów transmisji.

Zrealizowana symulacja tym razem nie jest iterowana – symulujemy po prostu jedną długość transmisji.

Symulację należy wykonać 5 razy (co sprowadza się do 5-krotnego kliknięcia w **Start Calculation**), za każdym razem zapisując moc w trzech punktach transmisji, współczynnik Q i bitową stopę błędu (BER), w ten sposób wypełniamy Tabelę 1.

Następnie należy powtórzyć działanie z poprzedniego akapitu po zwiększeniu długości włókna światłowodowego o 25%, w ten sposób wypełniamy Tabelę 2.

Kolejnym krokiem jest zmiana przepływności. Tabele 3 i 4 należy wypełnić wykorzystując drugi plik symulacji (cw_2b.osp), który zawiera dokładnie takim sam układ, ale z inną przepływnością (nie mylić z przepustowością!) łącza (10 Gb/s zamiast 2,5 Gb/s). Oczywiście parametry symulacji (*Fiber Length*, *Wavelength* i *Attenuation*) należy ustawić na takie same jak wcześniej.

UWAGA – w trakcie wypełniania tabel 1-4 należy zwracać szczególną uwagę na wygląd wykresów oczkowych, obserwowane zmiany należy odpowiednio skomentować we wnioskach zamieszczonych w protokole.

5. Opracowanie wyników

W celu zaliczenia ćwiczenia, należy oddać prowadzącemu protokół zawierający:

- obliczenia,
- tabele z uśrednionymi wynikami: wartościami mocy w trzech punktach pomiaru oraz Q i BER dla obu długości transmisji i obu przepływności,
- **obserwacje i wnioski.**