

PRINCIPLES OF TRANSMISSION OPTICAL BEAM THROUGH THE OPTICAL FIBER

Jan Lásko

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT
E-mail: xlasko00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jan Šporik

E-mail: xspori01@stud.feec.vutbr.cz

ABSTRACT

This paper describes the problems of dispersion in optical fibers. It focuses on the mode dispersion in multimode lightguides. It presents two programs. The first one can visualize the spread of pulses in the time due to mode dispersion. The second one shows inter-symbol interference for two common modulation NRZ (Non Return to Zero) and RZ (Return to Zero).

1. ÚVOD

Jednou z nejrychleji rozvíjejících částí telekomunikačních přenosových systémů jsou přenosová média, po kterých jsou přenášeny datové informace. Jedna z možností přenosu datové informace je po optickém vlákně. Jako každé přenosové medium má i optické vlákno své specifické vlastnosti. Tyto vlastnosti ovlivňují procházející paprsek a například ho zkreslí nebo rozšíří. Nejvíce je optický paprsek ovlivněn útlumem a disperzemi, které budou popsány v kapitole 2.

2. DISPERZE

Disperzní ztráty nezpůsobují ztrátu energie, ale energii rozprostírají v čase. Uvažujeme impuls vstupující do vlákna, tento impuls je rozšiřován v závislosti na druhu vlákna. Disperze dělíme na:

- Materiálové – je tvořena vlastnostmi použitého materiálu. Lze velmi těžko ovlivnit.
- Vidová – vzniká šířením v mnohamódovém vlákně vlivem rozdílných rychlostí šíření jednotlivých módů. Disperze se projeví snížením amplitudy signálu a rozšířením v čase, ale nedojde ke ztrátě energie.
- Chromatická – je způsobena rozdílným lomem spektrálních složek. Chromatickou disperzí se zabývají systémy s vyššími pracovními vlnovými délkami <1300 μm při buzení jednomódových vláken.

$$D(\lambda) = \left(\frac{S_0}{4}\right) \cdot \left(\lambda - \frac{\lambda_0^3}{\lambda^3}\right), \quad (\text{ps} \cdot \text{nm}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}) \quad (1)$$

2.1. PROGRAM DiSiGi

Program slouží k vizualizaci vidové disperze u vláken SI (Step Indexových) a GI (Gradientních). Je naprogramován v programu MATLAB s využitím GUI (Graphical User Interface). V programu lze nastavit šířku vstupního impulzu, energii pulzu a parametry vlákna (jako jsou index lomu jádra a pláště). Následnou změnou délky vlákna je z grafů patrné rozšiřování impulzu a nepatrný posun v čase. Vypočtené hodnoty, jako je posun v čase nebo rozšíření impulzu pro vlákna SI a GI, lze odečíst z levého panelu. Na grafickém rozhraní je zobrazen vstupní datový (elektrický) impulz, impulz převedený z elektrického na světelný (aproximace rozložením Gaussovy křivky) a výstupní impulzy pro SI a GI vlákna. Pro výpočet rozšíření je užito vzorců (2) a (3), pro časový posun vzniklý ve vláknech je užito rovnic (4) a (5).

Rozdíl časů příchodu

$$\Delta t_{SI} = \frac{L \cdot NA^2}{2 \cdot n_1 \cdot c}, \quad (s) \quad (2)$$

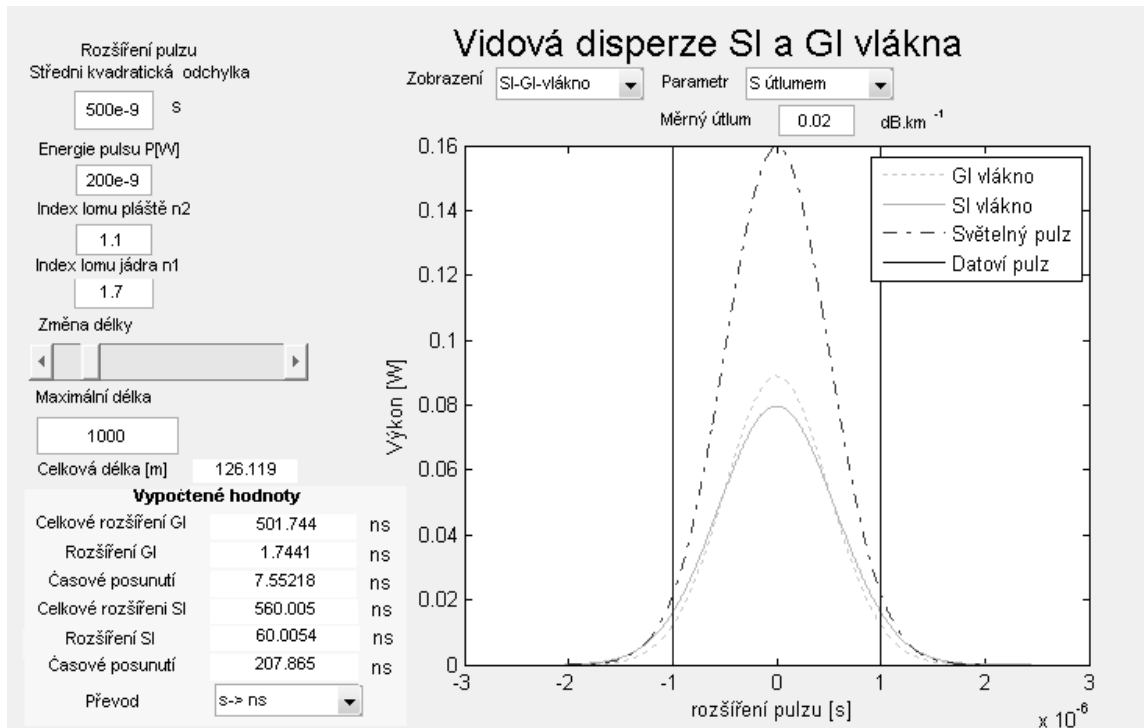
$$\Delta t_{GI} = \frac{L \cdot NA^4}{32 \cdot n_1^3 \cdot c}, \quad (s) \quad (3)$$

Rozšíření pulsů σ vlivem vidové disperze

$$\sigma_{SI} \cong \frac{L n_1 \Delta}{4\sqrt{3}c} \cong \frac{L \cdot NA^2}{4\sqrt{3}n_1 c}, \quad (s) \quad (4)$$

$$\sigma_{GI} \cong \frac{L \cdot n_1 \cdot \Delta^2}{20\sqrt{3} \cdot c} \cong \frac{L \cdot NA^4}{5120\sqrt{3}n_1^3 c}, \quad (s) \quad (5)$$

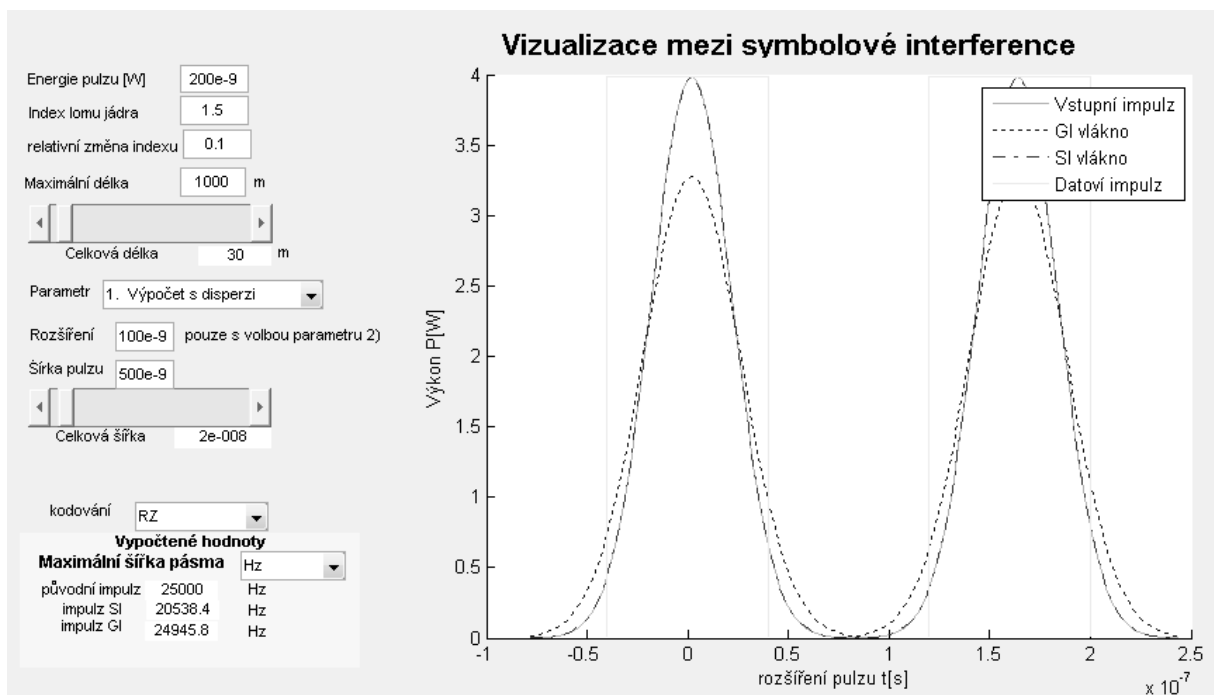
L -délka vlákna, n_1 -index lomu, NA -numerická apertura, c -rychlost světla



Obrázek 1. Vizualizační program DiSiGi pro simulaci vidové disperze

2.2. PROGRAM DIBIT

Program je obdobou DiSiGi, slouží k vizualizaci výstupních impulzů a výpočtu maximální přenosové rychlosti pro linkové kódy NRZ a RZ, vstupní impulzy jsou pouze pro názornější zobrazení. Nastavením energie pulzu, indexu jádra, maximální délky světlovodu a šířky impulzu spustíme vlastní vizualizaci. Dále je možné vybrat možnost volby vlastního rozšíření pulzu. Změnou rozšíření impulzu dochází na konci vlákna k rozšíření impulzu, pokud toto rozšíření překročí jistou mez, dojde k znehodnocení přenášené informace. Lze si povšimnout, že při rozšiřování impulzu dochází k rychlému poklesu šířky pásma a tedy klesá množství přenesené informace. Z grafického rozhraní si lze povšimnout ovlivnění jednoho impulzu druhým. Z textového výstupu lze určit maximální šířku přenosového pásma.



Obrázek 2 Program DIBIT sloužící k výpočtu maximální použitelné šířky pásma

3. ZÁVĚR

V programu DiSiGi lze provádět teoretické výpočty a vizualizace probíhající ve vláknech SI a GI, a názorně zobrazit děje uvnitř vlákna, vypočítat časové posunutí a rozšíření pulzu. Program DIBIT slouží k názorné ukázce mezisymbolové interference a výpočtu šířky pásma. Programy budou součástí skupiny programů sloužících pro vizualizaci dějů v optickém vláknu.

LITERATURA

- [1] Doc. Ing. Filka, Milosav, CSc. 2009. *Optoelektronika pro telekomunikace a informatiku*. Brno : Centa, 2009. 978-80-86785-14-1.