

12. ročník, úloha VI. S ... optická vlákna (6 bodů; průměr ?; řešilo 29 studentů)

- a) Jak velká je vstupní numerická apertura u vlákna se skokovou změnou indexu lomu s indexem lomu $n = 1,452$ a relativní změnou indexu lomu $\Delta = 0,01$.
- b) Jak dlouhý signál dostaneme na výstupu z optického vlákna s parametry z části a) o délce 100 km, jestliže dáme na vstup signál dlouhý $1 \mu\text{s}$? K výpočtům použijte nastíněného geometrického modelu.
- c) Jakou maximální přenosovou kapacitu (v bytech/s) můžeme na tomto vlákne provozovat? Předpokládejte, že přenesení jednoho bitu znamená přenést jeden impuls.

- a) Numerickou aperturu spočítáme podle vztahu uvedeného v seriálu $NA = n\sqrt{2\Delta} = 0,205$.
- b) Nejprve uvažujme, jak se ve vláknu rozšíří velmi úzký světelný puls. Pro rychlost šíření paprsku je důležitá rychlost ve směru podélné osy vlákna. Nejrychleji se pak šíří paprsky rovnoběžné s osou vlákna a to rychlostí $v_{\max} = c/n$. Nejpomalejší paprsky, které se ještě vlákem šíří jsou paprsky, které se odráží pod kritickým úhlem a jejich podélná rychlost je zmenšená o sinus kritického úhlu a je tedy $v_{\min} = c \sin \vartheta_C / n$.

Víme, že numerická apertura souvisí s kritickým úhlem vztahem $NA = \sin \vartheta_a = n \sin(\pi - \vartheta_C)$ a můžeme vyjádřit

$$\sin \vartheta_C = \sqrt{1 - \left(\frac{NA}{n}\right)^2}.$$

Časový rozdíl mezi nejrychlejším a nejpomalejším paprskem spočteme jako rozdíl jejich časů (nesmíme udělat začátečnickou chybu a odečítat rychlosti!)

$$\Delta t = \frac{L}{v_{\min}} - \frac{L}{v_{\max}} = \frac{Ln}{c \sin \vartheta_C} - \frac{Ln}{c} = \frac{Ln}{c} \left[\left(\sqrt{1 - \left(\frac{NA}{n}\right)^2} \right)^{-1} - 1 \right] \doteq \frac{Ln\Delta}{c}.$$

Pro naše konkrétní hodnoty dostáváme $4,9 \mu\text{s}$. Puls, který trvá konečnou dobu, bude po průchodu vlákem delší o hodnotu Δt . (Zamyslete se nad tím, proč není rozšíření dvojnásobné délky!) Puls původně dlouhý $1 \mu\text{s}$ se v tomto vlákne prodlouží na $5,9 \mu\text{s}$

- c) Pulsy dlouhé $1 \mu\text{s}$ odpovídají frekvenci 1 MHz a není obtížné vyrobit pulsy mnohem kratší a pak bude maximální přenosová kapacita determinovaná jen rozšiřováním pulsu ve vlákne. Abychom rozeznali jednotlivé bity, musíme dosáhnout toho, aby se jednotlivé pulsy při výstupu z vlákna nepřekrývaly, tj. můžeme je vysílat maximálně s frekvencí $1/\Delta t$. Počet bytů [bajtů] (1 byte = 1 B = 8 b = 8 bitů [bitů]) přenesených za sekundu pak je $1/8\Delta t = 25,5 \text{ kB/s}$.

Jan Hradil