

Když se přeruší optický kabel, aneb jak fungují optická vlákna?

T. Loukotka^{1,*}, A. Drmota², J. Vojta³

¹ Křesťanské gymnázium, Kozinova 1, 102 00 Praha 15

² Střední průmyslová škola strojní a elektrotechnická,
Dukelská 260/13, 370 01 České Budějovice

³ Gymnázium Brno, třída Kapitána Jaroše 1829/14, 658 70 Brno

* tomas.loukotka@post.cz

21. června 2022

Abstrakt

V tomto miniprojektu jsme se zabývali optickými vlákny. Metodou optické reflektometrie v časové doméně (OTDR) jsme porovnávali různé typy vláken a způsoby spojů. Námi měřená vlákna se od sebe lišila materiálem a průměrem jádra.

1 Úvod

Cílem projektu bylo seznámit se s optickými vlákny a metodou měření OTDR, která se používá v telekomunikacích k diagnostice optických přenosových tras.

Optické vlákno je křehká ohebná dielektrická struktura pro šíření světla, fungující na principu totálního odrazu záření. Skládá se nejčastěji ze skleněného jádra a pláště a primární ochranné vrstvy. Dělíme je na jedno-módová (SM) a mnoha-módová (MM) vlákna. V dnešní době se s nimi často setkáváme v telekomunikacích díky jejich nízkému útlumu na dlouhé vzdálenosti a vysoké rychlosti přenosu [1, 2].

Při provozu na velkých vzdálenostech je také potřeba mít efektivní nástroje pro jejich diagnostiku, k čemuž se mimo jiné využívá i metoda OTDR. Tato metoda zaznamenává

zpětný odraz vln od defektů vlákna. Výhodami této metody jsou: potřeba přístupu jen z jednoho konce vlákna, nedochází k jeho destrukci, metoda je rychlá a odolná vůči el.mag. šumu. Největšími nevýhodami jsou pořizovací náklady na měřicí přístroj a útlum na velkých vzdálenostech. Tato metoda se používá k měření fyzikálních veličin jako index lomu, útlum, teplota, tlak, tah, numerická apertura, disperze, homogenita [3].

2 Postup měření

Před samotným měřením jsme museli připravit vlákna na připojení k přístroji přes konektory typu FC/APC (šikmé seříznutí zakončení). Tento konektor s ktátkým vláknem jsme následujícím postupem připevnili na měřené vlákno. Po odstranění polymeru na koncích vláken, vyčištění isopropylalkoholem a jejich kolmém zalomení lámačkou jsme je svařili na svářečce pro optická vlákna. Následně jsme celek napojili na reflektometr od firmy Exfo. Měření jsme prováděli pro různá vlákna, parametry vysílaných pulsů a způsoby spojení více vláken (svárem, FC/PC konektory (přímé seříznutí zakončení), FC/APC konektory a rychlokonektory (BFA)). První z měněných parametrů byla vlnová délka a to s hodnotami 1310 nm a 1550 nm, což jsou vlnové délky 2. a 3. telekomunikačního okna. Také jsme upravovali délku pulsu (5 ns – 500 ns), která ovlivňuje přenos měření.

3 Výsledky a diskuze

Nejprve jsme měřili závislost naměřené délky jedno-módového vlákna na zvolené délce impulsu. Výsledky jsou zaznamenané v Tab. 1. Odchylku jsme vypočítali ze vzorce:

$$y = \frac{c}{n} \cdot t,$$

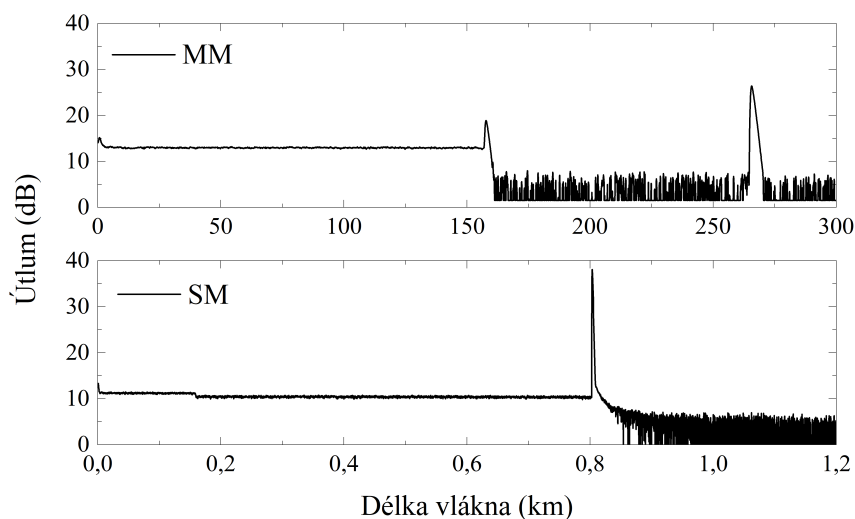
kde c je rychlost světla ve vakuu, $n = 1,47$ index lomu jádra vlákna a t délka impulsu.

Impuls (ns)	5	10	30	50	100	275	500
Délka vlákna (m)	649	650	648	650	640	630	600
Odchylka (m)	1	2	6	10	20	60	100

Tab. 1: Závislost naměřené délky vlákna a odchylky v závislosti na délce impulsu.

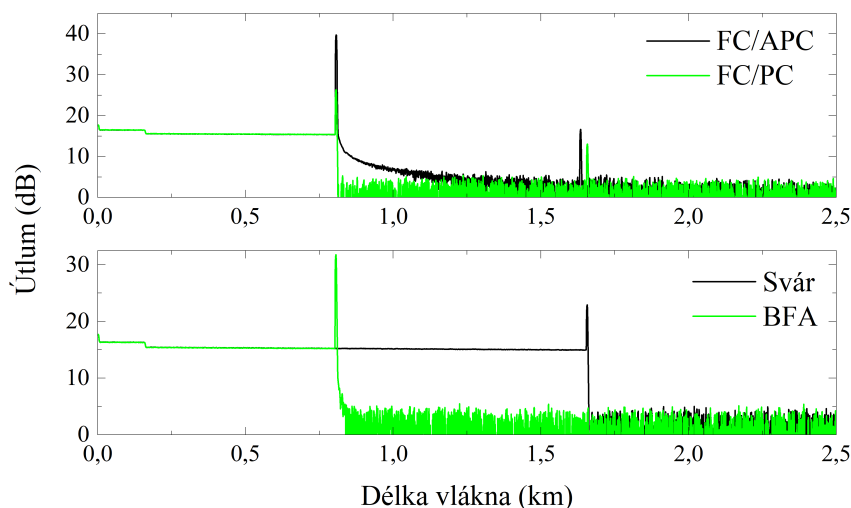
Porovnání pro odražený signál o vlnové délce 1550 nm v MM a SM vlákně je na Obr. 1. Pro větší přesnost měření jsme použili předřadné vlákno o délce ~ 150 m zobrazené

ve všech grafech. Signál v MM vlákne je silně utlumený a proto se na delší vzdálenosti v telekomunikacích využívá SM vlákno.



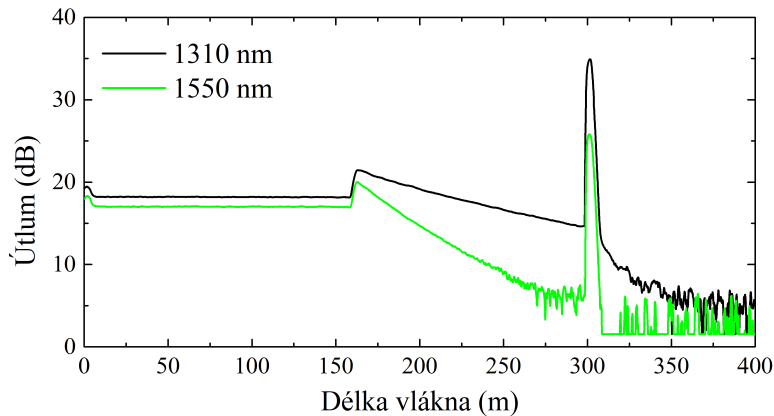
Obr. 1: Porovnání intenzity zpětně odraženého signálu v SM a MM vlákne.

V grafech na Obr. 2 je porovnání různých spojů dvou SM vláken. U spojení pomocí konektorů FC/PC a FC/APC je druhé vlákno silně utlumené, přesto dojde k odrazu na konci vlákna, což nám umožní změřit jeho délku. V případě BFA konektorů, z důvodu vzdušné mezery ve spoji, není možné zaznamenat zpětný odraz. Nejlepším spojem je tedy svár, na kterém dochází k minimálnímu útlumu.



Obr. 2: Graf vlivu různých spojů na zpětný odraz.

Na Obr. 3 je patrný vliv absorpce záření o různých vlnových délkách v holmiem dopovaném optickém vlákne, které se využívá např. pro vláknové lasery a zesilovače.



Obr. 3: Vliv absorpce na různých vlnových délkách pro holmiem dopované vlákno.

4 Závěr

Zjistili jsme že MM vlákna nejsou vhodná pro přenosy signálu na dlouhé vzdálenosti. Nejméně ztrátovým spojením je svár, naopak nejvíce signálu ztratí spojka BFA. Vlákna dopovaná určitými prvky tlumí konkrétní vlnové délky. S rostoucí délkou impulsu se zvyšuje odchylka naměřené délky vlákna.

Poděkování

Děkujeme moc organizátorům TV@J za zážitkový týden, ÚFE AV ČR za umožnění práce v laboratoři a vedoucí našeho miniprojektu Báře Jiříčkové.

Reference

- [1] R. Paschotta, *Encyclopedia of Laser Physics and Technology*, Wiley-VCH, 2008, ISBN 978-3-527-40828-3.
- [2] Peterka, P. a kol.: *Vláknové lasery*, Academia, 2nd ed., 2014
- [3] OTDR - Optical Time Domain Reflectometer — Fluke Networks® [online, cit. 21.06.2022]. Dostupné z: <https://www.flukenetworks.com/expertise/learn-about/otdr>