

Stanovení délky a útlumu optického vlákna metodou optické reflektometrie

M. Heller
British International School,
Prague
heller.mart@gmail.com

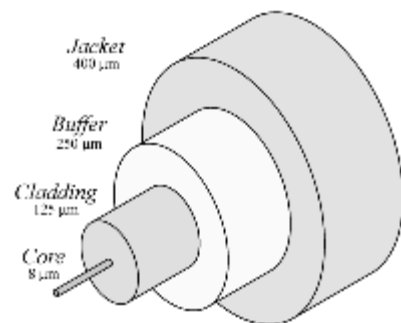
V.Míč
Gymnázium Křenová 36
Brno
v.mic@centrum.cz

Abstrakt:

Práce představuje použití metody optické reflektometrie pro měření délky optického vlákna. Měření je realizováno pomocí přístroje OTDR (optical time domain reflectometer), který do vlákna vysílá světelný puls a zaznamená jeho odraz od konce vlákna. Prodleva mezi vyslaným a odraženým signálem je změřena za použití osciloskopu. Z této prodlevy lze při známém indexu lomu jádra optického vlákna vypočítat délku vlákna. Porovnáním s fyzickým měřením délky vlákna byla ověřena přesnost této metody ± 1 m udávaná výrobcem OTDR.

1 Úvod

Optické vlákno je vlnovod, ve kterém se šíří elektromagnetické vlny (světlo nebo infračervené záření), s využitím principu úplného odrazu na rozhraní dvou prostředí s rozdílným indexem lomu. Světlo je vedeno jádrem o průměru v řádu μm , které je obklopené pláštěm s nižším indexem lomu. Jádro a plášť jsou chráněny proti mechanickému poškození primární a sekundární ochranou. Příklad struktury optického vlákna je ukázán na obr. 1.



Obr. 1. Průřez optickým vláknem

Optická vlákna mají široké uplatnění jako senzory nebo světlovody, ale především se pro své výhody (rychlost přenosu, odolnost proti rušení a cena) stále častěji používají pro přenos informací. Při provozu však může dojít k přerušení vlákna, a protože kabely jsou často v nepřístupných místech (pod mořem, v zemi), je nutné přesně určit místo poškození bez přímého přístupu k vedení. V této práci je ověřována přesnost metody optické reflektometrie při měření délky souvislé části optického vlákna.

Dalším důležitým faktorem je útlum optického vlákna (zeslabení signálu). Práce se rovněž zabývá možnostmi jeho určení výše uvedenou metodou.

2 Stanovení délky vlákna

Teorie

Pro stanovení délky vlákna využívá tato metoda odraz světla na rozhraní dvou prostředí s různými indexy lomu, které vznikne v místě přerušení. Pokud je do vlákna vyslán světelný puls, jeho malá část (asi 10% na rozhraní vlákno-vzduch) se od konce vlákna odrazí a putuje zpět do přístroje OTDR (optical time domain reflectometer), kde je zaznamenána. Na základě časové prodlevy mezi vyslaným a odraženým signálem lze určit dráhu, kterou muselo světlo urazit

$$s = v * \Delta t \quad (1)$$

(v ... rychlost šíření signálu v optickém vlákně, Δt ... prodleva mezi pulsy)

Protože $v = c / n$

(c ... rychlost světla ve vakuu, n ... index lomu jádra optického vlákna)

a $s = 2d$

(d ... délka vlákna)

Lze do rovnice (1) dosadit a upravit ji na tvar:

$$d = (c * \Delta t) / (2n) \quad (2)$$

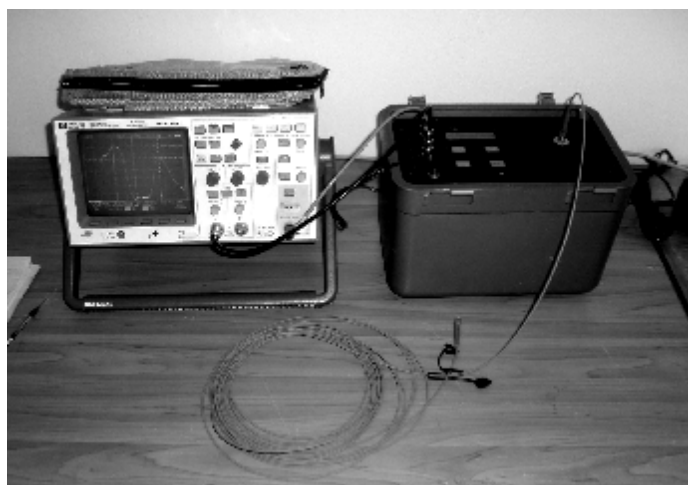
Pro určení délky optického vlákna (jeho souvislé části) je tedy nutné znát index lomu jádra optického vlákna n a časovou prodlevu Δt .

Metoda měření

Přesnost této metody byla ověřována určením délky optického vlákna pomocí vztahu (2) a srovnáním takto získané hodnoty s hodnotou získanou řádově přesnějším fyzickým měřením.

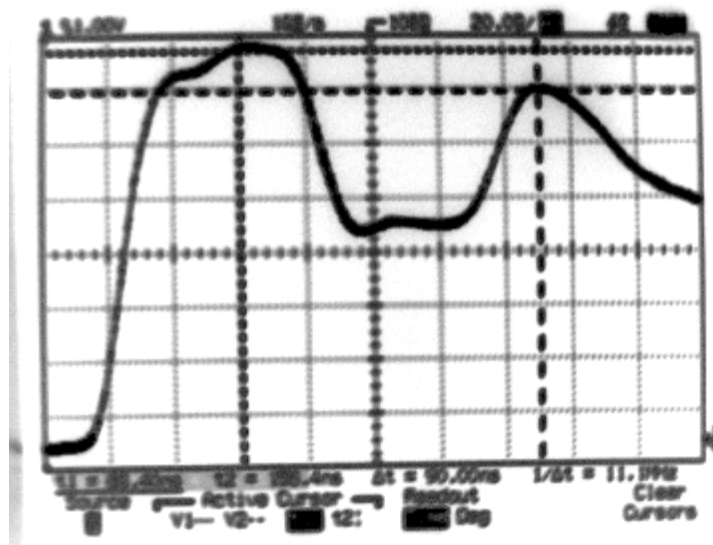
Index lomu jádra použitého optického vlákna je, podle údajů poskytnutých supervisorem, $n = 1,475$.

Prodleva Δt byla měřena pomocí experimentálního uspořádání sestávajícího z přístroje OTDR (Photodyne 5500XFA OTDR) a osciloskopu (Hewlett Packard 54615B), znázorněného na obr. 2.



Obr. 2. Experimentální sestava

Výsledný signál při použití světelného pulsu o délce 20 ns je zachycen na obr. 3.



Obr. 3. Signál zobrazený osciloskopem

Prodleva Δt je rozdílem časů zobrazených vrcholů (píků).

Výsledky

Celkem bylo provedeno 6 měření, jejichž výsledky jsou uvedeny v tab. 1

Tab. 1. Výsledky měření

	č. měření	Δt (ns)
konec vlákna A	1	91,4
	2	91,6
	3	91,2
konec vlákna B	4	90,0
	5	88,4
	6	88,8
	průměr	90,23

Je zde patrný rozdíl mezi hodnotami naměřenými pro různé konce vlákna, který je zřejmě způsoben nedokonalým kontaktem optického vlákna s přístrojem. Protože však nelze určit, které hodnoty jsou správné, je pro další výpočet použit aritmetický průměr všech měření.

Po dosazení uvedených hodnot do rovnice (2) získáme

$$d = 9,2 \text{ m}$$

Fyzicky byla změřena délka

$$d_0 = 10,1 \text{ m}$$

Délka určená metodou optické reflektometrie je o 0,9 m, tj. o 9 % nižší než je fyzicky změřená délka vlákna. Tento výsledek leží v rozsahu přesnosti $\pm 1 \text{ m}$ udávané výrobcem OTDR, ale vzhledem k velikosti nepřesnosti se lze domnívat, že měření mohlo být zatíženo systematickou chybou. Ta by mohla být dána přístrojem OTDR, případně nesprávnou hodnotou indexu lomu n .

3 Útlum optického vlákna

Útlum nebyl kvůli příliš krátkému optickému vláknu (10 m; min. délka pro měření útlumu udávaná výrobcem OTDR 80 m) s dostupným vybavením objektivně změřitelný. Teoreticky by bylo možné útlum stanovit ze směrnice grafu poklesu intenzity signálu. Pokles je ale velmi malý a výpočet by proto byl velmi nepřesný. Z tohoto důvodu nebylo měření útlumu realizováno.

Při pokusech však bylo zjištěno, že intenzita světelné vlny, která se vrací zpět do OTDR závisí na indexu lomu prostředí kolem konce vlákna. Pokud je konec vlákna ve vzduchu ($n = 1,00$), pak se do OTDR vrací asi 10 % původního signálu, zatímco pokud je ponořen do vody ($n \approx 1,3$) pak pouze 0,3 %.

4 Shrnutí

Praktické využití optických vláknem se v poslední době velmi rychle rozšiřuje. Mezi jejich hlavní výhody patří cena a rychlost přenosu signálu, a tak vytlačují klasické elektrické vodiče z oblasti přenosu dat. Jejich další výhodou je možnost jednoduchého zjištění místa případného poškození metodou optické reflektometrie, jejíž přesnost byla ověřena měřením. Útlum optického vlákna nebylo vzhledem k jeho malé délce možno změřit.

Poděkování

Na závěr bychom rádi poděkovali Ing. Vojtěchu Svobodovi CSc. z KF FJFI ČVUT v Praze za umožnění práce na miniprojektu v rámci Fyzikálního týdne na FJFI ČVUT a supervizorovi Ing. Rudolfu Klepáčkovi z KIPL FJFI ČVUT v Praze za odbornou asistenci.

Reference:

- [1] Stanovení délky a útlumu optického vlákna metodou optické reflektometrie
<http://rumcajs.fjfi.cvut.cz/fyzport/FT/2007/OptVlakno/FyzTyd.html> [cit. 2007-06-19]
- [2] Optické vlákno
http://cs.wikipedia.org/wiki/Optické_vlákno [cit. 2007-06-19]
- [3] Image:Singlemode-optical-fibre.png
<http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Singlemode-optical-fibre.png> [cit. 2007-06-19]