

Stanovení délky a útlumu optického vlákna metodou optické reflektometrie

Jiří Povolný, Gymnázium, Brno, třída Kapitána Jaroše 14

Jiří Baran, Masarykovo gymnázium Vsetín

Abstrakt

V této práci jsme se zabývali optickými vlákny, určováním jejich délky a dalších optických parametrů pomocí optické reflektometrie v časové doméně. Studovali jsme tři základní typy optických vláken, které se liší velikostí vlnovodného jádra a materiálem optického pláště.

Úvod

V poslední době dochází k rozšíření aplikačních možností optických vláken pro každodenní využití. Díky svým vlastnostem, jako je flexibilita, kompaktnost či imunita vůči extrémním přírodním podmínkám se optická vlákna používají především pro rychlý přenos velkého objemu dat na velké vzdálenosti.

Pro analýzu telekomunikačních tras se používá časově rozlišená reflektometrie (OTDR), která pracuje na principu měření časového intervalu mezi vyslaným světelným impulzem do vlákna a následnou registrací zpětně odražené intenzity od jednotlivých nehomogenit. Díky této metodě je možné určovat délky a útlumy libovolně dlouhých optických tras. Charakteristickým jevem OTDR záznamu jsou dvě Fresnelovy reflexe, které odpovídají začátku a konci optického vlákna. Výhodou této metody je, že pro její využití nám postačí pouze jeden konec vlákna.

V naší práci jsme měřili délku a útlumy tří odlišných optických vláken pomocí různých délek laserových pulsů na dvou telekomunikačních vlnových délkách.

Teorie

Optické vlákno je válcový dielektrický vlnovod, zhotovený nejčastěji z křemenného skla nebo plastu. Skládá se z jádra, jímž se šíří světlo pomocí totálních odrazů, a pláště. Světlo se do jádra optického vlákna naváže jen tehdy, pokud vstupuje pod definovaným, pro každé vlákno charakteristickým úhlem. Přenos světla ve vláknech ovlivňují i další parametry. Jedná se například o optický útlum, způsobený nehomogenitami materiálu, absorpcí, rozptylem nebo reflexí. Dalším jevem, který lze studovat u vláken je počet vidů. Vidy jsou zjednodušeně řečeno paprsky vedené vláknem. Rozlišujeme jednovidová a mnohavidová vlákna.

Měření

Měření sestávalo z přípravy a následné analýzy optických vláken. Ze vstupního konce jsme nejdříve odstranili polymerní ochranný obal a poté jsme pomocí řezačky provedli kolmý řez. Kvalitu tohoto řezu jsme si zkontrolovali na mikroskopu optické svářečky. Následně jsme vlákno připojili pomocí konektoru k přístroji Mini-OTDR E6000C značky Agilent. Tento přístroj vysílá pulsy na vlnových délkách 850 a 1300 nm. Laditelná šířka pulsu je od 5 do 100 ns.

S pomocí přístroje jsme provedli řadu pokusů, při kterých jsme měnili jednotlivé parametry přístroje.

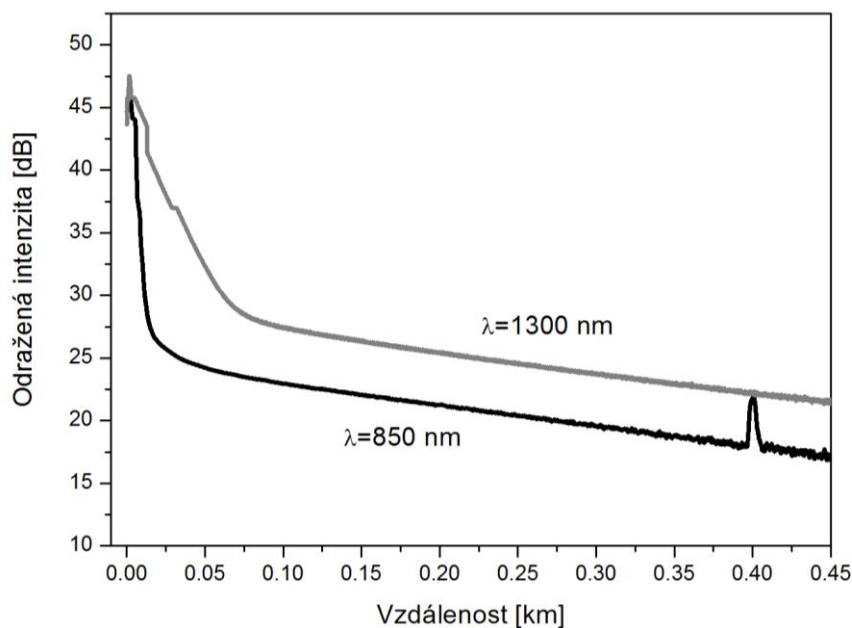
Výsledky a diskuse

Výsledky našich měření jsou shrnuty v tabulce 1.

Tabulka 1: Naměřené hodnoty délek a útlumů optických vláken.

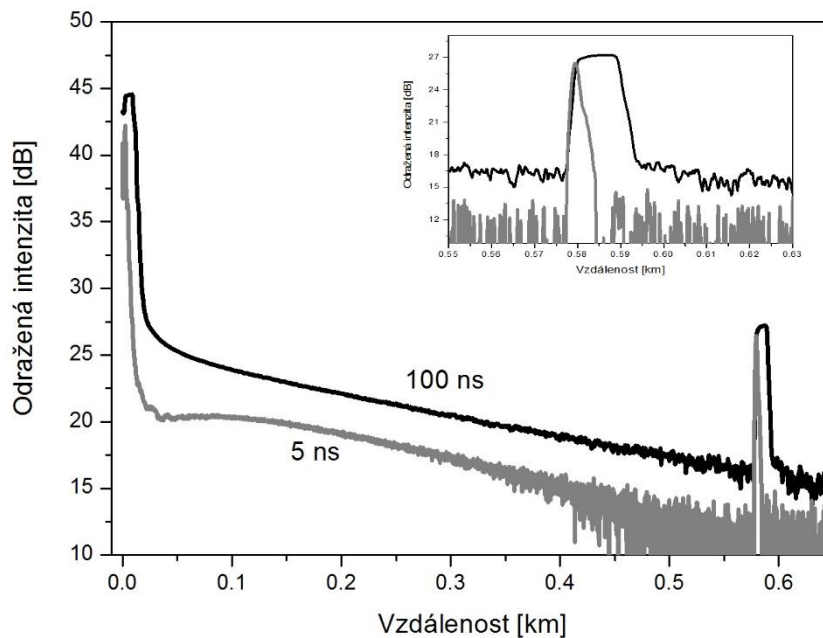
	λ [nm]	Impuls [ns]	n	L [m]	Útlum [dB/km]
Jednovidové vlákno	1300	30	1,457	574,3	16,294
	1300	100	1,457	574,6	16,727
	850	30	1,457	574,3	18,658
	850	100	1,457	574,6	18,246
	850	5	1,457	575,1	13,076
	1300	5	1,457	572,5	16,686
Hybridní vlákno	850	5	1,457	394,2	20,789
	1300	5	1,457	neměřeno	17,452
	850	30	1,457	394,5	16,876
	850	100	1,457	394,6	17,001
Mnohovidové vlákno	850	5	1,457	44,5	20,881
	850	30	1,457	44,6	59,018
	850	100	1,457	44,5	72,684
	1300	5	1,457	44,5	198,415
	1300	30	1,457	44,5	215,456
	1300	100	1,457	44,5	308,381

Hybridní vlákna se používají výhradně pro kratší vlnové délky (850 nm), a proto nemá cenu měřit jejich vlastnosti při vlnové délce 1300 nm. Tento jev lze demonstrovat na obr 1, kde není vidět druhá Fresnelova reflexe, a proto nelze určit konec vlákna.



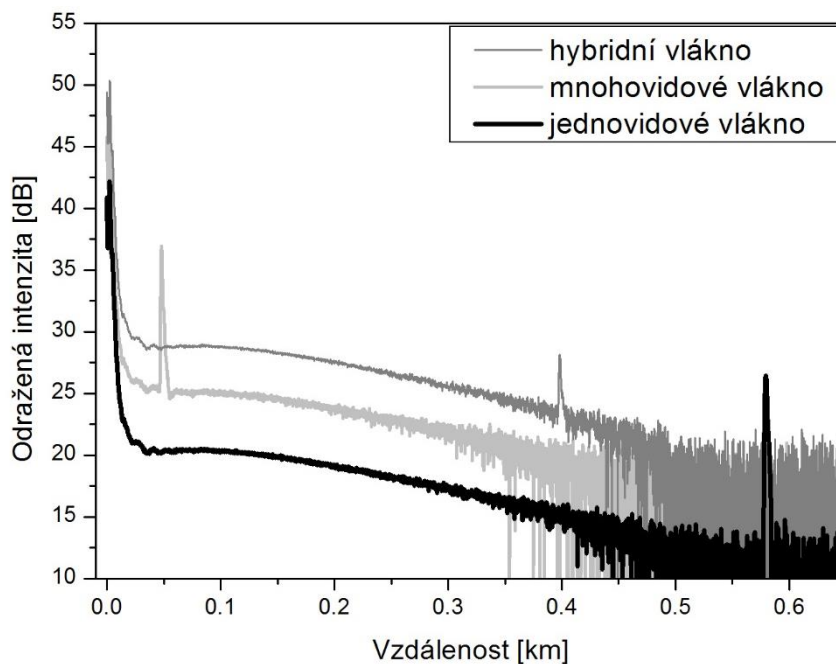
Obr 1: Srovnání reflexe u hybridního vlákna při různých vlnových délkách.

Délku pulsu musíme vybírat s ohledem na vstupní parametry vlákna a informace, které chceme zjistit. Kratší pulsy jsou výhodnější pro měření kratších úseků s větší přesností, zatímco delší pulsy umožňují měřit s větším dynamickým rozsahem. Z obr 2 lze vidět, že šířka pulsu mimo jiné ovlivňuje i šířku druhé Fresnelovy reflexe.



Obr 2: Srovnání OTDR záznamů pro dva různé pulsy.

Z tabulky 1 a obr 3, lze vidět skutečné délky námi studovaných vláken. Délku jednovidového vlákna jsme určili na 574,23(82) m, délku hybridního vlákna na 394,43(12) m a délku mnohovidového vlákna na 44,52(37) m.



Obr 3: Srovnání OTDR záznamů pro jednotlivá vlákna.

Závěr

Seznámili jsme se s různými typy optických vláken a naučili jsme se používat metodu časově rozlišené reflektometrie pro určování délky a útlumů optických vláken. Ověřili jsme si využití jednovlákenných, mnohovlákenných a hybridních vláken. V neposlední řadě jsme testovali vliv délky světelného pulzu a vlnové délky na naměřené výsledky.

Poděkování

Na závěr bychom chtěli poděkovat organizátorům TV@J (pan Ing. Vojtěch Svoboda, CSc.) a našemu garantovi (pan Ing. Jan Aubrecht, Ph.D.).

Reference

- 1) E6000C Mini-OTDR User's Guide