



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

VLIV OPTICKÝCH SPOJŮ NA ÚTLUM OPTICKÉ TRASY

INFLUENCE OF OPTICAL CONNECTORS AND OF OTHER EFFECTS ON OPTICAL
LINK ATTENUATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ALEŠ WINKLER

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. MILOSLAV FILKA, CSc.

BRNO 2009



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav telekomunikací

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Teleinformatika

Student: Aleš Winkler

ID: 98450

Ročník: 3

Akademický rok: 2008/2009

NÁZEV TÉMATU:

Vliv optických spojů na útlum optické trasy

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Úkolem práce je vyhodnotit vliv kvality optických spojů na kvalitu optického přenosu. Jako spoj uvažujte: optický konektor, svár a mechanickou spojku. Pro vybrané typy proveďte měření na útlum a zpětný odraz, z pohledu výsledného ovlivnění optického přenosu. U vybraných konektorů proveďte měření pomocí interferometru FIBO 250.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] FILKA, M. Optické sítě. Skripta. VUT FEKT, Brno 2007. [2] KUCHARSKI, M., DUBSKÝ, P. Měření přenosových parametrů optických vláken, kabelů a tras. Mikrokom, Praha 2001.
[3] DAVID, I. Výběr optického vlákna. Telekomunikace 1998, č. 10.

Termín zadání: 9.2.2009

Termín odevzdání: 2.6.2009

Vedoucí práce: doc. Ing. Miloslav Filka, CSc.

prof. Ing. Kamil Vrba, CSc.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

Anotace

V dnešní době používaná metalická vedení již nesplňují požadavky vysokých nároků na kapacitu a rychlost vedení, a proto se stále více využívá nových, moderních optických vedení. Tato práce se zabývá třemi základními druhy spojení optických vedení, optickým konektorem, mechanickou spojkou a optickým svárem, a jejich vlivem na útlum optické trasy realizované po optickém vlákně. Optická trasa se dá realizovat několika druhy optických vláken. V této práci se zabýváme v dnešní době nejčastěji používaným jednovidovým, ale i z části mnohovidovým optickým vláknem. U mechanických spojek jsou zkoumány jejich vlivy na útlum optické trasy a jejich opotřebení po rozpojení a dalším zapojení zpět do optického vedení. Pro optické sváření je zkoumána kvalita přidělené optické svářečky. U optických konektorů jsme se zabývali jeho kvalitou čistoty pomocí přístroje OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) a jejich geometrickými vlastnostmi pomocí přístroje FIBO 250.

Klíčová slova

útlum, optické vlákno, konektor, mechanická spojka, přenos

Abstract

In this time the metallic wires meet not the requirements of high capacitance and rate wire and so the new, modern fiber wires are more and more being used. This bachelor's thesis deals with three basic kinds of connections of fiber wires, optical connector, mechanical coupling a optical weld, and their effect on optical link attenuation realized by fiber optics. The optical link is possible realized number of kinds fiber optics. In this thesis are most often used multimod and a little multimod fiber optics. By mechanical coupling are explored their effects of attenuation on optical link a their detrition after disconnection and next connection back to the optical line. For optical weld is explored quality assignet optic welder. For optical connectors is explored their quality of cleanness through apparatus OTDR(Optical Time Domain Reflectometer) and geometrical properties through apparatus FIBO 250.

Keywords

attenuation, fiber optics, connector, mechanical coupling ,transmission

Bibliografická citace

WINKLER, A. *Vliv optických spojů na útlum optické trasy*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 53 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Miloslav Filka, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma "Vliv optických spojů na útlum optické trasy " jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení §152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.“

V Brně dne

.....
(podpis autora)

Poděkování

Chtěl bych tímto vyjádřit poděkování všem vyučujícím a konzultantům za obětavou pomoc, cenné připomínky a rady, zejména vedoucímu bakalářské práce Doc. Ing. Miloslavovi Filkovi, CSc., jenž byly pro mne hodnotným přínosem znalostí a informací při vypracovávání této práce

V Brně dne

.....
(podpis autora)

OBSAH

0. ÚVOD.....	9
1. DRUHY OPTICKÝCH PŘENOSŮ.....	10
1.1. PŘENOS INFORMACE.....	10
1.2. DRUHY OPTICKÝCH PŘENOSŮ.....	10
1.2.1. OPTICKÝ BEZDRÁTOVÝ PŘENOSY	10
1.2.2. OPTICKÝ DRÁTOVÝ PŘENOS	10
2. OPTICKÁ VLÁKNA.....	12
2.1. PŘENOS PO OPTICKÉM VLÁKNĚ	12
2.2. VLASTNOSTI OPTICKÝCH VLÁKEN.....	13
2.2.1. ÚTLUM OPTICKÝCH VLÁKEN.....	13
2.2.2. OCHRANA OPTICKÝCH VLÁKEN.....	14
2.3. DRUHY OPTICKÝCH VLÁKEN.....	14
2.3.1. JEDNOVIDOVÁ OPTICKÁ VLÁKNA.....	15
2.3.2. MNOHOVIDOVÁ OPTICKÁ VLÁKNA	15
3. WDM.....	18
3.1. WDM	18
3.2. DWDM	18
3.3. CWDM	19
4. METODY SPOJOVÁNÍ OPTICKÝCH VLÁKEN	20
4.1. DRUHY SPOJOVÁNÍ OPTICKÝCH VLÁKEN.....	20
4.2. SPOJOVÁNÍ OPTICKÝCH VLÁKEN MECHANICKOU SPOJKOU	20
4.3. SPOJOVÁNÍ OPTICKÝCH VLÁKEN SVAŘOVÁNÍM.....	20
4.4. SPOJOVÁNÍ OPTICKÝCH VLÁKEN OPTICKÝM KONEKTOREM	21
5. OPTICKÉ KONEKTORY	23
5.1. KONEKTORY.....	23
5.1.1. FERULE V KONEKTORU.....	24
5.1.2. ČISTOTA KONEKTORŮ.....	25
5.2. ZTRÁTY NA OPTICKÝCH KONEKTORECH	26
5.2.1. VLOŽNÝ ÚTLUM.....	26
5.2.2. ÚTLUM ODRAZU	27
6. METODY PRO MĚŘENÍ PARAMETRŮ OPTICKÝCH KONEKTORŮ.....	28
6.1. METODA OTDR.....	28
6.2. TRANSMISNÍ METODA.....	28
7. JEVY ZVYŠUJÍCÍ ÚTLUM OPTICKÉ TRASY	30
7.1. DISPERZE	30
7.1.1. CHROMATICKÁ A VIDOVÁ DISPERZE.....	30
7.1.2. PMD.....	30
7.2. ČTYŘVLNNÉ SMĚŠOVÁNÍ.....	31

8.	MĚŘENÍ	32
8.1.	ÚTLUM SPOJKY NA VLÁKNU MM PRO 1300 NM, SM 1310 NM.....	32
8.1.1.	SCHÉMA ZAPOJENÍ	32
8.1.2.	POSTUP MĚŘENÍ.....	32
8.1.3.	TABULKY NAMĚŘENÝCH A VYPOČTENÝCH HODNOT	33
8.1.4.	VZOROVÝ VÝPOČET ÚTLUMU MECHANICKÉ SPOJKY	35
8.1.5.	POUŽITÉ PŘÍSTROJE.....	35
8.1.6.	GRAF.....	38
8.2.	ÚTLUM OPTICKÉ SVÁŘEČKY FITEL S122 NA SM VLÁKNU NA 1550 NM	39
8.2.1.	SCHÉMA ZAPOJENÍ	39
8.2.2.	POSTUP MĚŘENÍ.....	39
8.2.3.	TABULKA NAMĚŘENÝCH HODNOT	39
8.2.4.	VZOROVÉ VÝPOČTY	40
8.2.5.	POUŽITÉ PŘÍSTROJE.....	40
8.3.	ÚTLUM OPTICKÉ SPOJKY MĚŘENÉ POMOCÍ OTDR.....	42
8.3.1.	SCHÉMA ZAPOJENÍ	42
8.3.2.	POSTUP MĚŘENÍ.....	42
8.3.3.	TABULKA NAMĚŘENÝCH HODNOT	42
8.3.4.	POUŽITÉ PŘÍSTROJE.....	43
8.4.	UKÁZKA ČISTOTY OPTICKÉHO KONEKTORU	44
8.5.	MĚŘENÍ GEOMETRICKÝCH PARAMETRŮ OPTICKÉHO KONEKTORU	44
9.	ZÁVĚR.....	46
10.	SEZNAM LITERATURY	48
11.	SEZNAM PŘÍLOH	48
12.	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ	49

0. ÚVOD

Požadavky na přenosovou kapacitu telekomunikačních spojů stále stoupají a jejich provozovatelé jsou nuceni své trasy stále efektivněji využívat či zkvalitňovat. Za zásadní krok v tomto problému bych považoval přechod ze zastaralého metalického vedení, které postupem času nahrazují čím dál častěji optická vlákna. Ovšem i tento druh spojení skrývá svá úskalí týkající se například nežádoucích jevů působící na optickou trasu. V případě optického útlumu to také znamená zabývat se stále více parametry, které se na tomto jevu nejvíce podílejí. Jedním z nejdůležitějších jsou optické ztráty výkonu způsobeny při spojování optických vláken. Tato spojení se realizují podle potřeby rozpojitelnosti, kde se pro rozebíratelné spojení používá mechanická spojka a optický konektor a pro nerozebíratelné spojení se používá optické svařování. U všech těchto třech druhů spojení se snaží snížit jejich vliv na útlum optické trasy a postupem času se toto spojení čím dál více zdokonaluje ovšem za cenu vysokých finančních nároků, jelikož optické vedení není v současné době tak rozšířené. V této práci je právě popsán vliv těchto spojů při přerušení na útlum optické trasy a samotné geometrické vlastnosti optického konektoru s oběma druhy zabroušením ferule APC i PC. Samotné optické vedení je realizováno na jednovidovém i mnohovidovém optickém vlákne

1. DRUHY OPTICKÝCH PŘENOSŮ

1.1. Přenos informace

První pokusy o přenos informací se datují již v 19. století a to nejprve po metalickém vedení a o pár let později v témže století se jednalo i o bezdrátové spojení. Od té doby, s rozvojem vědy techniky, došlo k mnoha vylepšením přenosu dat, a to především v digitální podobě, jelikož v dnešní době je přenos informace jednou z nejzákladnějších potřeb. Původní metalické přenosy nahradily bezdrátové přenosy, které postupem času nahrazují díky své kapacitě přenosu, či vyšším rychlostem přenosy optické. S rostoucí kvalitou přenášení dat vzrostl přirozeně i počet parametrů ovlivňující přenos, jimiž se tato práce zabývá. Ovšem i přes mnohem lepší vlastnosti optických přenosů jsou v současné době stále nejvíce používány metalické a to především díky své dostupnosti.

1.2. Druhy optických přenosů

Dvě nejzákladnější formy šíření signálů jsou drátové a bezdrátové. Narozdíl od bezdrátového přenosu, kde se signál šíří volně zemskou atmosférou, musí mít drátový přenos pevně dané přenosové médium.

1.2.1. Optický bezdrátový přenosy

Optický (bezdrátový) přenos – tento druh přenosu dosahuje rychlosti až 155Mbit/s a je možné ho použít na několik kilometrů. Využívá se zde laserový spoj vedený vzduchem. Jedinou nevýhodou tohoto druhu vedení je nutná viditelnost mezi vysílačem a přijímačem.

1.2.2. Optický drátový přenos

Optický (drátový) přenos – tento druh přenosu se uskutečňuje pomocí světelného paprsku. Rozdíl v přenosu u metalických a optických vedení spočívá v nositelích jejich signálů. Zatímco u metalických to jsou volné elektrony v obalu atomu, u optického přenosu to jsou částice světla, fotony. Ty narozdíl od elektronů mezi sebou nevytvářejí žádné pole a díky tomu mezi okolními vodiči nedochází

Vliv optických spojů na útlum optické trasy

k vzájemnému rušení a nepříjemnému vzniku parazitních vazeb či kapacit. Avšak zavedení tohoto druhu přenosu do běžného života brání jeho vysoká pořizovací cena a také nákladné opravy.

2. OPTICKÁ VLÁKNA

2.1. Přenos po optickém vlákně

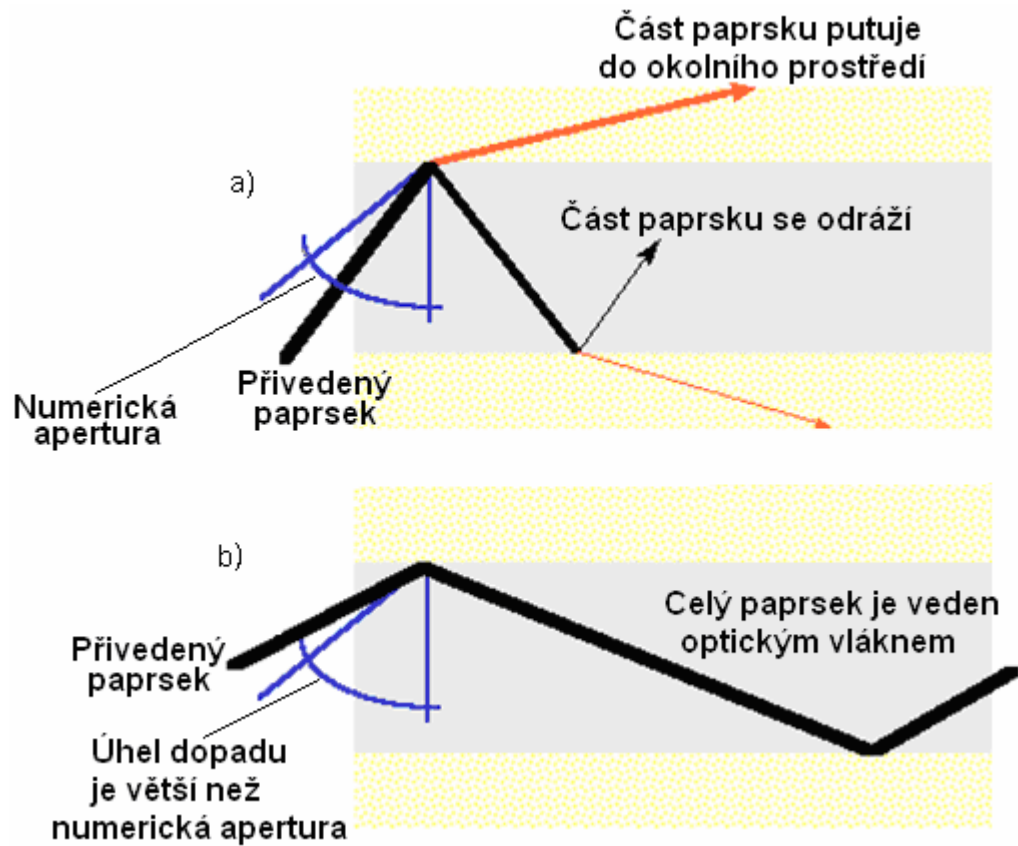
První důkaz o vedení optického signálu se datuje v roce 1840. Tehdy dokázali Daniel Collodon a Jacque Babinet vést sluneční paprsek podél tryskající vody z unikající nádoby při svém vodním pokusu. Později v roce 1930 byl uskutečněn první přenos obrazu pomocí několika optických vláken.

Dnešní optické vedení se postupem času a rozvojem techniky pochopitelně zdokonalilo. Nyní přenosová trasa optickým signálem bývá realizována těmito třemi základními prvky:

- Zdroj světla
- Přenosové médium
- Přijímač(detektor)

Jako zdroj světla můžeme použít luminiscenční diodu LED nebo laserovou diodu měnící elektrické signály na světelné impulsy. Přijímačem je pak fotodioda či fototranzistor, která mění světelný impuls zpátky na elektrický signál. Přenosové médium pak „přenáší“ světelné impulsy od zdroje až k detektoru světlu a to za cenu co nejmenších ztrát a minimálního zkreslení signálu. K tomuto účelu se právě využívají různé druhy optických vláken.

Světelný paprsek používá jako své přenosové médium optické vlákno, ve kterém vedený paprsek dopadá na rozhraní dvou prostředí. Tam se dělí na dvě části. První část se lomí a přechází z jednoho prostředí do druhého. Druhá část se odráží a zůstává v původním prostředí (viz obr. 2.1). Nedochozí k tomu ovšem vždy (viz obr. 2.1). Existuje takzvaná numerická apertura, což je určitá mez úhlu dopadu světelného paprsku směrem ke kolmici na rozhraní. Pokud je úhel odrazu či dopadu (směrem ke kolmici na rozhraní) větší než numerická apertura, dochozí k úplnému odrazu paprsku od okolního prostředí, žádná část paprsku se neztrácí ve druhém prostředí, nedojde tak ke ztrátě dat a je splněna podmínka úplného přenosu.



Obr. 2.1: Přívod paprsku do optického vlákna a) bez ohledu na numerickou aperturu;
b) s ohledem na numerickou aperturu;

2.2. Vlastnosti optických vláken

2.2.1. Útlum optických vláken

Útlum optických vláken je složen z :

- materiálová absorpce
- materiálový rozptyl
- ztráta při ohybech
- ztráta při spojování a na konektorech

U křemíkových optických vláken je hodnota útlumu velice malá. Pohybuje se v desetinách decibel na kilometr. U plastových vláken je tato hodnota daleko vyšší, někdy dosahuje až 100 decibel na kilometr.

V 50. letech se hledaly vhodné frekvenční rozsahy, kde je útlum co nejnižší. Nejvíce vyhovující okna jsou čtyři (viz tab. 2.1).

Tab. 2.1: Využívaná útlumová okna

Okno	Vlnová délka	Útlum	Označení
První	850 nm	3 dB/km	O(Original)
Druhé	1310 nm	0,4 dB/km	E(Extended)
Třetí	1550 nm	0,2 dB/km	L(Long wavelength)
Čtvrté	1625 nm	0,2 dB/km	U(Ultra)

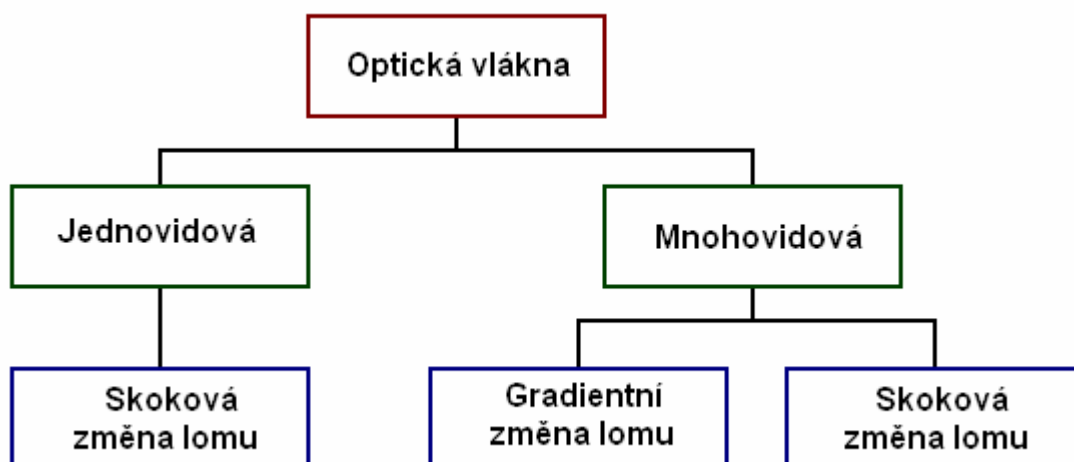
2.2.2. Ochrana optických vláken

Primární ochrana - optická vlákna jsou nejprve obaleny primární ochranou zajišťující pružnost vlákna. Je to ochrana, bez které by optické vlákno bylo velice křehké.

Sekundární ochrana – není to až tak důležitá ochrana jako primární. Některé kabely, jako například propojovací, tuto ochranu dokonce nemají. Tento druh ochrany zvyšuje mechanickou odolnost vlákna

2.3. Druhy optických vláken

Výběr vlákna záleží na potřebě daného uživatele a to především v závislosti na cenové relaci, využití, přenosovou rychlost, útlum a kapacitu. Jejich výčet je zobrazen níže (viz obr. 2.2).



Obr. 2.2: Druhy optických vláken

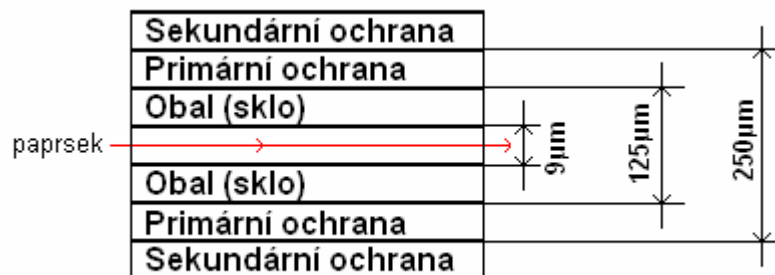
2.3.1. Jednovidová optická vlákna

Jednovidové optické vlákno neboli také Single mode (SM) je optický vodič s malým průměrem jádra, který je schopen přenést jen jeden paprsek světla, který do něj vstupuje za podmínky dodržení rovnice mezního úhlu

$$\theta_c = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right), \quad (2.1)$$

kde n_1 a n_2 jsou indexy lomu prostředí. Tento druh vlákna je vhodný pro přenosy širokého pásma na velké vzdálenosti, protože jeho šířku pásma omezuje pouze chromatická disperze.

Složení a ochrana optického vodiče s jednovidovým vláknem je dána jednoznačně (viz obr. 2.3).



Obr. 2.3: Struktura jednovidového vlákna

2.3.2. Mnohovidová optická vlákna

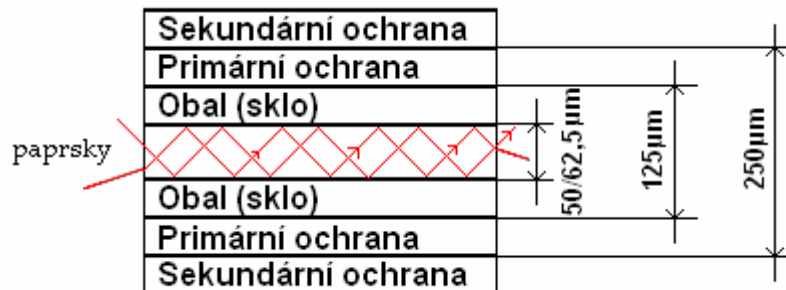
Mnohovidová optické vlákno neboli také Multi Mode (MM), je narozdíl od jednovidového schopno přenášet více vidů najednou. Z tohoto důvodu se pramení jeho větší náchylnost na disperzi signálu a z tohoto důvodu se používá na trasy o maximální délce 2 km s menší přenosovou kapacitou. Na druhou stranu jeho výhodou je jeho nízká cena, snazší spojování a velká numerická apertura.

Vedení paprsku závisí především na jeho indexu lomu na přechodu mezi jádrem vlákna a jeho pláštěm. Mění-li se skokově a je-li pohybuje se velikost průměru v rozsahu 50 – 100 μm, jde o optické vlákno schopné vést různé vlny světelných

Vliv optických spojů na útlum optické trasy

paprsků. V tomto případě se jedná o mnohovidové optické vlákno se stupňovitým indexem lomu.

Složení a ochrana optického vodiče s mnohovidovým optickým vláknem je jednoznačné (viz obr. 2.4).

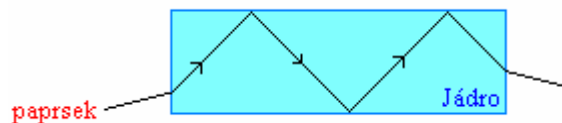


Obr. 2.4: Struktura mnohovidového vlákna

Splňuje - li paprsek při navázání do optického vlákna podmínky mezního úhlu (numerické apertury), může se v něm šířit dvěma způsoby. Z tohoto důvodu rozlišujeme dva druhy mnohovidových optických vláken:

1. Mnohovidová optická vlákna se skokovou změnou indexu lomu
2. Mnohovidová optická vlákna s gradientní změnou indexu lomu

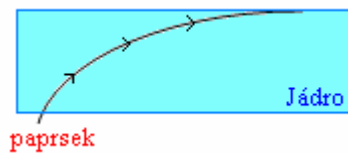
1. Mnohovidová optická vlákna se skokovou změnou indexu lomu – tento druh optického vlákna bývá často označován jako step index (SI) .Jeho šíření paprsku ve vlákně je přímočaré (viz obr. 2.5).



Obr. 2.5: Šíření paprsku u vláken se skokovou změnou indexu lomu

2. Mnohovidová optická vlákna s gradientní změnou indexu lomu – vlákno s postupným zvyšováním indexu lomu směrem od osy jádra z čehož vyplývá, že procházející paprsek opisuje sinusoidu. Díky tomu se ve vlákně udrží více vidů a z toho důvodu má nižší vidovou disperzi než vlákna se skokovou změnou indexu lomu. Má jiný princip šíření paprsku (viz obr. 2.6) než se skokovou změnou indexu lomu.

Vliv optických spojů na útlum optické trasy



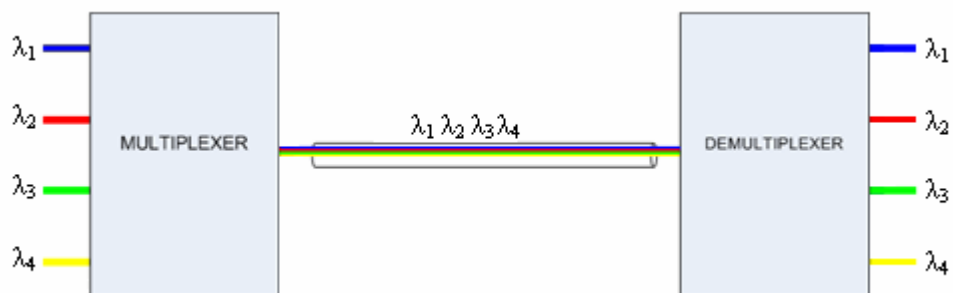
Obr. 2.6: Šíření paprsku u vláken s gradientní změnou indexu lomu

3. WDM

3.1. WDM

Nebo také vlnový multiplex WDM (Wavelength Division Multiplex) zvyšuje přenosovou kapacitu optického, spojuje několik optických kanálů, které byly původně přenášeny odděleně každý svým vláknem, do jednoho vlákna na principu frekvenčního oddělení. Vlnové dělení je schopno sdružovat optické signály o různých vlnových délkách a tak je přenášet paralelně po optickém vlákně, z čehož vyplývá, že každá vlnová délka poskytuje dostatečnou šířku pásma v jednom optickém vlákně. Každá vlnová délka je schopna přenášet uživatelský provoz v různém formátu a různé rychlosti. Proto je možné ho využít pro několik služeb. WDM je úplně transparentní proti přenášeným protokolům a je schopno transparentního přenosu optických kanálů rychlostí 140Mbit/s – 10Gbit/s. Ušetří nám několik vláken na přenos nějaké kapacity. Používá se například pro páteřní síť ATM nebo IP.

Princip WDM (viz obr. 3.1), jehož vstupem jsou vstupní vlákna nesoucí informaci o různých vlnových délkách. Multiplexer tyto vlnové délky sdruží do jednoho vlákna na optické přenosové trase. Na konci optické přenosové trasy je demultiplexer, který zase tyto vlnové délky rozdělí do jednotlivých vláken.



Obr. 3.1: Princip WDM

3.2. DWDM

DWDM (Dense Wavelength Division Multiplex) vychází z původního WDM. Na tomto vlákně je ovšem použito mnohem více vlnových délek, na které je navázán

signál, a které jsou sdruženy do jednoho vlákna při přenosu. Je to vlastně tzv. hustý vlnový multiplex. Odstup mez vlnovými délkami je cca 0,4 nm.

3.3. CWDM

CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplex) Odstup vlnových délek je na rozdíl od DWDM mnohem vyšší, cca 20 nm. Z toho také pramení jeho nižší spotřebovanou energii a nižší cena. Používá se pro menší vzdálenosti než DWDM a kde nejsou tak vysoké nároky na přenos.

4. METODY SPOJOVÁNÍ OPTICKÝCH VLÁKEN

4.1. Druhy spojování optických vláken

Během spojování vláken musíme především dbát na čistotu vlákna, čistotu spoje, vychýlení os a podobně. Samotné spojení lze realizovat několika způsoby. Jejich výběr závisí především na podacích co se týče ceny a útlumu. Mezi 3 nejrozšířenější způsoby spoje vláken patří:

- Mechanickou spojkou
- Svařováním
- Optickým konektorem

4.2. Spojování optických vláken mechanickou spojkou

Jedná se o rozebíratelné spojení vláken, které není až tak rozsáhle používáno. Je to díky jeho velkým ztrátám, velkému úniku paprsků z vlákna a menšímu vychýlení os kvůli přesně vyrobenému skeletu mechanické spojky ovšem tento druh je ve velkém vývoji a je možné, že brzy předčí i konektory. Pro instalaci univerzální mechanické spojky (viz obr. 4.1) je zapotřebí lámačky vláken a speciální plastový přípravek pro uzamčení spojky.



Obr. 4.1: Univerzální mechanická spojka

4.3. Spojování optických vláken svařováním

Jedná se o nerozebíratelné spojení vláken, při kterém nedochází tak často k mechanickému poškození spoje, ve vlákně jsou nižší ztráty. Kvůli kvalitě práce také

potřebujeme speciální pracovní pomůcky v podobě svářečky optických vláken, lámačka optických vláken a jiné.

Postup při svařování je následný. Nejprve spojované konce vláken důkladně očistíme a zalomíme na lámačce optických vláken. Očištěné a zalomené konce vložíme do optické svářečky (viz obr. 4.2). Zde se podle potřeby nastaví poloha vláken do vycentrování a vystředění os, pokud tuto funkci nezvládá optická svářečka automaticky. Pak dochází k zahřazení a očištění spojovaných ploch. Následně se elektrickým obloukem nastaví obě vlákna a dochází k vytvoření pevného spoje, sváru. Poté zkontrolujeme útlum na daném spoji, jestli odpovídá požadované hodnotě. Pokud ne, je nutné spoj odstříhnout a celý proces opakovat, dokud nebude výsledný útlum pod požadovanou hranicí.

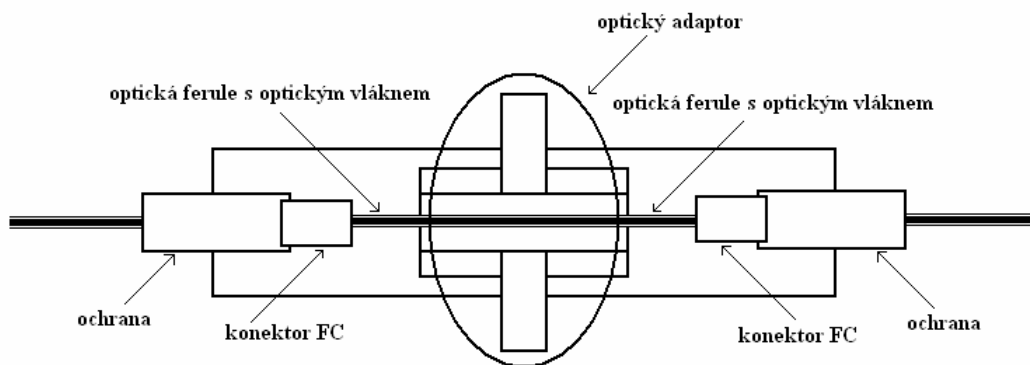


Obr. 4.2: Příklad svářečky optických vláken

4.4. Spojování optických vláken optickým konektorem

Jedná se o rozebíratelné spojení, které má jednoduché zobrazení (viz obr. 4.3) nebo (viz obr. 4.4) s velkým útlumem, zpětnými odrazy a velkým vychýlení os. Používá se zejména u krátkodobých spojení anebo také u dlouhodobě rozebíratelných spojení na optických trasách.

Vliv optických spojů na útlum optické trasy



Obr. 4.3: Ukázka spojení optických vláken optickými konektory FC



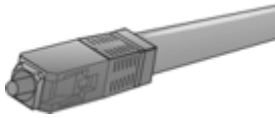
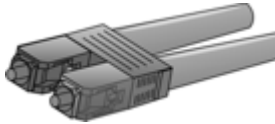


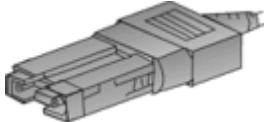
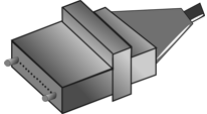
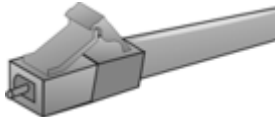
Obr. 4.4: Ukázka optického adaptéru FC-FC

5. OPTICKÉ KONEKTORY

5.1. Konektory

Optické konektory mají různý tvar a vlastnosti (viz tab. 2). Jejich použití je závislé především podle jejich vlastností a předpokládaných užití.

Tab. 2: Některé druhy optických konektorů

Typ konektoru	Konektor	Vložný útlum	Využití
SC		0,2 – 0,45 dB pro SM, MM	Datakom
SC DUPLEX		0,2 – 0,45 dB pro SM, MM	Datakom
ST		0,4 dB pro SM 0,5 dB pro MM	Námořnictvo
FC		0,5 – 1 dB pro SM, MM	Datakom Telekomunikace
FDDI		0,2 – 0,7 dB pro SM, MM	Optická sít'
MT ARRAY		0,3 – 1 dB pro SM, MM	Vysoko zatížená spojení
LC		0,15 dB pro SM 0,1 dB pro MM	Vysoko zatížená spojení

Vliv optických spojů na útlum optické trasy

Ideální konektor by měl mít nízké ztráty, mělo by se s ním snadno manipulovat a možno ho použít pro více spojů. Optický konektor patří mezi pasivní prvky jelikož u něho dochází pouze k zeslabení a nikoliv ke zesílení.

Nároky na optické konektory se zvyšují s postupně se snižujícím průměrem jádra optického vlákna. Pro nejnižší možné ztráty na samotném konektoru musí ležet vlákna v jedné ose a to v co nejtěsnějším kontaktu vstupních stýkajících se opticky upravenými ploškami.

Kvalita konektoru se posuzuje podle :

- Velikosti vloženého útlumu
- Možnosti rozpojitelnosti
- Ochrany vláken před znehodnocením
- Citlivosti vůči prachu a vlhkosti
- Tahového odlehčení vláknu

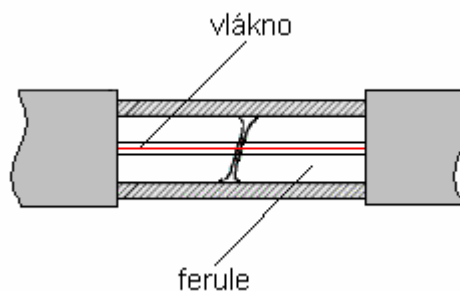
5.1.1. Ferule v konektoru

Nejdůležitějším parametrem ovlivňujícím kvalitu konektoru je ferule, která má uprostřed válcový otvor o průměru, který je větší než průměr pláště vlákna. Vlákno se do ferule postupně zasouvá a je přilepováno speciálním lepidlem.

První modely ferule se vyráběly z kovu, dnes už ovšem se vyrábějí převážně z keramického materiálu. Ferule se pak vybrušuje do požadovaného tvaru, strojově či ručně, z čehož pak pramení kvalita optického konektoru.

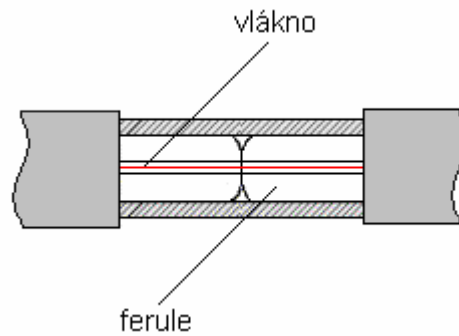
Rozlišujeme dva druhy zabroušení ferulí :

- APC (Angled Physical Contact)



Obr. 5.1: Spojení při typu zabroušení ferule APC

- PC (Physical Contact)



Obr. 5.2: Spojení při typu zabroušení ferule PC

5.1.2. Čistota konektorů

Před každým měřením vlastností optických konektorů by mělo být provedeno z důvodu vyšší přesnosti výsledků očištění a zkontrolování čelních stran používaných konektorů, zda-li není konektor poškozený (viz obr. 5.3) či znečištěný (viz obr. 5.3).

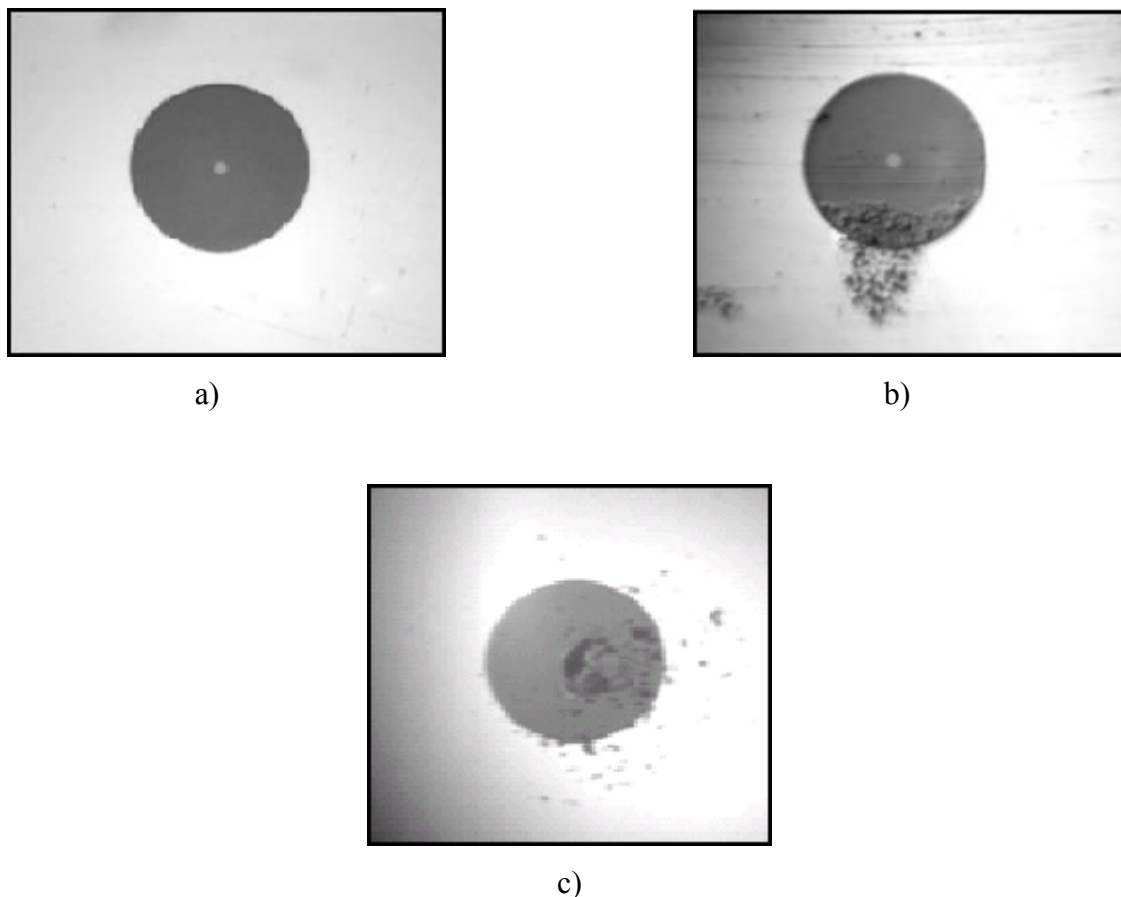
Postup čištění konektorů je následující :

- Čištění bezchloupkovým kapesníkem nasucho
- Kontrola čistoty

Při zjištění nečistot na konektoru po očištění musíme použít jiný postup čištění do doby než bude konektor čistý (viz obr. 5.3).

Postup opakovaného čištění konektorů:

- Čištění kapesníkem navlhčeným v Isopropyl alkoholu
- Vysušení konektoru kapesníkem
- Kontrola čistoty



Obr. 5.3: Ukázka čela konektoru: a)Čisté, b)Špinavé, c)Poškozené

5.2. Ztráty na optických konektorech

Stejně jako každý optický pasivní prvek, je i optický konektor charakterizován těmito parametry :

- vložný útlum
- útlum odrazu

5.2.1. Vložný útlum

Vložný útlum optického konektoru je dán mírou ztráty optického výkonu daný zapojením prvku do optické trasy. Každý vložný útlum je dán pro svou vlnovou délku, udává se v decibelech a je definován vztahem:

$$IL(\lambda) = 10 \log \left(\frac{P_0}{P_1} \right), \quad (5.1)$$

kde P_0 je optický výkon signálu na vstupu konektoru a P_1 je optický výkon na výstupu součástky. Tento druh ztráty je způsoben především nedokonalostí mechanických součástek konektorů a špatnou přípravou konce vlákna. Ztráty tohoto druhu jsou v podstatě způsobeny tolerancemi pro jednotlivé postupy.

5.2.2. Útlum odrazu

Útlum odrazu vzniká při dopadu na rozhraní dvou dielektrik s různým indexem lomu, kde dochází nejen k transmisi záření přes rozhraní ale i k odrazu na tomto přechodu. Odrazy změni přenášený signál nejen na přijímací straně ale také na vysílací straně. Útlum odrazu se udává v decibelech, je téměř spektrálně nezávislý a je definován vztahem:

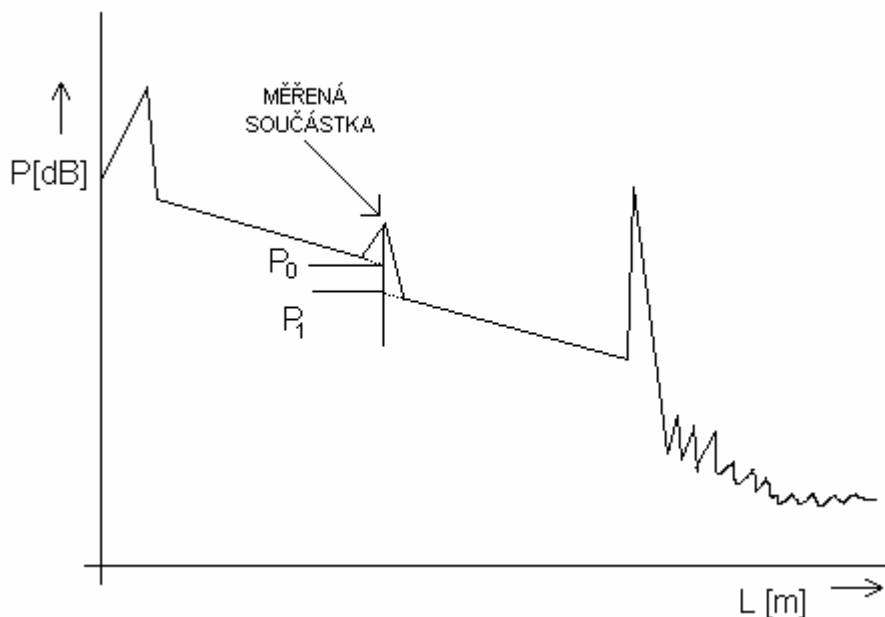
$$RL = -10 \log_{10} \left(\frac{P_r}{P_i} \right), \quad (5.2)$$

kde P_r je výkon odražený na dané součástce a P_i je celkový optický výkon na vstupu součástky. Útlum odrazu udává, o kolik decibelů je zpětně odražený signál slabší než signál procházející, z čehož vyplývá, že s rostoucí hodnotou útlumu odrazu se snižuje hodnota odrazu optického výkonu součástky. Kvalitnější odraz lze podpořit zešíkmením konce vlákna, imersní kapalinou, použitím optického kontaktu nebo antireflexní vrstvou.

6. METODY PRO MĚŘENÍ PARAMETRŮ OPTICKÝCH KONEKTORŮ

6.1. Metoda OTDR

Metoda OTDR (Optical Time Domain Reflektometry) slouží k měření a analýze optické trasy a jejich jednotlivých prvků. U této metody dochází ke zpětnému rozptylu optického výkonu vysílaného impulsu zpět k vysílači a dochází k vyhodnocení jeho časové závislosti. Výsledkem je křivka v logaritmickém měřítku (viz obr. 6.1) vyobrazena na displeji OTDR, kde se vložný útlum počítá přímo z rozdílu výkonu na vstupu a na výstupu měřené součástky a útlum odrazu je dán integrací plochy pod křivkou zpětného rozptylu odpovídající odrazu na měřené součástce. Tato metoda je nejčastěji používána v praxi pro měření přenosových parametrů optických součástek jako je optický konektor či mechanická spojka.



Obr. 6.1: Výstupní křivka při měření metodou OTDR

6.2. Transmisní metoda

Transmisní metoda je založena na přímém měření ztrát optického výkonu signálu při průchodu měřenou součástkou za použití zdroje optického záření a měřiče

Vliv optických spojů na útlum optické trasy

optického výkonu. U této metody se nejprve změří výkon optické trasy P_0 (referenční hodnota) bez měřené součástky a poté se změří optický výkon P_I s použitím měřené součástky. Výsledný optický výkon poté dopočítáme (viz rov. 5.1).

7. JEVY ZVYŠUJÍCÍ ÚTLUM OPTICKÉ TRASY

7.1. Disperze

7.1.1. Chromatická a vidová disperze

Disperze je hned útlumu nejdůležitější vlastností optických vláken. Optické vlákno má různé vlnové délky. Při příchodu optického impulsu do vlákna se tento paprsek rozloží do mnoha vidů s jejich vlastní nenulovou spektrální šířkou, což znamená, že se skládá z několika složek s rozdílnou vlnovou délkou. Každý z těchto vidů se šíří optickým vláknem jinou rychlostí což způsobuje vidovou disperzi, ale i jiné spektrální složky toho samého vidu se šíří jinou rychlostí a tomuto jevu se říká chromatická disperze.

Disperze ve vláknech zmenšuje hodnotu amplitudy a rozšiřuje se v čase. Kvůli této negativní vlastnosti optických vláken se omezuje délka opakovacích úseků a z tohoto se pro kvalitnější přenosy používají jednovidová vlákna, na které nepůsobí vidová disperze, která má vyšší hodnotu než chromatická disperze.

7.1.2. PMD

PMD (Polarization Mode Dispersion) je druh disperze, která nedosahuje tak velkých hodnot jako chromatická disperze, ale na druhou stranu způsobuje mezisymolovou interferenci a v podstatě ji není možné odstranit.

I při specializované výrobě se ve vláknech objevuje nesouměrnost. Tak vyrobená vlákna mohou mít dost vysokou hodnotu PMD. Dnešní vlákna jsou již vyráběná se zvláštní péčí a tedy i minimální nesouměrností. PMD úrovně takového vlákna jsou typicky $< 0,1 ps / \sqrt{km}$. Vnější vlivy jsou ty, které navodí dvojlom bez ohledu na výrobu, mezi ně patří kabeláž vlákna, ohýbání, změna teploty a další. Jsou to vlivy, které nemůžeme ovlivnit.

7.2. Čtyřvlnné směšování

Čtyřvlnné směšování FWM (Four-Wave Mixing) je faktor nejvíce ovlivňující přenos ze skupiny nelineárních jevů. Vzniká při dvou současně šířících se elektromagnetických vlnách působících na materiál vlákna svou elektromagnetickou frekvencí, která je dána rozdílem frekvencí obou vln. Podle velikosti síly na sebe působící se elektrony a jádra vychýlí ze svých rovnovážných poloh, čehož pak pramení změna optických vlastností materiálu.

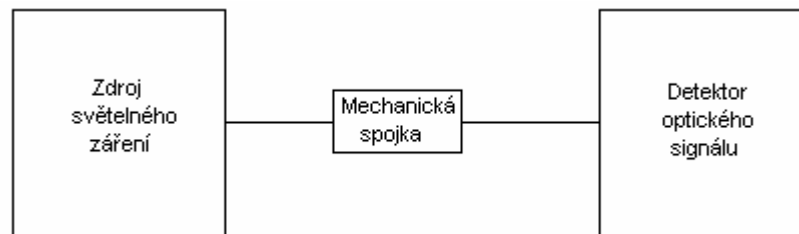
8. MĚŘENÍ

8.1. Útlum spojky na vláknu MM pro 1300 nm, SM 1310 nm

8.1.1. Schéma zapojení



Obr. 8.1: Měření referenční hodnoty P_{ref}



Obr. 8.2: Měření hodnoty P_{tr} trasy

8.1.2. Postup měření

MM

Nejprve jsem zapojil obvod (viz obr. 8.1). Zde jsem si pomocí generátoru nastavil vhodný optický výkon a zapsal si referenční hodnotu P_{ref} . Poté jsem přerušil optické vedení, oba konce dostatečně odizoloval, očistil alkoholem, zalomil v lámačce a vložil do mechanické spojky (viz obr. 8.2), nastavil a přitlačil k sobě a zapsal hodnotu P_{tr} . Pro prvních dvacet měření jsme mechanickou spojku pouze rozepnuli, dané vlákno jsme si nechali v mechanické spojce, jen jsme si je nastavili k sobě a postupně zapisovali hodnotu P_{tr} . Po dvaceti měření jsem začal optické vlákno vysunovat z mechanické spojky (viz obr. 8.2), očišťovat alkoholem, zpět vsunovat do mechanické spojky a dále postupně po opakování procesu zapisovat hodnoty P_{tr} .

SM

U měření SM je postup obdobný s tím rozdílem, že jsme použili novou spojku, kterou jsem rozpojoval již od počátku měření za použití jiného zdroje světelného záření a detektoru optického signálu.

8.1.3. Tabulky naměřených a vypočtených hodnot

Tab. 8.1: Naměřené a vypočtené hodnoty pro MM 1300 nm

Počet rozpojení [-]	Optický výkon P_{tr} [dBm]	Útlum [dB]	Počet rozpojení [-]	Optický výkon P_{tr} [dBm]	Útlum [dB]
1	-55,5	0,5	31	-56	1
2	-55,5	0,5	32	-55,5	0,5
3	-55,5	0,5	33	-56	1
4	-55,5	0,5	34	-56	1
5	-55,5	0,5	35	-56	1
6	-55,5	0,5	36	-56	1
7	-55,5	0,5	37	-56,5	1,5
8	-55,5	0,5	38	-56,5	1,5
9	-55,5	0,5	39	-56,5	1,5
10	-55,5	0,5	40	-56,5	1,5
11	-55,5	0,5	41	-56,5	1,5
12	-55,5	0,5	42	-55,5	0,5
13	-55,5	0,5	43	-55,5	0,5
14	-55,5	0,5	44	-55,5	0,5
15	-55,5	0,5	45	-55,5	0,5
16	-55,5	0,5	46	-55,5	0,5
17	-55,5	0,5	47	-55,5	0,5
18	-55,5	0,5	48	-55,5	0,5
19	-55,5	0,5	49	-55,5	0,5
20	-55,5	0,5	50	-55,5	0,5
21	-55,5	0,5	51	-55,5	0,5
22	-55,5	0,5	52	-55,5	0,5
23	-55,5	0,5	53	-55,5	0,5
24	-55,5	0,5	54	-55,5	0,5
25	-55,5	0,5	55	-56	1
26	-56,5	0,5	56	-56	1
27	-55,5	0,5	57	-56	1
28	-55,5	0,5	58	-56	1
29	-55,5	0,5	59	-55,5	0,5
30	-56,5	1,5	60	-55,5	0,5

měřeno při: $P_{ref} = -55 \text{ dBm}$;

Vliv optických spojů na útlum optické trasy

Tab. 8.2: Naměřené a vypočtené hodnoty pro SM 1310 nm

Počet rozpojení [-]	P_{tr} [dBm]	Útlum a_p [dB]	Počet rozpojení [-]	P_{tr} [dBm]	Útlum a_p [dB]	Počet rozpojení [-]	P_{tr} [dBm]	Útlum a_p [dB]
1	-26,64	0,06	51	-26,66	0,08	101	-26,70	0,12
2	-26,64	0,06	52	-26,66	0,08	102	-27,04	0,46
3	-26,64	0,06	53	-26,66	0,08	103	-26,74	0,16
4	-26,74	0,16	54	-26,65	0,07	104	-26,72	0,14
5	-26,64	0,06	55	-26,64	0,06	105	-26,70	0,12
6	-26,64	0,06	56	-26,67	0,09	106	-26,72	0,14
7	-26,64	0,06	57	-26,66	0,08	107	-26,88	0,30
8	-26,64	0,06	58	-26,68	0,10	108	-26,80	0,22
9	-26,68	0,10	59	-26,64	0,06	109	-26,86	0,28
10	-26,64	0,06	60	-26,64	0,06	110	-26,76	0,18
11	-26,66	0,08	61	-26,64	0,06	111	-27,19	0,61
12	-26,64	0,06	62	-26,64	0,06	112	-26,78	0,20
13	-26,66	0,08	63	-26,64	0,06	113	-26,86	0,28
14	-26,76	0,18	64	-26,64	0,06	114	-26,77	0,19
15	-26,64	0,06	65	-26,72	0,14	115	-26,77	0,19
16	-26,68	0,20	66	-26,68	0,10	116	-27,04	0,46
17	-26,64	0,06	67	-26,68	0,10	117	-27,15	0,57
18	-26,64	0,06	68	-26,64	0,06	118	-26,80	0,22
19	-26,65	0,07	69	-26,64	0,06	119	-26,70	0,12
20	-26,67	0,09	70	-26,64	0,06	120	-26,92	0,34
21	-26,66	0,08	71	-26,68	0,10	121	-27,19	0,61
22	-26,66	0,08	72	-26,68	0,10	122	-26,80	0,22
23	-26,66	0,08	73	-26,70	0,12	123	-26,82	0,24
24	-26,66	0,08	74	-26,74	0,16	124	-26,92	0,34
25	-26,67	0,09	75	-26,69	0,11	125	-26,76	0,18
26	-26,64	0,06	76	-26,80	0,22	126	-26,74	0,16
27	-26,64	0,06	77	-26,70	0,12	127	-26,74	0,16
28	-26,64	0,06	78	-26,64	0,06	128	-26,74	0,16
29	-26,64	0,06	79	-26,69	0,11	129	-26,74	0,16
30	-26,70	0,12	80	-26,64	0,06	130	-26,74	0,16
31	-26,66	0,08	81	-26,66	0,08	131	-26,78	0,20
32	-26,64	0,06	82	-26,64	0,06	132	-26,80	0,22
33	-26,66	0,08	83	-26,70	0,12	133	-26,80	0,22
34	-26,64	0,06	84	-26,70	0,12	134	-26,80	0,22
35	-26,64	0,06	85	-26,72	0,14	135	-26,80	0,22
36	-26,66	0,08	86	-26,69	0,11	136	-26,80	0,22
37	-26,64	0,06	87	-26,69	0,11	137	-26,94	0,36
38	-26,64	0,06	88	-26,72	0,14	138	-26,74	0,16
39	-26,68	0,10	89	-26,69	0,11	139	-26,77	0,19
40	-26,72	0,14	90	-26,66*	0,08	140	-26,78	0,20
41	-26,80	0,22	91	-26,71	0,13	141	-26,80	0,22
42	-26,66	0,08	92	-26,68	0,10	142	-26,80	0,22

Vliv optických spojů na útlum optické trasy

43	-26,65	0,07	93	-26,88	0,30	143	-26,96	0,38
44	-26,64	0,06	94	-26,72	0,14	144	-26,88	0,30
45	-26,66	0,08	95	-26,70	0,12	145	-27,08	0,50
46	-26,66	0,08	96	-26,72	0,14	146	-26,80	0,22
47	-26,68	0,10	97	-26,73	0,15	147	-26,78	0,20
48	-26,72	0,14	98	-26,88	0,30	148	-26,84	0,26
49	-26,64	0,06	99	-26,70	0,12	149	-26,88	0,30
50	-26,65	0,07	100	-26,76	0,18	150	-26,86	0,28

měřeno při: $P_{ref} = -26,58 \text{ dBm}$; * nutno spojku otočit, nemožnost už rozepnutí spojky

8.1.4. Vzorový výpočet útlumu mechanické spojky

Pro MM:

$$a_p = P_{ref} - P_{tr} = -55 - (-55,5) = \underline{\underline{0,5dB}}$$

Pro SM:

$$a_p = P_{ref} - P_{tr} = -26,58 - (-26,64) = \underline{\underline{0,06dB}}$$

8.1.5. Použité přístroje

Mechanická spojka:

univerzální gelová mechanická spojka 3M Fibrlok II 2529 určena pro spojování optických vláken jednovidových i vícevidových

Pro MM:

Zdroj světelného záření :

Jako zdroj světelného záření jsem použil Stabilized Light Source Type LS1/1300 (viz obr.8.3), který je schopen generovat optický signál na vlnové délce 1300 nm na vláknu typu MM



Obr. 8.3: Zdroj světelného záření Stabilized Light Source

Detektor optického signálu:

jako detektor optického signálu jsem použil Fiberoptics Tester FOT-20A (viz obr.8.4) schopen přijímat signál vlnových délek(780, 850, 1300, 1310, 1550) nm v rozsahu hodnot 6 až -60 s minimálním rozlišením 0,05 s chybou 5%. Měří v jednotkách dB, dBm a W.



Obr. 8.4: Detektor optické signálu Fiberoptics Tester FOT-20A

Pro SM:

Zdroj světelného záření:

jako zdroj světelného záření pro SM jsem použil přístroj LS 420 (viz obr.8.4a) schopný generovat optický signál o vlnových délkách 850, 1300, 1310, 1490, 1550 a 1625 nm

Vliv optických spojů na útlum optické trasy

Detektor optického signálu:

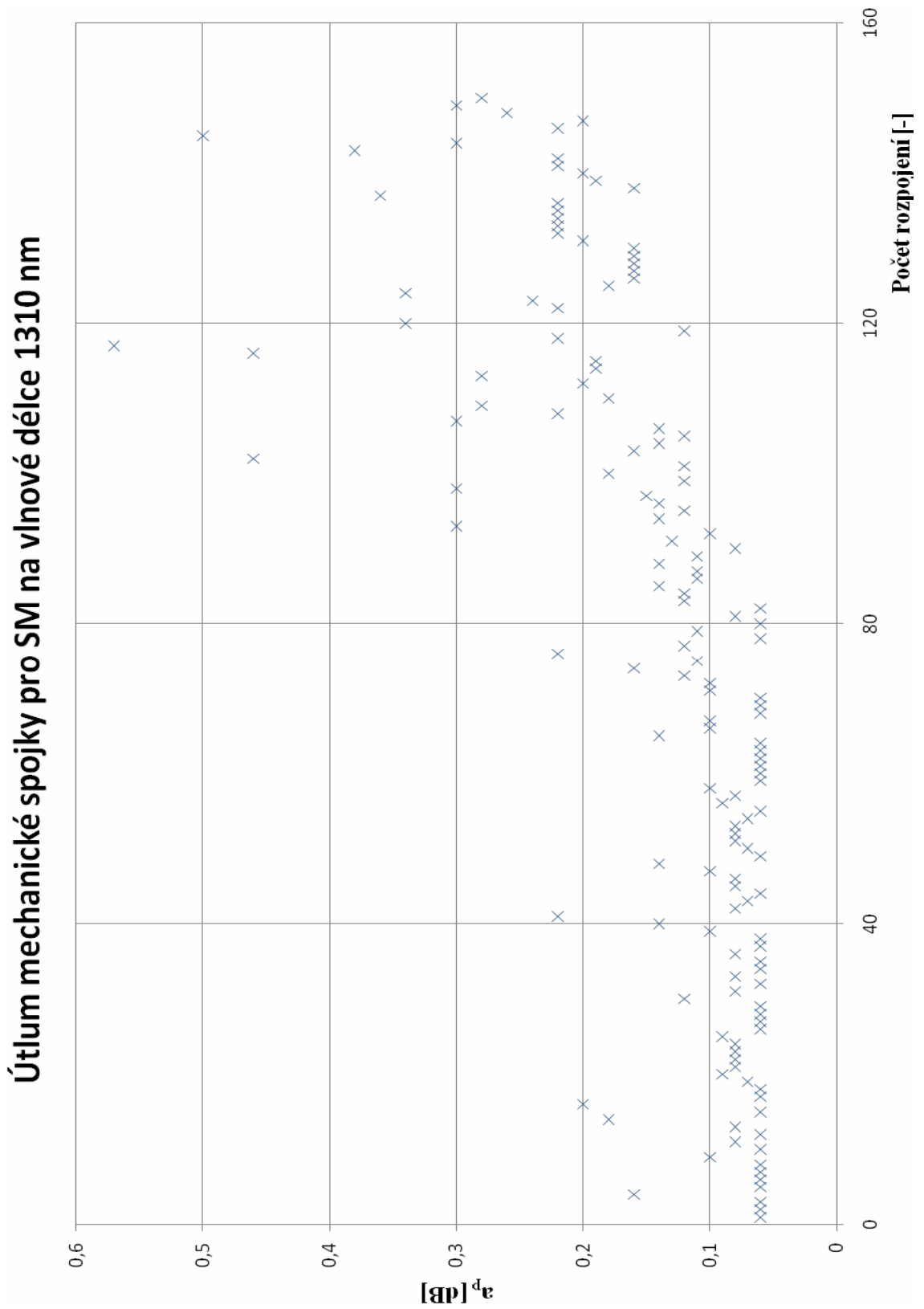
jako detektor optického signálu jsem použil přístroj PM 420 (viz obr.8.5b) schopný zachytit optický signál o vlnových délkách 850, 1300, 1310, 1490, 1550 a 1625 nm ve spolupráci s LS 420



Obr. 8.5:a) Zdroj světelného záření LS 420

b) Detektor optického signálu PM 420

8.1.6. Graf



Obr. 8.5: Graf útlumu mechanické spojky pro SM na vlnové délce 1310 nm

8.2. Útlum optické svářečky FITEL S122 na SM vláknu na 1550 nm

8.2.1. Schéma zapojení



Obr. 8.7: Zapojení pro měření útlumu sváru

8.2.2. Postup měření

Optické vlákno jsem si připojil ke zdroji. V libovolném místě jsem vlákno přerušil. Od vlákna z obou jsem si oddělil primární ochranu očistil alkoholem a zalomil v lámačce. Vlákna jsem vložil do optické svářečky k místu provádění sváru, zavřel poklop svářečky a provedl svár. Pokud jsou vlákna nevhodně vložena, přístroj nahlásí svařovací defekt a požádá o opětovné vložení vláken. Pokud osazení vláken souhlasí, přístroj provede svár automaticky. Tato svářečka provádí automatický i odhad útlumu sváru. Poté následuje zkouška pevnosti spoje a můžeme svařené vlákno vyndat a použít.

8.2.3. Tabulka naměřených hodnot

Tab. 8.3: Hodnoty sváru pro lámačku FITEL S325A

Průměrná hodnota sváru $\bar{a}_{sv} : 0,034 \text{ dB}$		
Útlum sváru $a_{sv} \text{ [dB]}$	$\Delta a_{sv} \text{ [dB]}$	$\pm \delta a_{sv} \text{ [%]}$
0,05	0,016	47,06
0,04	0,006	17,65
0,04	0,006	17,65
0,04	0,006	17,65
0,01	0,024	70,59
0,02	0,014	41,18
0,01	0,024	70,59
Svařovací defekt	-	-
0,01	0,024	70,59
0,09	0,056	164,71
0,03	0,004	11,76

měřeno pro lámačku FITEL S325A

Tab. 8.4: Hodnoty sváru pro lámačku S46999-M9-D12

Průměrná hodnota sváru $\bar{a}_{sv} : 0,021 \text{ dB}$		
Útlum sváru a_{sv} [dB]	Δa_{sv} [dB]	$\pm\delta a_{sv}$ [%]
0,03	0,009	42,86
0,02	0,001	4,76
0,02	0,001	4,76
0,01	0,011	52,38
0,05	0,029	138,10
0,01	0,011	52,38
0,01	0,011	52,38
0,02	0,001	4,76
0,03	0,009	42,86
0,01	0,011	52,38

měřeno pro lámačku S46999-M9-D12

8.2.4. Vzorové výpočty

Průměrná hodnota:

$$\bar{a}_{sv} = \frac{\sum a_{sv}}{10} = \frac{0,21}{10} = \underline{\underline{0,021 \text{ dB}}}$$

Absolutní chyba:

$$\Delta_{a_{sv}} = \bar{a}_{sv} - a_{sv} = |0,021 - 0,03| = |0,009| = \underline{\underline{0,009 \text{ dB}}}$$

Relativní chyba:

$$\delta_{a_{sv}} = \frac{\Delta_{a_{sv}}}{a_{sv}} \cdot 100 = \frac{0,009}{0,021} \cdot 100 = \underline{\underline{42,86\%}}$$

8.2.5. Použité přístroje

Zdroj světelného záření:

jako zdroj světelného záření pro SM jsem použil přístroj LS420 (viz obr.8.4a) schopný generovat optický signál o vlnových délkách 850, 1300, 1310, 1490, 1550 a 1625 nm

Vliv optických spojů na útlum optické trasy

Optická svářečka:

lehká příruční svářečka (viz obr.8.8) s dobou sváru 15 s, s vnitřním monitorovacím systémem pro kontrolu procesu svařování a servis přístroje s přehledným ovládáním



Obr. 8.7: Automatická svářečka FITEL S122

Lámačky optických vláken:

použili jsme automatické typy lámaček optických vláken(viz obr.8.8) provádějící zalomení v jediném kroku.



a)



b)

Obr. 8.8: a) Lámačka S46999-M9-D12
b) Lámačka FITEL S325A

8.3. Útlum optické spojky měřené pomocí OTDR

8.3.1. Schéma zapojení



Obr. 8.9: Schéma pro měření mechanické spojky metodou OTDR

8.3.2. Postup měření

Zapojili jsme obvod (viz obr.8.9). Jako zdroj a analyzátor mi sloužil přístroj OTDR, ke kterému jsme připojili předřadné vlákno, aby nebyl negativně ovlivněn vstupní konektor a tím i celé měření. Ze spojky jsme vždy po měření vysunuli optická vlákna, očistili je od gelu a vsunuli zpět.

8.3.3. Tabulka naměřených hodnot

Pro novou spojku:

Tab. 8.5: Hodnoty útlumů pro spojku metodou OTDR nové spojky

Počet rozpojení [-]	IL [dB]	RL [dB]
1	0,038	-55,6
2	0,030	-55,7
3	0,071	-57
4	0,059	-54,5
5	0,063	-70
6	0,090	-54,4
7	0,092	-56,1
8	0,066	-50,8
9	0,047	-54,1
10	0,061	-62,2

měřeno pro: celková délka trasy 3,702 km

vzdálenost měřené spojky 1,708 km

Vliv optických spojů na útlum optické trasy

Pro spojku po 150 spojích a dvou dnech na vzduchu:

Tab. 8.6: Hodnoty útlumů pro spojku metodou OTDR použité spojky

Počet rozpojení [-]	IL [dB]	RL [dB]
1	0,732	-57,9
2	1,088	-53,4
3	0,928	-62
4	5,932	-33,9
5	-	-
6	10,414	-45,6
7	10,461	-42,6
8	10,685	-44,6
9	2,885	-46,8
10	0,446	-47

měřeno pro: celková délka trasy 3,702 km

vzdálenost měřené spojky 1,708 km

8.3.4. Použité přístroje

OTDR - Optical Time Domain Reflectometer (viz obr. 8.10) slouží pro zobrazení a detekci všech prvků či chyb na optické trase. Je schopen u dané problematiky zjistit její vložný útlum nebo také útlum odrazu. Při připojení speciální čelní kamery umí zobrazit ukázkou čistoty čela dané součástky.



Obr. 8.10: Přístroj OTDR

8.4. Ukázka čistoty optického konektoru

Ke zhodnocení čistoty konektoru jsme použili přístroj OTDR (viz obr. 8.10), ke kterému byla připojena kamera k zobrazování právě čela konektoru. Zkoušeli jsme zobrazovat postupně jeden čistý (Příloha 1) a jeden špinavý konektor (Příloha 2), které jsme postupně rozpojovali zapojené k OTDR ke kameře. Konektor byl odpojen a zpět k OTDR připojen asi tisíckrát.

8.5. Měření geometrických parametrů optického konektoru



Obr. 8.10: Přístroj Interferometr FIBO 250

Vliv optických spojů na útlum optické trasy

Měření geometrických parametrů se provádělo vložením optického konektoru do přístroje Interferometr FIBO 250 ve firmě Optokon. Vkládali se postupně konektor typu APC (Příloha 3) a po změření parametru konektor typu PC (Příloha 4). Před samotným vložením však musel být každý konektor řádně očištěn. Ihned po vložení jsme museli provést polohování konektoru kvůli středovosti jádra. Zvolením typu konektoru si samotný přístroj nastavil toleranční pásma pro daný konektor. Dané měření poté probíhá automaticky. Přístroj FIBO 250 je určen k zobrazování struktury konektoru v trojrozměrném prostoru a vyhodnocení žádaných parametrů.

9. ZÁVĚR

Tato práce se zabývá vlivem spojování optických vláken na útlum optické. Postupně jsou v této práci zahrnuty v současné době nejrozšířeněji používané druhy spojování optických vláken několika měřicími metodami. Jsou zde popsány všechny užívaná optická vlákna a jejich možná využití, zdokonalení a samozřejmě i nedostatky .

V první části jsem se zaměřil na mechanickou spojku Fiberlok dodanou od firmy 3M. Nejprve jsem ji měřil na optickém vlákně MM na vlnové délce 1300 nm. Toto měření bych nepovažoval za příliš věrohodné, jelikož jsem předpokládal vyšší hodnoty útlumu a proto jsem se spokojil s detektorem optického signálu FOT-20A mající minimální rozlišení 0,5 dBm, které bylo jak se časem ukázalo nedostačující. Ovšem již z tohoto měření bylo již patrná kvalita spojky, a proto jsme spojku nejen rozpojovali, ale i v dalším měření vysunovali a očišťovali od gelu obsaženém ve spojce. Hodnoty začaly být proměnlivé až po 60 rozeptnutí, kdy už byla potřeba zvětšené pozornosti vkládání vláken do spojky abychom se dostali na co nejnižší hodnotu útlum

V dalším bodě jsme se zaměřili na SM vlákno pro 1310 nm, které se dá očekávat bude hojněji používáno než-li MM, a proto jsme si vzali poučení z minulého měření detektor s větší rozlišovací schopností, vypsali více hodnot a hned od začátku spojku rozpojovali a očišťovali od gelu. Spojka si pro prvních padesát měření držela velice nízký útlum až na drobné výkyvy, které bych přisoudil spíše špatnému vložení vlákna do spojky. Větší výkyvy se začali projevovat až po osmdesáti rozeptnutí, když spojka musela být otočena kvůli nemožnosti rozeptnutí, jelikož jsme na ni používali držák a svorku pro lepší práci a vlákno již bylo několikrát zlomeno. Tyto výkyvy bych přisoudil ubývajícímu gelu ve spojce. U této spojky jsme došli ke stopadesáti rozeptnutí, kde už byla spojka opotřebená z obou stran a nebylo již možno rozeptnout. Útlum si držel exponenciální bodovou charakteristiku (viz obr. 8.5) až na několik náhodných pokusů způsobeny nánosy zbytku gelu ve spojce.

Na SM byla použita i metoda OTDR nejprve pro novou spojku, která si opět držela hodnoty útlumu řádově v setinách i po několika rozeptnutí, což jsou víceméně obdobné hodnoty kterých dosahujeme u optického svařování, kde se ovšem nejedná o rozebíratelné spojení. Útlum odrazu se držel někdy i s přehledem pod hodnotou minus padesáti dB což bych považoval také za velmi povedené hodnoty. Poté jsme použili spojku jenž byla již stopadesátkrát použita a ponechána volně položena v nazavakuova-

Vliv optických spojů na útlum optické trasy

ném prostředí v rozepnutém stavu, což způsobilo vyschnutí gelu. Tato spojka v takovém stavu byla již téměř nepoužitelná, jelikož se někdy nepovede ani pořádně spojit, hodnoty vložného útlumu a útlumu odrazu dosahují vysokých hodnot a není již možné ji téměř rozpojit.

Proměření optických svárů jsme použili optickou svářečku FITEL S122 se zabudovaným vlastním měřícím systémem za použití dvou lámaček, aby se případně ukázal vliv zalomení vlákna. Z výsledků (Tab. 8.3) (Tab. 8.4) jde vidět, že jsou hodnoty útlumu velice nízké, téměř až nezatelně ovlivní tekoucí proud dat. Rozdíl průměrných hodnot nějaký byl, ale jak je vidět, svařovačka byla schopna u obou lámaček dosáhnout, a to ne jednou, útlumu jedné setiny dB, takže pokud máme dostatek vlákna bylo by to možné opakovat a dosáhneme velice nízkých potřebných hodnot. Jelikož je tato svařovačka velice lehká, asi jeden kilogram, bude s ní i velice lehká manipulace v terénu a nebude potřeba ani detektoru.

Pro optické konektory jsme si měřili jejich parametry. První byla pro kontrolu zkoumána míra opotřebení při běžném opotřebení opakovaným pro čistý konektor, který po asi tisíci rozpojení zůstal téměř čistý. Špinavý konektor jsem zkoušel taktéž rozpojit tolikrát avšak efekt byl úplně stejný. Vyplývá z toho, že konektor se běžným používáním neznečistí, ale spíše při nevhodném zacházení či ponechání někde v nevhodném prostředí. Dále jsme ve firmě OPTOKON zkoušeli ukázat geometrické vlastnosti pomocí přístroje FIBO 250 pro konektor se zabroušením ferule APC i PC. Výstupní zpráva je příloha 3 a příloha 4, kde byly měřenými parametry například průměr pláště, výška vlákna či poloměr ferule. Podle zadaného konektoru si přístroj automaticky nastavil toleranční pásmo a hodnoty odpovídaly. Na obrázcích u zpráv je vidět středovost jader a zobrazení čela ferule v 3D rozměru

10. SEZNAM LITERATURY

- [1] Filka, Miloslav. *Přenosová média*. Brno. VUTium, 2003. ISBN TK0001.
- [2] Pelikán, Jan. Přenosová média. [Online] Masarykova Univerzita, 8. 3 2001.
<http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/Vyuka/S5030/Predn2/Prezent/ppframe.htm>.
- [3] Kolektiv. Fiber optics Glossary. [Online] Force, Incorporated, 2005.
<http://www.fiber-optics.info>.
- [4] Peterka, Jiří. Archiv článků. *Optická revoluce*. [Online] 2001.
<http://www.earchiv.cz>.
- [5] Sýkora, Jiří. Princip WDM. [Online] 28. 7 2004. <http://access.feld.cvut.cz/>.
- [6] Skřípský, Jaromír. Elektro Revue. Parametry optických konektorů. [Online] 28. 2 2005. <http://www.elektrorevue.cz/clanky/05012/index.html>.
- [7] Mallat, Jaroslav. HPS v IT . *Co je co v IT > Optické vlákno a kabely* [Online].
<http://hps.mallat.cz/view.php?cisloclanku=2003090203>.
- [8] Pušmanová, Rita. Lupa. *WDM v optických metro a přístupových sítích*. [Online] 2003. <http://www.lupa.cz/clanky/wdm-v-optickych-metro-a-pristupovych-sitich/>
- [9] Copyright © 2008. Katalog firmy Global Sources. [Online] 2009.
<http://www.globalsources.com/>
- [10]Hájek, M., Dvořák, K. Mikrokom s.r.o. Jak ovlivňují parametry měřících přístrojů výsledky měření optických tras. [Online] 2009.
http://www.mikrokom.eu/sk/pdf/parametry_pristroju.pdf.
- [11]<http://www.optokon.cz>
- [12] Filka, Miloslav. *Optické sítě*. Skripta. VUT FEKT, Brno 2007. ISBN TK0001.
- [13]<http://www.exfo.com>
- [14]<http://www.profiber.cz>

11. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Čistota čela nového konektoru

Příloha 2 – Čistota čela špinavého konektoru

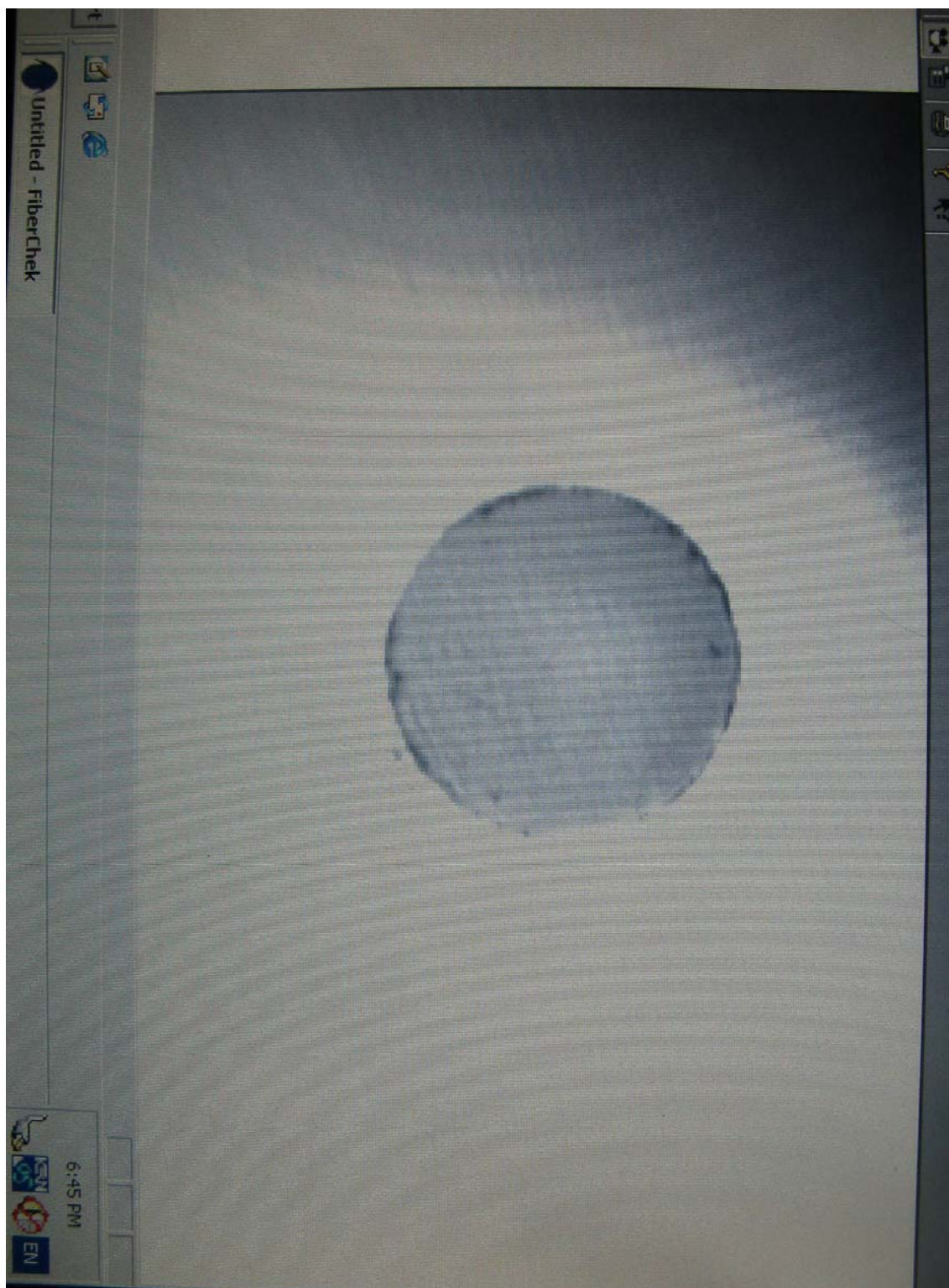
Příloha 3 – Výstupní zpráva konektoru se zabroušením PC

Příloha 4 – Výstupní strana konektoru se zabroušením APC

12. SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

a_p	- útlum součástky [dB]
\bar{a}_{sv}	- průměrná hodnota sváru [dB]
Δa_{sv}	- absolutní chyba sváru [dB]
$\pm\delta a_{sv}$	- relativní chyba sváru [%]
$\sum a_{sv}$	- suma z hodnot sváru [dB]
a_{sv}	- útlum sváru [dB]
APC	- Angled Physical Contact
ATM	- Asynchronous Transfer Mode
CWDM	- Dense Wavelength Division Multiplex
DWDM	- Coarse Wavelength Division Multiplex
FWM	- Four-Wave Mixing
IL	- vložný útlum [dB]
L	- délka [m]
LED	- Light Emitting Diode
MM	- Multi Mode
n_1, n_2	- index lomu [-]
OTDR	- Optical Time Domain Reflectometer
P	- útlum trasy [dB]
PC	- Physical Contact
PMD	- Polarization Mode Dispersion
P_i	- celkový optický výkon [W]
P_r	- odražený optický výkon [W]
P_{ref}	- hodnota útlumu [dBm]
P_{tr}	- hodnota útlumu [dBm]
P_0	- vstupní optický výkon [W]
P_1	- výstupní optický výkon [W]
RL	- útlum odrazu [dB]
SM	- Single Mode
WDM	- Wavelength Division Multiplex
λ	- vlnová délka [nm]
θ	- mezní úhel [°]

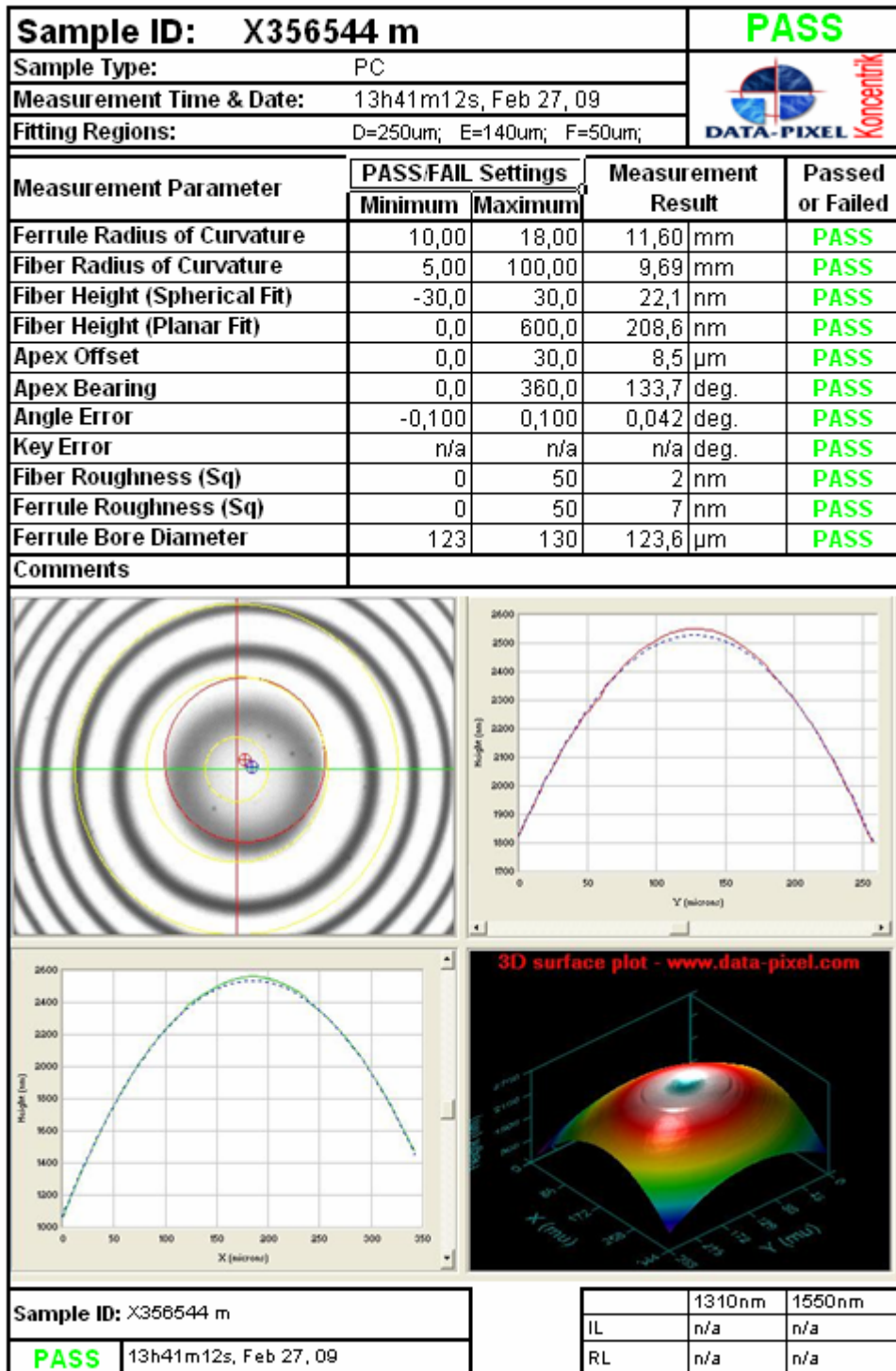
Příloha 1



Příloha 2



Příloha 3



Příloha 4

