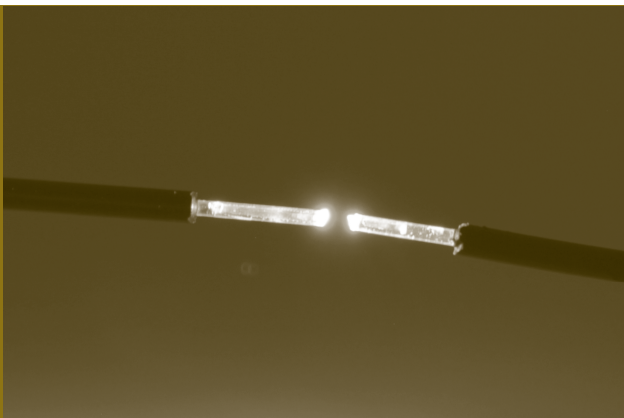


PODKLADY PRO PRAKTICKÝ SEMINÁŘ PRO UČITELE VOŠ



Testování a hledání závad na trase pasivních optických přípojek PON FTTx pomocí reflektometru OTDR. Oprava přerušovaných vláken svařovací soupravou.

Ing. Michal Lucki, Ph.D.

AUTOŘI

Ing. Michal Lucki, Ph.D.

NÁZEV DÍLA

Testování a hledání závad na trase pasivních optických přípojek PON FTTx pomocí reflektometru OTDR. Oprava přerušených vláken svařovací soupravou.

ZPRACOVALO

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

KONTAKTNÍ ADRESA

Technická 2, Praha 6

POČET STRAN

57

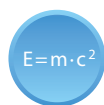
**INOVACE, PRAKTICKÉ ZKUŠENOSTI A ATRAKTIVITA
VE VZDĚLÁVACÍCH PROGRAMECH PRO VOŠ**

<http://ipzavos.sssep9.cz>



Evropský sociální fond
Praha & EU: Investujeme do vaší budoucnosti

VYSVĚTLIVKY



Definice



Zajímavost



Poznámka



Příklad



Shrnutí



Výhody



Nevýhody

ANOTACE

Po prostudování modulu student by měl znát princip testování optické trasy reflektometrem OTDR, určovat potenciální místa závady na trase a opravit přerušena nebo poškozena vlákna. Dalším cílem je naučit studenta předpoklady pro měření útlumu optických vláken a spojů a vyhodnocení naměřených hodnot s ohledem na útlumové třídy prvků trasy. Student především získá praktické zkušenosti s prací v terénu s reflektometrem a svařovací soupravou. Předpoklady pro měření: znalost logaritmických veličin pro vyjádření úrovně výkonu, znalost základních typu optických komponent optické trasy.

CÍLE

Cílem tohoto výukového materiálu je práce s reflektometrem OTDR za účelem hledání závad na optické trase, primárně pak měření útlumu optické trasy a vyhodnocení změřeného průběhu. Mezi potenciální závady na trase lze zařadit přerušená optická vlákna, které lze opravit svářením přenosnou optickou svářečkou. Svářením optických vláken zahrnuje přípravu vláken ke sváření, zhotovení svaru, změření útlumu svaru a zabezpečení svaru mechanickou ochranou proti zlomení.

LITERATURA

- [1] L. Boháč, M. Lucki, Optické komunikační systémy, skriptá ČVUT, 2010, ISBN 978-80-01-04484-1.
- [2] G. Agrawal, Fiber Optic Communication Systems, Wiley series in microwave and optical engineering, 2010, ISBN 978-0-470-50511-3.
- [3] I. Kaminov, T. Li, A. Willner, Optical Fiber Telecommunications VB, Systems and Networks, Elsevier, 2008, ISBN 978-0-12-374172-1.

Obsah

1	Útlum optických vláken a komponent optických přípojek	7
1.1	Optické přípojky FTTx.....	7
1.2	Faktory ovlivňující výstavbu optických přípojek.....	8
1.3	Dosah a útlumové parametry pasivních optických sítí dle ITU-T	9
1.4	Dosah a útlumové parametry pasivních optických sítí dle IEEE	10
1.5	Koeficient útlumu přenosového media.....	11
1.6	Útlum pasivních optických rozbočovačů (ang. splitters)	12
1.7	Spoje optických vláken – zdroj vložných ztrát.....	13
1.8	Útlumové třídy optických vláken	14
1.9	Útlum standardních ITU-T vláken pro přenos informace	15
1.10	Pojem vidu optického záření a vlnové délky.....	16
1.11	Optická vlákna pro přenos informace – jednovidová vlákna	17
1.12	Optická vlákna pro přenos informace – mnohovidová vlákna.....	18
2	Testování optických přípojek reflektometrem OTDR – měření útlumu, hledání závad	19
2.1	Klasické metody pro měření útlumu optického vlákna.....	19
2.2	Přímá metoda měření útlumu	20
2.3	Přímá metoda měření útlumu – zhodnocení.....	21
2.4	Princip metody zpětného rozptylu (OTDR)	22
2.5	Blokové schéma reflektometru.....	23
2.6	Laboratorní úloha zaměřená na testování optické přípojky reflektometrem OTDR	24
2.7	Ovládací prvky reflektometru.....	25
2.8	Zprovoznění měření	26
2.9	Parametry měření	27
2.10	Možnost vyhodnocení výsledků měření reflektometrem	28
2.11	Zobrazení průběhu útlumu vláken, svarů a konektorů	29
2.12	Zobrazení svarů a konektorů reflektometrem OTDR.....	30
2.13	Fyzikální podstata rozdílného zobrazení svarů a konektorů reflektometrem OTDR	31
2.14	Vliv délky pulzů na přesnost a dosah metody OTDR	32
2.15	Vliv délky pulzů na přesnost a dosah – krátké pulzy	33
2.16	Vliv délky pulzů na přesnost a dosah – dlouhé pulzy	34
2.17	Průběhy z reálného měření reflektometrem pro různou délku pulzů	35
2.18	Optimální měření reflektometrem v praxi.....	36
2.19	Porovnání metody OTDR s klasickými metodami měření útlumu	37

2.20	Další výhody reflektometrické metody	38
2.21	Novinka na trhu: Photon Counting OTDR.....	39
2.22	Závěr.....	40
3	Oprava přerušovaných optických vláken přenosnou automatickou svařovací soupravou	41
3.1	Oprava přerušovaných konektorů	41
3.2	Oprava přerušovaných vláken svařením	42
3.3	Laboratorní úloha zaměřená na svařování optických vláken	44
3.4	Postup přípravy vláken ke sváření a zhotovení svaru	45
3.5	Odstranění ochrany optického vlákna – vlákna na špulce bez sekundární ochrany.....	46
3.6	Odstranění ochrany optického vlákna – optické kabely s kompletní ochranou	47
3.7	Obsluha zalamovačky optických vláken	48
3.8	Správné zalomení vlákna.....	49
3.9	Práce se svařovací soupravou.....	50
3.10	Zhotovení svaru	52
3.11	Nejčastější chybová hlášení.....	53
3.12	Zhodnocení kvality svaru	54
3.13	Zajištění svaru před zlomením – nanesení potřebné ochrany	55
3.14	Video ze svařování optických vláken.....	56
3.15	Závěr.....	57

1 Útlum optických vláken a komponent optických přípojek

1.1 Optické přípojky FTTx

Fiber to the ...(Optické vlákno k...)

- FTTCab – Cabinet
- FTTC – Curb
- FTTB – Building
- FTTO – Office
- FTTH – Home

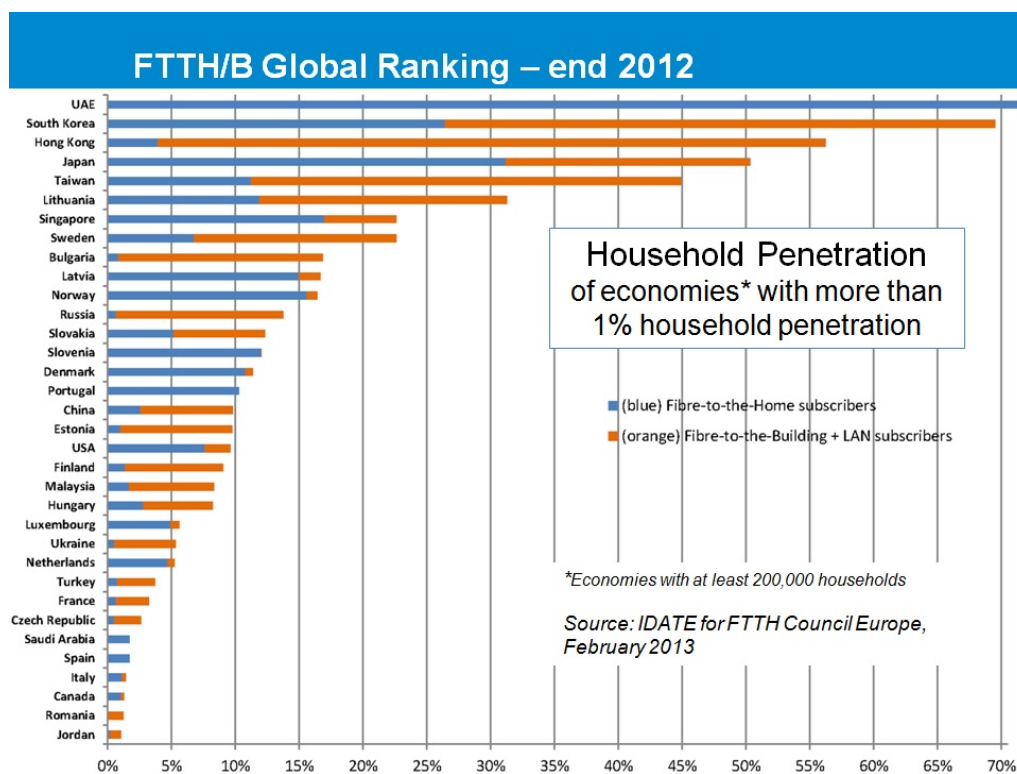


Pouze varianta FTTO a FTTH je čistě optické řešení (optické vlákno do zásuvky). Toto řešení je optimální pro velké firmy, které vyžadují velkokapacitní přenosy nebo pro podniky, které zprostředkovávají internet dalším zákazníkům. Ostatní varianty představují hybridní řešení, kde optická vlákna vedou do určitého bodu trasy (rozvaděč, obrubník, budova, skupina budov), dále je signál veden s využitím stávající metalické telefonní infrastruktury nebo bezdrátově.

1.2 Faktory ovlivňující výstavbu optických přípojek

- Poptávka po perspektivním řešení a velké informační kapacitě sítě
- Náklady na údržbu starší metalické infrastruktury
- Globalizace – větší podniky vstupují na menší trhy, kde implementují řešení s větších trhů (např. O2 Telefonica vs. Český Telekom)
- Soutěž na trhu v celostátním měřítku (např. konkurence France Telecom a Iliad Group):
- Množství metalických linek v provozu
- Evropská legislativa, fondy
- „Local Loop Unbundling“, zpřístupňování páteční infrastruktury menším hráčům, antimonopolní prostředí
- Požadavky zákazníků – velké přenosové rychlosti, HDTV, levná koncová zařízení

FTTH Council zveřejňuje statistiky, ze kterých se můžete dozvědět, ve kterých zemích největší procentuální podíl internetových přípojek tvoří optické přípojky. Jedná se tradičně o Jižní Koreu, Japonsko, Švédsko nebo Norsko. Pokud uvažujeme absolutní počet optických přípojek, na prvním místě jsou Spojené Státy Americké. Pozn.: vysoko se umísťují rozvojové země, ve kterých byla slabá metalická infrastruktura, a tak optické přípojky tvoří značné procento všech přípojek.



Situace na trhu optických přípojek typu FTTH a FTTB na přelomu 2012 a 2013

1.3 Dosah a útlumové parametry pasivních optických sítí dle ITU-T

Doporučení ITU-T

Přípustné hodnoty počtů připojených uživatelů, dosažitelnou vzdálenost, přenosové rychlosti a útlumové třídy určuje doporučení pro pasivní optické sítě ITU-T G.984.2 **GPON** (*Gigabit Passive Optical Network*), a aktualizace XG-PON (2010).

Přenosová rychlost: 1,244 Gbit/s, 2,488 Gbit/s (2003) a 10 Gbit/s (2010)

Tři útlumové třídy A, B, C pro možnost použití levnějších zdrojů a detektorů optického záření.

- A: 5 – 20 dB (až 16 uživatelů)
- B: 10 – 25 dB (až 32 uživatelů)
- C: 15 – 30 dB (až 64 uživatelů)

Maximální počet připojených uživatelů: 64 (128 pro tzv. budoucí aplikace)

- Fyzický dosah: 0 – 20 km (logický dosah dán protokoly a vyššími vrstvy teoreticky až 60 km)

Přenosové pásmo:

- Downstream (směr k uživateli): 1480 nm – 1500 nm, možnost koexistence s 1575 nm – 1580 nm
- Upstream 1260 nm – 1360 nm nebo 1290 nm – 1330 nm

1.4 Dosah a útlumové parametry pasivních optických sítí dle IEEE

Doporučení IEEE

Obdobou doporučení ITU-T u IEEE je standard **EPON** (*Ethernet Passive Optical Network*) P.802.3ah Ethernet in the first Mile (2004) a jeho aktualizace **10GEPON** (*10 Gbit Ethernet Passive Optical Network*), (2009).

Přenosová rychlost: 1,25 Gbit/s (stejná rychlost pro downstream a upstream). V roce 2009 byla doporučena odlišná rychlost 10 Gbit/s pro downstream a 1 Gbit/s pro upstream.

Útlumové třídy:

- 1: 5 – 20 dB (až 16 uživatelů)
- 2: 10 – 24 dB (až 32 uživatelů)

Maximální počet připojených uživatelů: 32

- Fyzický dosah: 10 – 20 km

Přenosové pásmo:

- Downstream (směr k uživateli): 1480 nm – 1500 nm
- Upstream 1260 nm – 1360 nm

1.5 Koeficient útlumu přenosového media



Koeficient útlumu přenosového media lze vyjádřit jako podíl výkonu na dvou vzdálenostech vztážen k jednotce délky přenosového media.

$$\alpha = \frac{10 \cdot \log\left(\frac{P_1}{P_2}\right)}{L},$$

kde α je koeficient útlumu, P_1 je výkon v bodě 1 (například na vstupu vlákna), P_2 je výkon v bodě 2 (například na výstupu vlákna), L je vzdálenost mezi body 1 a 2, (délka vlákna).

1.6 Útlum pasivních optických rozbočovačů (ang. splitters)

Útlumové třídy optických rozbočovačů dle dělicího poměru.

Dělicí poměr rozbočovače	Vložný útlum rozbočovače
1:2	3,9 dB
1:4	7,4 dB
1:8	10,8 dB
1:16	14,1 dB
1:32	17,3 dB
1:64	18,5 dB



Vložný útlum pouze jednoho 1:64 rozbočovače (výkonového děliče, vazebního článku) spadá do třídy C GPON a v praxi znamená velmi malou útlumovou rezervu. Proto je zapotřebí optimalizovat počet rozbočovačů na trase podle rozložení koncových bodů trasy na základě útlumové bilance trasy.

S hlediska útlumových vlastností trasy je například mnohem výhodnější použít jeden 1:64 splitter než dva splitters o poměru 1:32 každý. Použití menšího počtu rozbočovačů však v mnoha případech vyžaduje použití delších vláken, pokud je signál rozváděn pouze z několika málo bodů na trase.

1.7 Spoje optických vláken – zdroj vložných ztrát

Veškeré spoje optických vláken jsou zdrojem ztrát během přenosu optického výkonu. Optická vlákna lze spojovat konektory, spojkami a svary. Vložný útlum jednotlivých druhů spojení:

- Vložný útlum konektorů: 0,2 – 1,5dB
- FC a SC konektor 0,2 dB
- ST konektor 0,3 dB
- Vložný útlum mechanických spojek: 0,05 – 0,2dB
- Vložný útlum optických svarů 0,005 – 0,1dB



Výhodou optických svarů je jednoduchý postup sváření ve srovnání s konektorováním, nízké odrazy a nízký útlum.



Nevýhodou svarů je nízká odolnost na ohyby a nerozebíratelné spojení.

Optical splice



FC connector



ST connector



E2000 connector



SC connector



Vzhled optických konektorů a svarů

1.8 Útlumové třídy optických vláken

ITU-T specifikuje jednotlivé útlumové třídy optických vláken.

Útlumové třídy optických vláken na vlnové délce 1300 a 1550 nm.

Útlum třída A	Útlum třída B	Útlum třída C
0,5 dB/km na 1550 nm	0,4 dB/km na 1550 nm	0,4 dB/km na 1550 nm
0,4 dB/km na 1300 nm	0,35 dB/km na 1300 nm	0,3 dB/km na 1300 nm

ITU-T určuje také útlumy pasivních optických rozbočovačů, které přispívají k celkovému útlumu optické trasy. (Praktický celkový útlum trasy dosahuje 28 dB + 1 dB rezerva).



Útlum vláken je úzce spojen s typem látky, ze které je vlákno vyrobeno. Většinu vláken se vyrábí s oxidu křemičitého (SiO_2), která mohou být případně dopovaná GeO_2 pro optimalizaci disperzi.

Vedle skleněných vláken existují levná plastová vlákna, která mají větší útlum v konvenčním telekomunikačním pásmu kolem vlnové délky 1550 nm, pracovní vlnová délka se většinou nachází kolem vlnové délky 850 nm. Plastová vlákna jsou určena pro kratší dosahy než vlákna z SiO_2 .