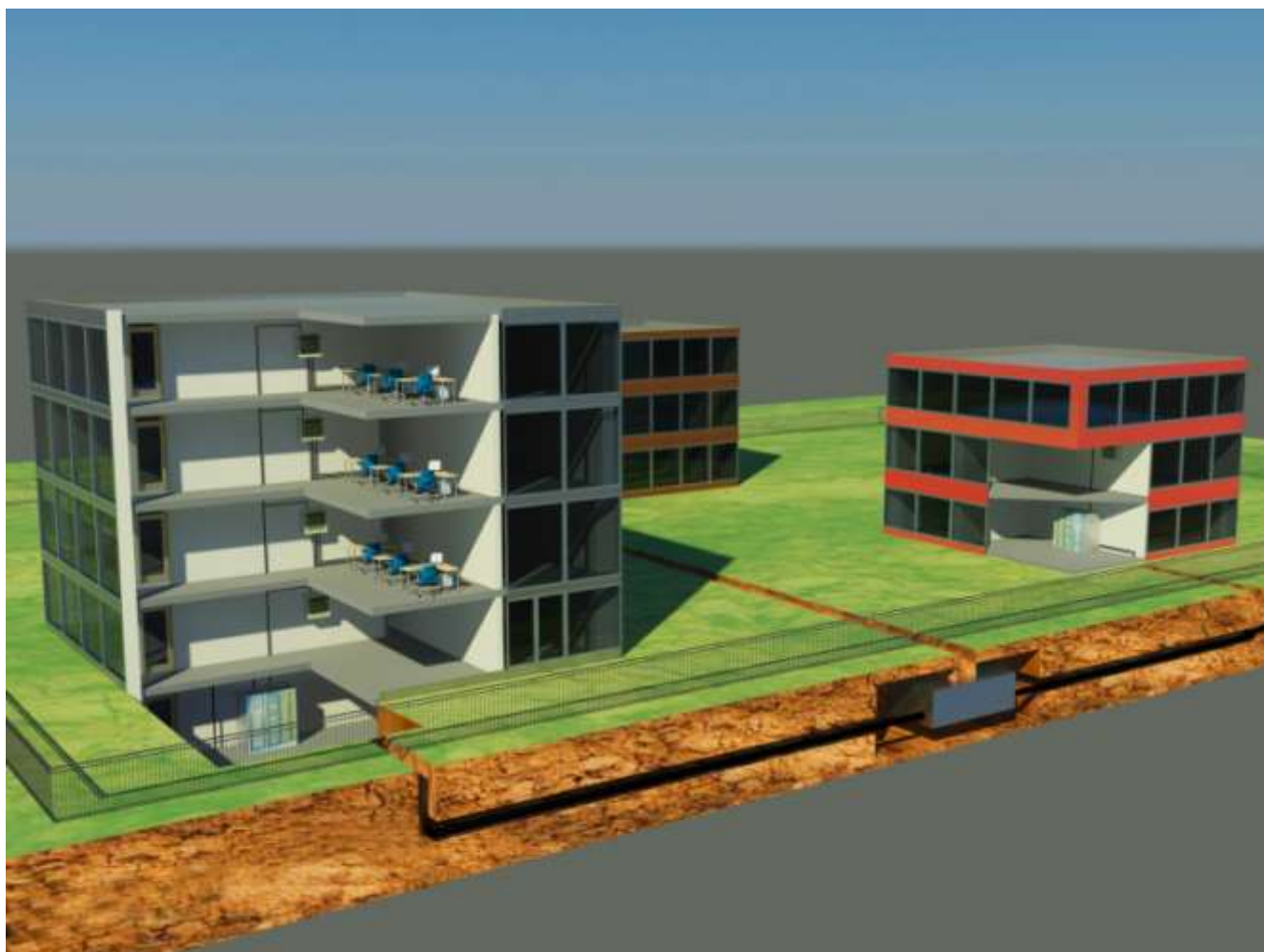


STRUKTUROVANÝ KABELÁŽNÍ SYSTÉM

optická kabeláž - příručka



VARIANT plus, spol. s r.o., U Obůrky 5, 674 01 TŘEBÍČ
tel.: 565 659 600, hot-line: 777 55 77 04

www.variant.cz

Nabídka technické pomoci od firmy Variantu plus, spol s r.o..

Telefonické konzultace

Pokud potřebujete konzultovat Vaše řešení nebo už vzniklý problém, máte k dispozici pevnou telefonní linku 565 659 620 nebo dvě mobilní linky 777 55 77 02 a 777 55 77 04. Kontaktovat nás můžete i na emailu technik@variant.cz. Jsme schopni pomoci při řešení technických problémů, správného výběru komponentů, při vytváření projektu a při ožívování našich systémů. Telefonní konzultace v plném rozsahu je možné využívat během pracovní doby od 7:30 do 16:00 v pracovní dny.

HOT-LINE

V pracovní dny do 18:00, o víkendech a o svátcích je možné v případě nouze nebo neodkladné záležitosti volat na technické mobilní telefony 777 55 77 02 nebo 777 55 77 04, na kterých je držena HOT-LINE. Při využívání služeb HOT-LINE doporučujeme mít po ruce kompletní dokumentaci k danému zařízení.

Projektové poradenství

V případě, že vytváříte projekt nebo návrh instalace, je možné konzultovat správný výběr zařízení a komponentů. Poradíme i v případě náhrady jiného systému, systémem z naší nabídky.

Konzultace v místě instalace

Pro začínající firmy nabízíme konzultaci s naším technikem přímo na Vaší instalaci v objektu. Přímo na místě jsme schopni Vám vysvětlit základy a principy instalace. Nejedná se o provádění instalace nebo přebírání instalačních závazků na Variant plus, ale o zaškolení přímo na místě. Vzhledem k časové a provozní náročnosti je tato služba placená. Účtujeme hodinový pobyt technika na instalaci a náklady na cestu. V případě zájmu se prosím informujte o aktuálních cenách.

Školení na strukturovaný kabelážní systém LAN-TEC

Pořádáme odborné školení na instalaci strukturovaného kabelážního systému s orientací na náš sortiment LAN-TEC. Předpokládaná doba trvání je jeden pracovní den od 9:00 do 16:00. Semináře jsou výrazně technicky orientovány a přizpůsobeny začínajícím instalačním firmám v oboru strukturované kabeláže. Po absolvování seminářů získáte znalosti pro instalaci strukturované kabeláže, praktické zkušenosti s instalací a přehled řady výrobků LAN-TEC. V rámci semináře je zajištěno občerstvení a studený oběd. Po absolvování školení obdržíte certifikát o proškolení na instalaci SKS na řadu výrobků LAN-TEC. Informace o termínech školení naleznete na www.variant.cz, zde se můžete i zaregistrovat.

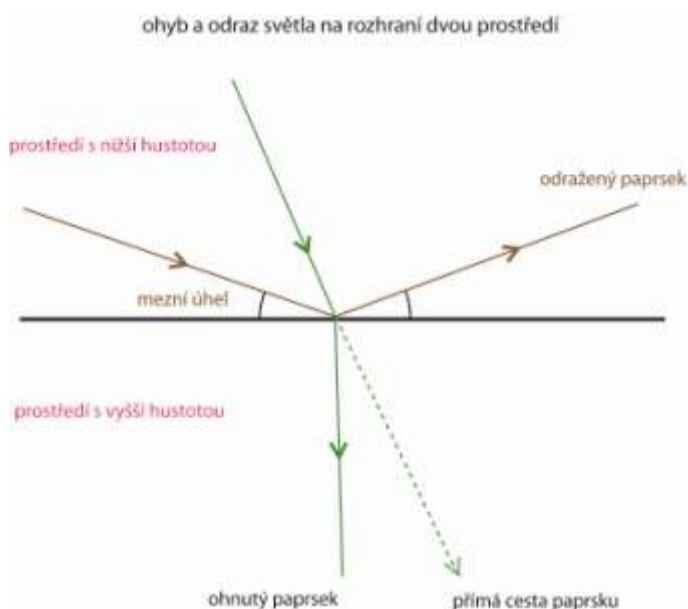
Obsah

1.	Optická kabeláž.....	4
2.	Typy optických vláken a kabelů	6
3.	Optická trasa.....	10
4.	Optické konektory	10
5.	Spojky/adaptéry	12
6.	Optické rozvaděče, zásuvky.....	12
7.	Propojovací (patch) kabely	13
8.	Návrh a instalace optické kabeláže	13
9.	Zakončení optických kabelů	15
10.	Měření a testování optických kabelů	17

1. Optická kabeláž

Optické vlákno v současné době má velice důležité místo při budování a provozování datových sítí. Původně se optické vlákno využívalo pro meziměstské telekomunikační linky. Tato technologie začala nabízet řadu výhod (především dlouhý dosah, velkou šířku pásma, odolnost proti rušení). S postupným zlevněním této technologie došlo k rozšíření moderních komunikačních technologií na dlouhé vzdálenosti. Technologie pro rychlý přenos se postupně dostávala i do „běžných“ datových sítí. Optická kabeláž je dnes běžnou součástí strukturované kabeláže a v kombinaci s metalickou kabeláží je schopna zajistit vhodné využití všech typů datových sítí s velkou šířkou přenosového pásma i na malé vzdálenosti.

Při přenosu světla optickými vlákny se využívá odrazu a lomu světelných paprsků. Paprsek světla se při přechodu z jednoho prostředí do druhého ohýbá. Nejlépe je tuto vlastnost možné pozorovat při přechodu paprsku mezi vodou a vzduchem. Ohyb světla po cestě z jednoho prostředí do druhého se označuje jako lom. Každý průhledný materiál má index lomu, který definuje, nakolik by se světlo ohnulo po cestě z tohoto materiálu do vakua. Úhel ohybu světla závisí také na vlnové délce (barvě) světla. Viditelné světlo představují elektromagnetické vlny v rozsahu 420 nm – 750nm. V optické soustavě se využívá rozsah infračerveného záření v rozmezí 800 nm – 1600 nm.



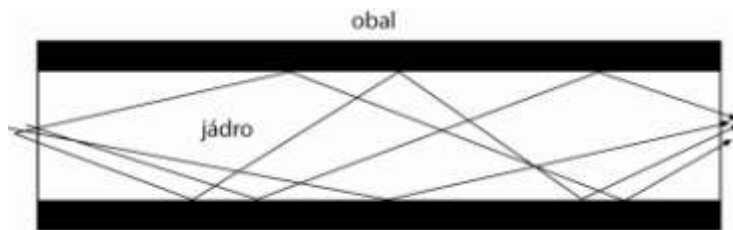
Optické vlákno je válečkový dielektrický vlnovod, který přenáší světlo (vid) podél svojí osy pomocí odrazu. Přenosová kapacita optického vlákna je daná počtem přenesených vidu za časovou jednotku. Vlákno je složeno z jádra obklopeného tenkou vrstvou obalu. K vazbě optického signálu na jádro musí být lomivý index jádra vyšší, než má obal. Poměr index lomu mezi jádrem a obalem je takový, že v případě kdy světelný paprsek dojde na rozhraní jádra a obalu, odrazí se zpět směrem do středu vlákna. Rozhraní mezi jádrem a obalem může být náhlé, buď ve vláknu se skokovým profilem lomu, nebo postupné v gradientním vláknu.

Výhody optické kabeláže

- optické vlákno nevyzařuje žádné elektromagnetické záření
- je imunní oproti elektromagnetickému rušení a je možné optickou kabeláž instalovat v souběhu se silnoproudou kabeláží
- vysílač a přijímač na optických vláknech je galvanický oddělen
- nelze odposlouchávat signál na vláknech
- vysoká přenosová rychlost a velká šířka přenosového pásma
- velká morální životnost

Skokový index lomu (step index)

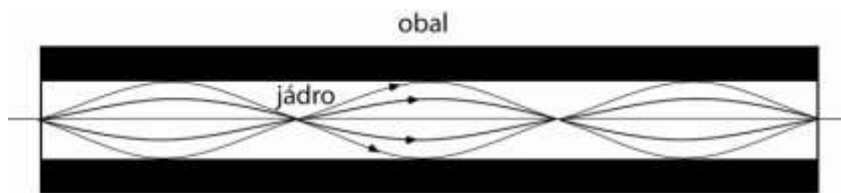
- do vlákna vstupují vidy (paprsky) pod mnoha úhly, šíří se totálním odrazem, vytváří mnohovidový způsob šíření signálu
- index lomu obalu s rostoucí vzdáleností od osy vlákna zůstává stejný v celém obalu
- světlo se odráží pod jedním úhlem
- používá se na krátké vzdálenosti v průmyslu a automatizaci
- útlum 5 až 10 dB/km
- nevýhoda: vidová disperze (rozdílná doba průchodu světla optickým kabelem), což omezuje šířku přenášeného pásma



vícevidové vlákno se skokovou změnou indexu lomu

Plynulá změna indexu lomu - gradientní vlákno (graded-index)

- index lomu obalu s rostoucí vzdáleností od osy vlákna se snižuje
- světlo má při odrazu sinusoidní průběh
- paprsek opisuje sinusovou křivku, což snižuje vidovou disperzi
- útlum 0,85 až 5 dB/km
- výhoda: eliminace vidové disperze = menší zkreslení, jednotlivé vidy dojdou na konec vlákna zhruba ve stejném časovém okamžiku



vícevidové vlákno s plynulou změnou indexu lomu

Jednovidové vlákno (single mode)

- jednovidová vlákna vykazují nejlepší parametry optické přenosové cesty
- v jádře je možné šířit pouze jeden vid
- výroba z homogenní skloviny
- útlum 0,35 dB/km při 1310 nm, 0,23 dB/km při 1550 nm
- tuto vlastnost využívají jednovidová vlákna



jednovidové vlákno

Optická vlákna mají velkou šířku pásma a malý útlum. Vícevidová (multimodová) vlákna se dají použít do vzdálenosti 3000 metrů, ale z důvodů použití efektivní šířky přenosového pásma se v praxi používají menší vzdálenosti. Jednovidová (singlemode) vlákna se používají na výrazně delší vzdálenosti (desítky kilometrů).

Pro vysílání světelného signálu „skrz“ vlákno se používají speciální zdroje světla. Elektrický signál s daty je ve zdroji světla převeden na světlo. Paprsek světla ze zdroje míří na jedné straně do konce optického vlákna a projde na druhý konec. Na druhém konci vlákna je detektor (fotocitlivé zařízení), které světlo opět převede zpět na elektrický signál. Jako zdroje světla se používají laserové a LED diody, jako detektor se používají fotodiody a fototranzistory.

LED – nízká cena, nižší přenosová rychlost – 600 Mbit

LASER – vyšší cena, vysoká přenosová rychlost – Terabit

Ve vláknové optice se využívají tři vlnové délky:

- 1) 850 nm mnohovidová vlákna
- 2) 1300 nm mnohovidová vlákna, 1310 nm jednovidová vlákna
- 3) 1550 nm jednovidová vlákna

Většina optických zařízení pro přenos signálu je jednosměrná (simplexní), umí vysílat nebo přijímat. Pro plnohodnotné obousměrné (duplexní) přenesení signálu je potřeba dva optické spoje. Proto se většinou používají optická vlákna v párech.

Důležité upozornění – v žádném případě se nikdy nedívejte do optického konektoru. Může dojít k poškození oka laserovým paprskem!

2. Typy optických vláken a kabelů

Optické kabely existují v různých konstrukčních variantách, od jednoduchých duplexních propojovacích kabelů až po dálkové meziměstské optické trasy s desítkami až stovkami vláken.

Samotné optické vlákno je uloženo v primární a sekundární ochraně, kolem které jsou tahové prvky a plášť kabelu.

Vlákno

Vlákno se skládá z jádra (Core) a pláště (Cladding). Vyrobeno je ze skla v některých případech z plastu. Plášť je tenká vrstva skla, které obklopuje jádro. Plášť má nižší index lomu a tím zajišťuje vnitřní odraz šířeného světla. Vlákno má dva základní parametry, dané číslem uváděným na popisu kabelu. První číslo je průměr jádra, ve kterém je paprsek přenášen a druhé číslo je průměr obalu, který zajišťuje odraz paprsku a zároveň i určitou mechanickou stabilitu vlákna. Vlákna vícevidová jsou náchylnější k deformaci signálu a to omezuje maximální délku a přenosovou kapacitu.

Vlákna rozdělujeme:

- jednovidová (singlemode) SM - průměr jádra 9 μm , pláště 125 μm
- mnohovidová (multimode) MM - průměr jádra 50 nebo 62,5 μm , pláště 125 μm

Primární ochrana (buffer)

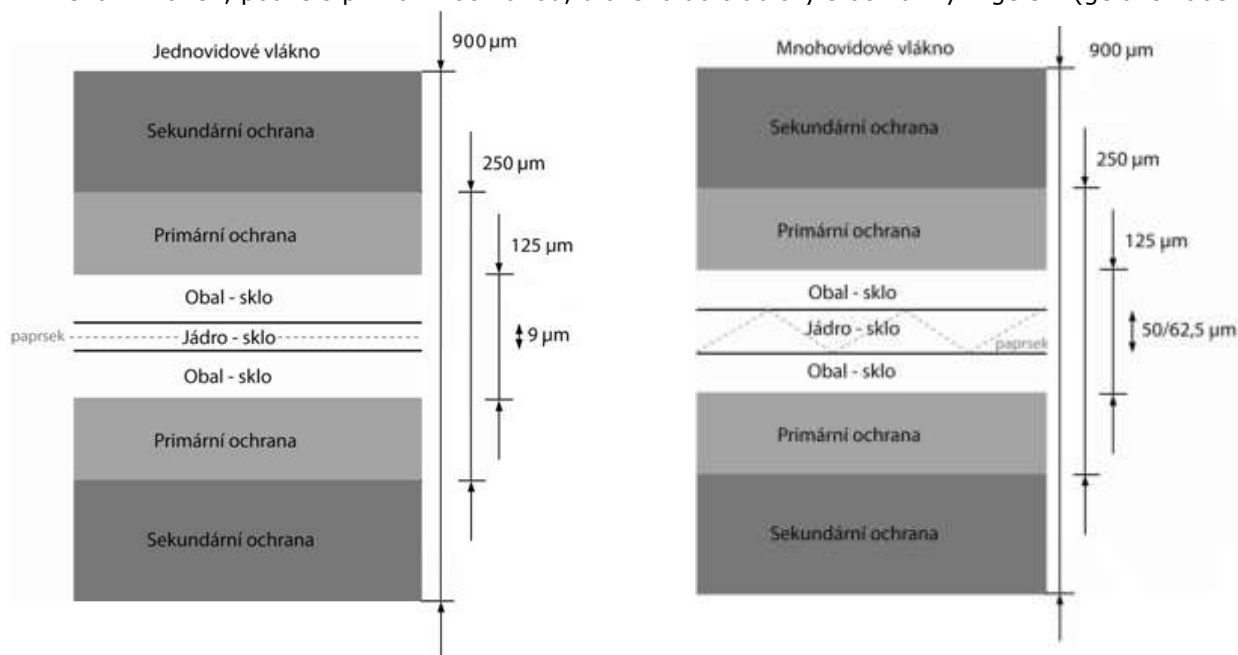
Na plášti je nanesen speciální lak (akrylátový lak), který chrání vlákno před vlhkostí a zvyšuje celkovou pevnost a lepší manipulaci s vláknem. Tato vrstva má průměr 250 μm .

Sekundární ochrana

Sekundární ochrana slouží k ochranně vlákna, před mechanickým namáháním a poškozením.

Existují dva typy sekundární ochrany:

- těsná sekundární ochrana se nabaluje přímo na primární ochrannou vrstvu. Tato sekundární ochrana má většinou průměr 900 μm (suché kabely).
- volná sekundární ochrana používá ochranný gel nebo volné uložení a v tomto případě je současně několik vláken, pouze s primární ochranou, uloženo do trubičky s ochranným gelem (gelové kabely).



Konstrukce optických kabelů:

Tažný prvek – kevlar (aramidová příze), skelná příze, ocelové struny

Plášť kabelu – více vrstev materiálu (podle požadavků s odolností proti UV, tlaku, teplotě, odolnost proti požáru, chemikáliím, podle způsobu uložení atd.

- PVC
- polyethylen
- LSZH
- ocel
- hliník

Značení optických kabelů

- J – vnitřní použití
- A – vnější použití
- V – těsná sekundární ochrana
- D – vícevláknová sekundární ochrana
- Q – vodoblokující páska
- (ZN) – dielektrické tahové prvky pod pláštěm
- Y – PVC plášť
- 2Y – PE plášť
- H – LSZH plášť
- B – armování, zesílená mechanická ochrana

Dělení optických kabelů podle typu:

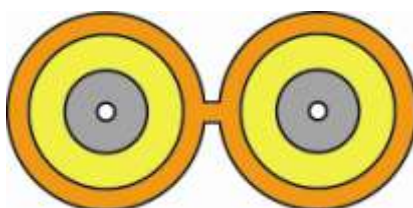
- 1) vnitřní - určeny do vnitřního prostředí
- 2) venkovní - určeny do venkovního prostředí
- 3) univerzální - určeny jak do vnitřního tak i venkovního prostředí

Typy kabelů podle prostředí, v kterém jsou instalovány

- 1) **Instalace uvnitř budov**
- 2) **Breakout kabely** – sekundární těsná ochrana s pláštěm pro jednotlivá vlákna, který zajišťuje dostatečnou mechanickou ochranu



- **Zip-cord kabely** - jedná se o duplexní (dvouvláknový) kabel, který se používá na propojovací (patch) kabely



3) Instalace do vnějšího prostředí

Venkovní kabely se instalují přímo do země, do podzemních trubek (chrániček) nebo se zavěšují. Ve venkovním prostředí jsou optické kabely vystaveny měnící se teplotě, vlhkosti, světlu a dalším nepříznivým vlivům, které je potřeba zohlednit a vybrat vhodný typ kabelu.

- U instalací ve venkovním prostředí se zpravidla používají optická vlákna o průměru 250 μm s volnou sekundární ochrannou. Tento typ ochrany je důležitý v prostředí, kde se mění teplota. Instalovaný kabel je vystaven mechanickému namáhání vlivem změny teploty okolního prostředí a hrozí poškození vlákna v případě použití těsné sekundární ochrany.



- Při instalaci přímo do země se používá pancéřovaný kabel s ochrannou před mechanickým poškozením a ochranou opřed hlodavci.
- Na závěsy a přívěsy se používá kabel s vysokou pevností v tahu a případně s nosným ocelovým prvkem.

Barevné značení jednotlivých vláken optických kabelů

- | | |
|-------------|---------------|
| 1. Modrá | 7. Červená |
| 2. Oranžová | 8. Černá |
| 3. Zelená | 9. Žlutá |
| 4. Hnědá | 10. Fialová |
| 5. Šedá | 11. Růžová |
| 6. Bílá | 12. Tyrkysová |

Kategorie optických kabelů

Rozdělení optických vláken do kategorií OM1/OM2/OM3 a OS1 zavedla norma ISO/IEC 11801 pro strukturovanou kabeláž.

Vlákno typu OS1 je standardní běžné optické jednovidové vlákno 9/125 μm . Vláknu OM1 odpovídá běžné vlákno 62,5/125 μm a parametry OM2 splňuje dnes používané vlákno 50/125 μm . Vlákno typu OM3 je realizováno pouze vlákny 50/125 μm . Tento typ vlákna OM3 je využíván především pro aplikace 10 Gigabitového Ethernetu. Pro kratší vzdálenosti do 300 metrů vyhovuje mnohovidové optické vlákno, nejlépe 50/125 μm typu OM2. Při vzdálenostech nad 300 metrů přenosu vyšší rychlosti je vhodné použít vlákna jednovidová.

Kategorie	Vlákno		
OM1	50/125 μm	62,5/125 μm	-
OM2	50/125 μm	62,5/125 μm	-
OM3	50/125 μm	-	-
OS1	-	-	9/125 μm

Možné způsoby použití optických kabelů

Třída	Fast Ethernet 100Base-FX	Gigabit Ethernet 100Base-SX	10G Ethernet 10GBase-SR
OF300	OM1	OM2	OM3
OF500	OM1	OM2	OS1
OF2000	OM1	-	OS1

Ethernet a maximální kabelové vzdálenosti

	protokol	vlnová délka	max. vzdálenost 50/125 μm	max. vzdálenost 62,5/125 μm	max. vzdálenost 9/125 μm
Ethernet	10Base-FL	850	1350m	2000m	-
Fast Ethernet	100Base-SX	850	300m	300m	-
Fast Ethernet	100Base-FX	1300	2000m	2000m	-
Gigabit Ethernet	1000Base-SX	850	550m	270m	-
Gigabit Ethernet	1000Base-LX	1300	550m	550m	5km
10 Gigabit Ethernet	10GBase-S	850	300m	25m	-
10 Gigabit Ethernet	10GBase-L	1310	300m	300m	-
10 Gigabit Ethernet	10GBase-LX	1310	300m	300m	10km
10 Gigabit Ethernet	10GBase-E	1550	-	-	40km

Požadavky na vlastnosti mnohovidových optických kabelů:

Kategorie	Maximální útlum (dB/km)		Minimální vidová šířka pásma MHz.km		
			Ozáření celého průřezu vlákna		Efektivní ozáření laserem
	850 nm	1300 nm	850 nm	1300 nm	850 nm
OM1	3,5	1,5	200	500	-
OM2	3,5	1,5	500	500	-
OM3	3,5	1,5	1500	500	2000

Z hlediska stárnutí optického vlákna, kdy může docházet k praskání nebo zvětšení útlumu je při návrhu a výběru důležitá kategorie, pro kterou splňuje kabel dané parametry.

Třídy mnohovidových vláken

Norma ČSN EN 18800 definuje tyto kategorie mnohovidových vláken na základě hodnoty g , která stanovuje normalizovaný profil indexu lomu.

Třída	Materiál	Typ	Meze
A1	skleněné jádro/skleněný plášť	gradientní vlákno	$1 \leq g < 3$
A2.1	skleněné jádro/skleněný plášť	kvaziskokové vlákno	$3 \leq g < 10$
A2.2	skleněné jádro/skleněný plášť	skokové vlákno	$10 \leq g < \infty$
A3	skleněné jádro/plastový plášť	skokové vlákno	$10 \leq g < \infty$
A4	plastová vlákna	-	-

Základní typy optických kabelů:

1) UNIVERZÁLNÍ (multimode, singlemode) s volnou sekundární ochrannou

Tento typ kabelu je určen pro instalaci do venkovního a vnitřního prostředí. Jednotlivá vlákna jsou uložena v centrální trubičce v gelu nebo pouze volně.

Plášť – PVC, LSZH



2) BREAKOUT (multimode, singlemode) s volnou sekundární ochrannou

Tento typ kabelu je určen pro instalaci do vnitřního prostředí s těsnou sekundární ochrannou.

Plášť – PVC, LSZH



3. Optická trasa

Při instalaci optické kabeláže je instalováno optické vlákno. Toto vlákno je vhodným způsobem ukončeno a zpravidla vyvedeno na patch panelu (optický rozvaděč) nebo přímo v datové zásuvce pomocí optického konektoru. Pro využití konkrétního vlákna a připojení aktivního zařízení se používá propojovací optický kabel. Pro napojení optického konektoru na optickém vláknu a konektoru na propojovacím patch kabelu se používají spojky (adaptéry).



Při návrhu optické trasy je nutné omezit množství spojek a proto se instalují co nejdelší kabelové úseky bez přerušení. Každé spojení optického vlákna zvyšuje celkový útlum optické trasy a zvyšuje se pravděpodobnost vzniku poruchy.

Ukončení/spojování optických vláken:

- 1) spojování optických konektorů přes spojky/adaptéry (rozebíratelné spojky)
důležité kvalitní zalomená vlákna (hladké a kolmé na osu optického vlákna)
zasunutí do držáku nebo přesné kalibrované trubičky
aretace proti samovolnému uvolnění
- 2) spojování mechanickou spojkou (rozebíratelné i nerozebíratelné spojení)
gel
šroubované mechanické spojky
- 3) Trvalé spojování (nerozebíratelné spojení)
provádí se **laserem** nebo **elektrickým obloukem**

4. Optické konektory

Zakončení optických vláken se provádí pomocí optických konektorů a je náročnější na čas, přesnost a použití kvalitního materiálu oproti ukončení metalických datových kabelů ve svorkovnicích datových zásuvek, keystonů a patch panelů.

Optický konektor slouží k pevnému uchycení optického vlákna a zároveň brání poškození vlákna. Samotné tělo bývá z plastového nebo kovového materiálu.

Správné uchycení vlákna zajišťuje **ferule** (kolík), který je keramický nebo bývá vyroben z plastu, kovu, skla. Vlákno je ve feruli upevněno a zabroušeno.

Aretační prvek umožňuje bezpečně určit správnou orientaci konektoru při spojování s jiným konektorem a zamezuje otáčení ve spojkce. Tento prvek je především důležitý pro konektory s leštěním typu APC (Angled Physical Contact).

Ohebná tahová objímka zajišťuje rozložení a přenos případného tahového napětí vyvíjeného na optický konektor a tím brání jeho destrukci. Omezuje také ztráty světla, ke kterým by mohlo dojít díky ostrému ohybu optických vláken při instalaci optických rozvodů.

Zajišťovací prvek (bajonet, šroubovací prvek) má za úkol zamezit samovolnému nebo neúmyslnému vysunutí optického konektoru ze spojky nebo aktivního prvku.

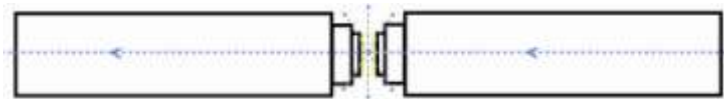
Hlavní požadavky na optické konektory jsou malý vložený útlum, vysoká životnost a spolehlivost.



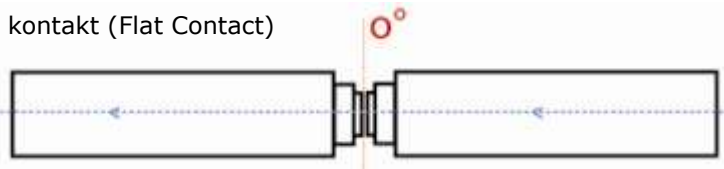
Ferule konektoru

Existují čtyři základní způsoby spojení ferulí optických konektoru.

- 1) Vzduchová mezera (Air Gap) gel vyrovnávající index lomu

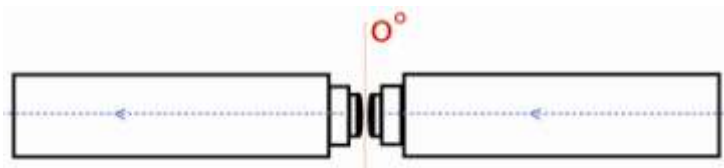


- 2) FC – rovný kontakt (Flat Contact)



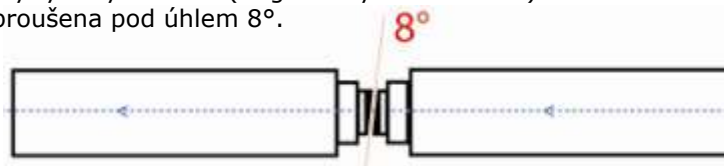
- 3) PC – fyzický kontakt (Physical Contact)

optické konektory jsou proti sobě kolmo a na feruli je vypoukle vyleštěné čelo optického vlákna.









- 4) APC – úhlový fyzický kontakt (Angled Physical Contact)

ferule je zbrošena pod úhlem 8°.



Typy konektorů

Obrázek	Typ konektoru	Provedení	Simplex	Duplex	Singlemode	Multimode	Broušení
	ST	bajonetové uchycení vložený útlum 0,4 dB (SM) 0,5 dB (MM)	✓	-	✓	✓	PC/APC
	SC	čtyřhraný konektor vložený útlum 0,2 dB (SM) 0,45 dB (MM)	✓	✓	✓	✓	PC/APC
	FC	šroubovací konektor vložený útlum 0,5 až 1dB	✓	-	✓	✓	PC/APC
	LC	miniaturní konektor	✓	✓	✓	✓	APC/APC
	MTRJ	Optická varianta RJ45	-	✓	✓	✓	PC
	E2000	konektor s protiprachovou krytkou	✓	-	✓	✓	PC/APC

Optický konektor:

Vložený útlum (Insertion loss) IL

$$IL = 10 \log P1/P2 \text{ [dB]}$$

ideální stav IL = 0 dB, reálný stav IL > 0

Útlum odrazu (Return loss) RL

$$IR = 10 \log P1/P4 \text{ [dB]}$$

ideální stav RL = ∞ dB, reálný stav IR 15 až 80 dB

5. Spojky/adaptéry

Optická spojka u optické kabeláže zajišťuje, aby optické vlákno, zakončené v optickém konektoru, skončilo na přesně daném místě. Na toto místo se stejným způsobem, z druhé strany, nasazuje druhý optický konektor.



6. Optické rozvaděče, zásuvky

Pro umístění a ukončení optických kabelů slouží různé typy optických rozvaděčů. V optických rozvaděčích je vždy dostatek místa pro vytvoření a ponechání rezerv optických vláken, umístění držáku ochrany sváru a místo pro spojky.

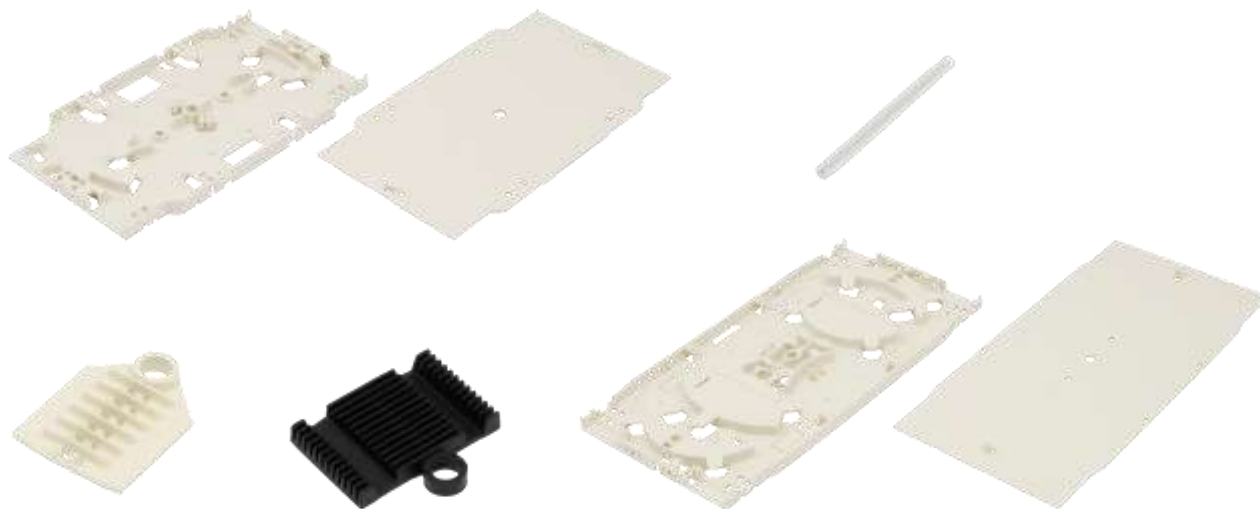
Dělení optických rozvaděčů:

- 1) do datových rozvaděčů 19".
 - pevné
 - výsuvné
- 2) nástěnné (samostatně uzamykatelné) do vnitřního prostředí
- 3) nástěnné (samostatně uzamykatelné) do venkovního prostředí s příslušným IP krytím



Příslušenství optických rozvaděčů:

- optická kazeta
- víčko kazety
- čelní panely s otvory
- spojky
- hřebínek – držák svárů nebo mechanických spojek



7. Propojovací (patch) kabely

K propojení a přivedení optického signálu do optické trasy se používají propojovací (patch) kabely. Ve většině případu se pro přenos signálu používají dvě vlákna současně a proto se i propojovací kabely používají v duplexním provedení.



8. Návrh a instalace optické kabeláže

Pro návrh a správnou instalaci optické kabeláže je vhodné zpracovat projekt a zohlednit několik parametrů. Poměr mezi maximální přenosovou frekvencí, maximální přenosovou délkou a dále hodnoty útlumu optických vláken. Projektant musí být obeznámen s platformou navrhované sítě (například 100Base-T), architekturou, šířkou pásma a maximální vzdáleností navrhované trasy. Důležitý je parametr omezení maximální vzdálenosti u multimodových vláken a prostředí do kterého bude optický kabel instalován atd.. Optické kabely jsou schopny zajistit dostatečnou šířku pásma, která dnes vysoko překračuje nároky na přenosovou rychlost. U singlemodového vlákna je možné přenášet až na vzdálenost 40 km 10Gigabit Ethernet. U multimodového vlákna je možné přenášet 10Gigabit Ethernet až do 2000 metrů. Obecně lze doporučit instalaci optického kabelu s několika násobnou rezervou z plánovaného počtu využití optických vláken při instalaci. Je třeba počítat, že jedna přenosová trasa obsahuje minimálně dvě vlákna

(pro příjem a vysílání), počítat s rezervou pro budoucí využití, rezervou pro případ poškození během pokládky a montáže optického kabelu.

Norma ČSN EN 50173-1 (informační technologie – univerzální kabelážní systémy všeobecné požadavky) specifikuje následující třídy optické kabeláže:

- 1) Třída kanálu OF-300 podporuje aplikace na příslušné kategorie optických vláken na vzdálenost 300 metrů.
- 2) Třída kanálu OF-500 podporuje aplikace na příslušné kategorie optických vláken na vzdálenost 500 metrů.
- 3) Třída kanálu OF-2000 podporuje aplikace na příslušné kategorie optických vláken na vzdálenost 2000 metrů.

Kategorie a typ vlákna	Třída – vzdálenost (délka trasy)
Multimode OM1/OM2/OM3	OF-300 (300 metrů)
	OF-500 (500 metrů)
	OF-2000 (2000 metrů)
Singelmode OS1	OF-300 (300 metrů)
	OF-500 (500 metrů)
	OF-2000 (2000 metrů)

Požadavky na vlastnosti optických kanálů předpokládají, že každý optický kanál využívá jedinou optickou vlnovou délku v pouze jednom přenosovém okně.

Útlum kanálu

Útlum je pro různé vlnové délky rozdílný, proto se používají takové vlnové délky při nichž je útlum minimální. Vlnová délka 850 nm je hodně nízká a má stále poměrně velký útlum, je proto používána na kratší vzdálenosti. Útlum může být ovlivněn kvalitou použitého materiálu, podmínkami instalace, délkou trasy, počtem spojů na trase.

Útlum kanálu nesmí překročit hodnoty uvedené v tabulce. Hodnoty jsou založeny na přidělení 1,5 dB na spojení.

Třída	Maximální útlum kanálu dB			
	mnohavidové		jednovidové	
	850 nm	1300 nm	1310 nm	1550 nm
OF-300	2,55	1,95	1,80	1,80
OF-500	3,25	2,25	2,00	2,00

Obecně by se daly ztráty v optických vláknech rozdělit na tyto:

- **Ohybové ztráty** – jsou způsobeny přílišným ohybem vlákna (narušeny podmínky totálního odrazu)
- **Rozptylové ztráty** – jsou dány výrobou (vznikají na nečistotách)
- **Absorpční ztráty** – tyto ztráty přeměňují světelnou energii na teplo
- **Lineární rozptyl** – útlum způsobuje nerovnoměrné oddělení jádra a obalu
- **Nelineární rozptyl** – k útlumu dochází při změně vlnové délky zařízení.
- **Ztráty při spojování** – v případě špatného ukončení vlákna v konektoru dochází k velkým ztrátám

Útlum v optických kabelech lze odhadnout bez měření podle těchto parametrů:

- 1 až 2 dB na 1000 metrů
- 0,5 až 2 dB na spoj

Zjednodušeně lze dovodit, že na celkový útlum má největší vliv počet spojů na trase než celková délka optického kabelu.

Instalace optických kabelů

Poloměr ohybu u optického kabelu (pokud není výrobcem specifikován), by neměl být menší než patnáctinásobek jeho vnějšího průměru při pokládce a desetinásobek po instalaci.

Optické kabely je možné zatížit tahovou silou 900 N při tahání a pokládce.

Nenechávat na volných místech optické kabely, nestoupat na ně a zbytečně je nezatěžovat. Odolnost optického kabelu je větší než u metalického kabelu, ale jedná se o především o materiál ze skla.

Pro tahání optických kabelů je možné využít smyčku z kevlarových vláken z dotyčného kabelu.

Optický kabel neodvíjet přes boky cívky. Při manipulaci s cívkou kutálet vždy po směru návinnu.

Zabránit vzniku smyček a kroucení kabelu při instalaci.

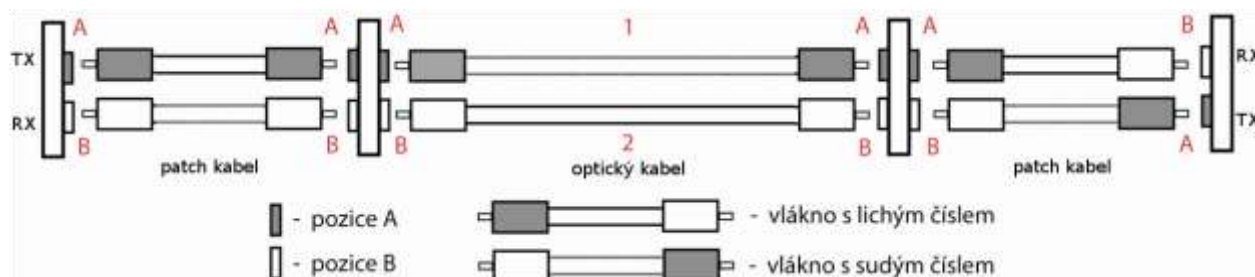
Při dočasném uložení ve venkovním nebo vlhkém prostředí utěsnit konce optického kabelu proti vlhkosti.

Správné přichycení a vyvázání optických kabelů jak po samotné trase, tak i v místech vytváření kabelové rezervy. Ponechat dostatečnou kabelovou rezervu v délce 2 až 5 metrů. V samotném optickém rozvaděči, kde je ponechána rezerva ve formě jednotlivých optických vláken, je vhodné ponechat rezervu v délce 500 až 2000 mm.

Po samotné instalaci musí technik zkontrolovat a ověřit pomocí měření, že instalovaná trasa splňuje patřičné výkonnostní standarty.

Důležité je provedené značení a zaznamenání do projektové/provozní dokumentace jednotlivých vláken a typ použitého vlákna (50/125, 62,5/125, 9/125). U optických technologií se zpravidla využívají dvě optická vlákna. Vlákna se značí na vlákno A a B, aby se zachovalo rozdělení na přijímací a vysílací vlákno. Zachování správné polarizace je pro správné fungování optické sítě velice důležitý parametr. Kabeláž by měla být instalována tak, aby liché optické vlákno vytvořilo párovou přenosovou trasu s následujícím sudým optickým vláknem.

Při správné instalaci musí být všechny optické kabely překřížené – páteřní, horizontální, propojovací. Způsob křížení by měl být jednotný v rámci celé sítě. Vlákna je možné očíslovat podle barvy sekundární ochrany. Ve výchozím bodě (datový rozvaděč, přívod) všechna lichá vlákna zapojit do pozice A a vlákna se sudým číslem do pozice B. Na druhé straně optického kabelu se pořadí obrátí – lichá vlákna do pozice B a sudá vlákna do pozice A. Adaptér/spojka na obou koncích optického kabelu pozici A a B popohodí. Jestliže má být systém funkční a jednotný, musí být všechna optická spojení křížená. Tento parametr je důležitý především v optické síti, kde se používají kompaktní konektory (MTRJ), protože se v tomto případě nedá snadno změnit polarita. Pro správnou funkci systému je nutné, aby počet překřížení byl lichý počet, viz obrázek níže.



Nejčastějším problémem u optických kabelových tras je fyzické poškození. Optická vlákna jsou pevná, ale je velice nebezpečné je příliš ohýbat anebo dokonce vytvářet prudký ohyb/zlom. Může v tomto případě dojít k vytvoření trhlin v optickém vlákně a zároveň dojde k nárůstu útlumu a zhoršení výkonu linky.

Další častá chyba je použití optických vláken s různým průměrem (mnohovidová vlákna) a nebo kombinace s jednovidovým vláknem.

9. Zakončení optických kabelů

Existuje několik způsobů ukončení optických vláken:

- krimpování (optický konektor, mechanická optická spojka)
- přímé konektorování
- svařování

Optický kabel se před zakončením musí zbavit všech izolací a ochrany až na samotné vlákno. Z vláken se musí odstranit těsná sekundární ochrana pomocí speciálních odizolovacích kleští. Na těchto kleštích je otvor pro průměr jádra a obalu (vlákno) a při odstraňování těsné sekundární ochrany nesmí dojít k poškození pevnosti vlákna.

Vlákno se zkrátí na vhodnou délku, nařízne se a zbytek vlákna se ulomí. Po této manipulaci by měl na konci vlákna zůstat kolmý řez. Takto zaříznuté vlákno se vloží do konektoru a mechanicky se spojí. Mechanické spojení je možné docílit pomocí mechanického krimpování (nalisování) nebo přímého konektorování (lepení). Na kabely s těsnou sekundární ochrannou (suché kabely) je možné nalisovat nebo nalepit optický konektor. Na kabely s volnou sekundární ochrannou (gelové kabely) není vhodné přímo nalisovat nebo nalepit optický konektor. Samotné vlákno neobsahuje mechanickou ochranu a konektor může svoji vahou zlomit optické vlákno. Na tyto typy vláken je nutné technikou svařování připojit pigtaily.

Krimpování - **optický konektor** obsahuje speciální tekutinu, která zabezpečí přenesení optického signálu z ukončeného vlákna na konec optického konektoru. Vložené a ulomené vlákno je potřeba mechanicky zafixovat v optickém konektoru.

- **mechanická optická spojka** obsahuje speciální tekutinu, která zabezpečí přenesení optického signálu z jednoho ukončeného vlákna na druhé. Vložená a ulomená vlákna je potřeba mechanicky zafixovat k optické spojce

Přímé konektorování - vlákno se vkládá přímo do ferule konektoru, lepením se spojí s konektorem, přečnívající část vlákna se zalomí a následně se zabrousí do roviny.



Svařování - v zařízení určeném ke svařování optických vláken se ukončený konec optického vlákna „svaří“ s koncem jiného optického vlákna (pigtail - předem připravený a zakončený optický konektor s vláknem).



Při instalaci a ukončení optického kabelu je potřeba vždy ponechávat dostatečnou rezervu po případnou další manipulaci se samotným kabelem nebo jednotlivými vlákny. Přebytečné vlákno musí být uloženo tak, aby nemohlo dojít k poškození, zpravidla se taková rezerva smotává v optických rozvaděčích/kazetách.



Pro správnou práci s optickými vlákny je potřeba dodržovat několik zásad a pravidel:

- pracovat pomalu a pečlivě – žádný spěch se nevyplácí
- používat tmavou pracovní podložku
- dostatečné osvětlení pracovní plochy
- dostatek místa a vhodnou výšku pracovní plochy
- při zadření skleněné třísky do kůže používat pro odstranění plastovou pinzetu
- jako čisticí prostředek se používá alkohol – je potřeba dbát zvýšené opatrnosti při manipulaci s touto látkou
- **důležité upozornění – při jakékoliv manipulaci a práci s optickým vláknem je potřeba používat ochranné brýle**

Dobře vyleštěný optický konektor má velice nízký vložený útlum i zpětný odraz. Při jakékoliv manipulaci s optickým konektorem, adaptérem, patch kabelem je potřeba dbát zvýšené opatrnosti s ohledem na nečistoty, které by se mohli přenést na ukončené optické vlákno. Vždy při odpojení nebo rozpojení optické trasy je nutné nasadit krytku. Nikdy se nedotýkat prstem ferule. V případě znečištění anebo nevhodné manipulaci s ukončeným optickým vláknem (konektor, adaptér) je nutné vyčistit vhodným čisticím prostředkem tyto nečistoty.



Čištění optických konektorů

V první fázi je možné použít suché čištění pomocí bezprašných ubrousků. Pokud není po kontrole mikroskopem ferule konektoru čistá, je možné použít mokré čištění pomocí navlhčeného ubrousku v isopropyl alkoholu. Při čištění se věnuje pozornost nejen čelní straně konektoru, ale i boční straně ferule. Z boku ferule by se mohla zanést nečistota a prach na čelo konektoru.

Čisticí pomůcky:

- isopropyl alkoholu
- kapesníčky, ubrousky
- čisticí tyčinky
- stlačený vzduch
- čisticí přípravky
- čisticí sady

10. Měření a testování optických kabelů

Pro nejjednodušší způsob zjištění, zda optický kabel je funkční, je možné jednoduchým zdrojem světla (baterka) posvítit přes redukci do vlákna. Na druhé straně je možné vidět světelný paprsek. Je třeba dávat pozor, aby ve stejném optickém kabelu nebyl zapojen jiný zdroj o vysokém výkonu a nemohlo tak dojít k poškození zraku.

K jednoduché kontrole čel optických konektorů slouží mikroskopy. Tímto mikroskopem je možné vidět kvalitu ulomeného a zabroušeného vlákna na konci ferule optického konektoru. 75% problémů v optických sítích je způsobeno vadami na konektorech.



Přímá metoda (výkonové měření)

Jedná se o měření celkového vložného útlumu optické trasy přímou metodou z obou konců. Je potřeba dvou zařízení (zdroj světla a přijímač) na obou koncích měřené optické trasy.



Měření OTDR (metoda měření zpětného rozptylu) – optický reflektometr

Do analyzovaného optického vlákna jsou periodicky vysílány krátké optické impulzy, kdy část záření se rozptyluje zpět k jeho začátku. Vyhodnocení časové závislosti zpětného rozptýlení optického výkonu, poskytuje informaci o kvalitě celého optického vlákna v závislosti na jeho délce.

Složitější měření, kterým je možné zjistit celkovou kvalitu celého měřeného úseku, délku trasy, zobrazení útlumu a měrných útlumů, útlum jednotlivých spojek, útlumu odrazů konektorů na optické trase, atd.



Měření a kontrolu optických vláken podrobně popisuje norma ČSN EN 188000.

Parametry, které jsou měřeny:

- rozměry optických vláken (průměr jádra, pláště, nekruhovost, chyba soustřednosti, průměr primární a sekundární ochrany, délka vlákna)
- mechanické vlastnosti (mechanická pevnost, fyzické defekty, stahovací síla)
- přenosové a optické parametry (útlum, profil indexu lomu, bodové defekty)
- odolnost vůči vnějšímu prostředí (klimatická, chemická, biologická, odolnost ochrany)

