



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 MONTÁŽÍ NA KVALITU KABELÁŽNÍCH SYSTÉMŮ

ASSEMBLYING EFFECT ON CABLE LINES QUALITY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MARTIN DOČKAL

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:** Martin Dočkal

**ID:** 101848

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2008/2009

## NÁZEV TÉMATU:

**Vliv montáží na kvalitu kabelážních systémů**

## POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Proveďte studii vlivu montážních zařízení a lidského faktoru na kvalitu budovaných kabelážních systémů. Vyhodnoďte nejzávažnější případy ovlivňující kvalitu kabelážních systémů. Z tohoto pohledu vyhodnoťte jak metalické, tak i optické kabelážní systémy.

## DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] FILKA, M. Přenosová média. Skripta. VUT FEKT, Brno 2003.
- [2] FILKA, M. Optické sítě. Skripta. VUT FEKT, Brno 2007.
- [3] TRULOVE, J. Sítě LAN. Grada, Praha 2009.

**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 první části je zmíněno, co je vlastně strukturovaná kabeláž. Její vznik, z čeho a proč se vyvinula. Historie, kdy se nejdříve používali nesymetrické koaxiální kabely, které byly časem nahrazeny symetrickými kabely. U kabeláží pro TV přijímače se používají stále koaxiální kabely. Symetrické kabely se podle typu dále nazývají UTP, STP, FTP, a další. S rostoucí oblíbeností tohoto typu kabeláže a tudíž její rozsáhlou výstavbou se musela určit nějaká pravidla, standarty, normy a požadavky, jak postupovat od návrhu až po realizaci. Tato pravidla „využívá“ struktura systému, jako třeba délky jednotlivých subsystémů a rozhraní a jak by měla taková strukturovaná kabeláž vypadat. Dalším hlavním bodem je návrh kabeláže, který se vztahuje k předešlým větám a podle kterého by se mělo postupovat. S návrhem souvisí také parametry této kabeláže, jako útlumy, přeslechy a ostatní přenosové parametry, které jsou v praktické části měřeny.

Druhá část je věnována jednotlivým částem, z kterých se strukturovaná kabeláž skládá jako metalické a optické spojovací prvky a kabely. Jejich mechanické, elektrické a přenosové vlastnosti.

Třetí část je popis vlivu člověka na kvalitu strukturovaných kabeláží, co je nejčastější příčinou zhoršení kvality a čeho by se lidé měli vyvarovat, aby se tak nestalo. Jak zacházet s kabeláží aby jí člověk svou „zručností“ co nejméně ublížil.

Závěrečná část práce je věnovaná měření. Přesněji měření přenosových parametrů metalického vedení jako jsou útlum, zpoždění, přeslechy jak na blízkém tak vzdáleném konci, impedance a odpor vedení. K jednotlivým parametrům jsou uvedena schémata, jak takové měření na jednotlivých kroucených párech vypadá. Měření je rozděleno do dvou částí. V první je měřeno pět typů symetrických kabelů s různými délkami, kategoriemi a poškozeními ovlivňující vlastní kvalitu těchto kabelů. V druhé části měření je jeden symetrický kabel měřen, zda vyhovuje kategorii 5 pro kterou je určen a jestli by bylo možné použít ho i na vyšší kategorii tedy kategorii 6. Hodnoty jsou přehledně uspořádány v tabulkách.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Strukturovaná kabeláž, Kvalita, Pátevní síť, Subsystém, Optická kabeláž, Symetrická kabeláž, Norma, Kategorie, Standard, Montáž, Kabel, Přenosový parametr, Kanál, Pevný spoj, Konektor, Svár.

## **ABSTRACT**

In the first part is explained what actually a structured cabling is. Its beginning, from what and why it was created. Its history when at the beginning were applied unbalanced coaxial cables, those were later replaced by balanced cables. In cabling for TVs are still used coaxial cables. Balanced cables are according to type named UTP, STP, FTP, and so on. With growing popularity of this type of cabling and its wide spread application was necessary to set some rules, standards, specifications and demands, how to build up the cabling from project to realization. According to these rules is the system built so there are strict rules for length of subsystems and interfaces and the whole appearance of the structure cabling. Next important point is projecting of cabling that is related to the previous points and when it's finished, we should strictly follow it. With the project is closely connected characteristic of this cabling as attenuations, cross-talks and other transmission parameters which are measured in the practical part.

In the second part is spoken about all the parts of which the structured cabling consists - metallic and optical connecting elements and cables. There are also mentioned their mechanical, electrical and transmission features.

In the third part is described influence of man on the quality of structured cabling and the most common causes of lower quality and the ways how to prevent this from happening and how to manipulate with cabling not to destroy it.

The final (fourth) part considers the measurement. There are measured qualities of metallic wires as the attenuations, delay, cross-talks on the near- and far-end, impedance and resistance. To all the features are mentioned schemes of the measurement on the twisted pairs. The measurement is divided into two parts. In the first part are measured five types of balanced cables of different length, category and damage influencing quality of these cables. In the second part is measured one balanced cable if it's corresponding with category 5 for that it was made and if it would be possible to use it also for higher category 6. Values are tabularly sorted in tables.

## **KEYWORDS**

Structured cabling, Quality, Backbone net, Subsystem, Optical cabling, Balanced cabling, Specification, Category, Mounting, Standard, Cable, Transmission parameter, Channel, Permanent connect, Connector, Weld joint.

## **CITACE PRÁCE**

DOČKAL, M. *Vliv montáží na kvalitu kabelážních systémů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 57 stran. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Miloslav Filka, CSc.

## PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci na téma „Vliv montáží na kvalitu kabelážních systémů“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny 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 vyplívajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 25.5.2009

  
.....

podpis autora

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Doc. Ing. Miloslavu Filkovi, CSc., za velmi užitečnou metodickou pomoc a cenné rady při zpracování práce.

V Brně dne 25.5.2009



.....  
podpis autora

# OBSAH

<b>Seznam tabulek.....</b>	<b>9</b>
<b>Seznam Obrázků .....</b>	<b>11</b>
<b>Úvod .....</b>	<b>12</b>
<b>1 Strukturovaná kabeláž.....</b>	<b>13</b>
1.1 Normy a standardy .....	14
1.2 Kategorie a třídy.....	16
1.2.1 Kategorie kabeláží podle organizace EIA/TIA 568A .....	16
1.2.2 Třídy kabeláží dle norem EN 50173/A1 a ČSN EN50173/A1 .....	17
1.3 Struktura a návrh kabelážních systémů .....	18
1.3.1 Struktura systému.....	18
1.3.2 Návrh systémů.....	21
1.4 Parametry kabeláže.....	23
1.4.1 Symetrická kabeláž .....	23
1.4.2 Optická kabeláž.....	28
<b>2 Části kabeláže .....</b>	<b>30</b>
2.1 Kabely.....	30
2.1.1 Kabely Metalické .....	30
2.1.2 Kabely optické .....	32
2.2 Spojovací prvky .....	34
2.2.1 Spojovací prvky pro metalické symetrické kabely .....	35
2.2.2 Spojovací prvky pro optická vlákna.....	37
<b>3 Vliv lidského faktoru .....</b>	<b>38</b>
<b>4 Měření přenosových parametrů metalického vedení.....</b>	<b>39</b>
4.1 Měřené parametry .....	39
4.1.1 Přenosové parametry .....	39
4.1.2 Schémata měření přenosových parametrů .....	40
4.2 Měření rozdílů.....	43
4.3 Měření kabelu pro kategorii 5 a kategorii 6.....	50
<b>Závěr .....</b>	<b>55</b>
<b>Seznam literatury .....</b>	<b>56</b>
<b>Seznam zkratk .....</b>	<b>57</b>

## SEZNAM TABULEK

<b>Tab. 1. 1</b>	Doporučené druhy kabelů	20
<b>Tab. 1. 2</b>	Možná délka kanálů pro různé typy kabelů a kategorie	22
<b>Tab. 1. 3</b>	Minimální útlum odrazu pro pevný spoj a kanál	23
<b>Tab. 1. 4</b>	Maximální hodnoty útlumu pro pevný spoj	23
<b>Tab. 1. 5</b>	Maximální hodnoty útlumu pro kanál	24
<b>Tab. 1. 6</b>	Minimální útlum přeslechu na blízkém konci pro pevný spoj	24
<b>Tab. 1. 7</b>	Minimální útlum přeslechu na blízkém konci pro kanál	25
<b>Tab. 1. 8</b>	Minimální hodnoty PS NEXT pro pevný spoj a kanál	25
<b>Tab. 1. 9</b>	Minimální hodnoty ACR pro pevný spoj a kanál	26
<b>Tab. 1. 10</b>	Minimální hodnoty PS ACR pro pevný spoj a kanál	26
<b>Tab. 1. 11</b>	Minimální hodnoty ELFEXT pro pevný spoj a kanál	26
<b>Tab. 1. 12</b>	Minimální hodnoty PS ELFEXT pro pevný spoj a kanál	27
<b>Tab. 1. 13</b>	Maximální stejnosměrný smyčkový odpor	27
<b>Tab. 1. 14</b>	Maximální zpoždění vlivem šíření pro pevný spoj a kanál	27
<b>Tab. 1. 15</b>	Maximální posuv zpoždění pro pevný spoj a kanál	28
<b>Tab. 1. 16</b>	Minimální útlum nevyvážení	28
<b>Tab. 1. 17</b>	Útlum optického vlákna kabelážních subsystémů	29
<b>Tab. 1. 18</b>	Okna vlnových délek pro kabeláž s optickými vlákny	29
<b>Tab. 1. 19</b>	Šířka pásma mnohovlakových vláken	29
<b>Tab. 1. 20</b>	Útlum odrazu vlákna	29
<b>Tab. 2. 1</b>	Mechanické vlastnosti symetrických kabelů	31
<b>Tab. 2. 2</b>	Elektrické vlastnosti instalovaných symetrických kabelů	31
<b>Tab. 2. 3</b>	Maximální povolený útlum na vzdálenosti 100 m instalovaného kabelu	37
<b>Tab. 2. 4</b>	Útlum přeslechu na blízkém konci (NEXT) na vzdálenosti 100 m instalovaného kabelu	37
<b>Tab. 2. 5</b>	Parametry mnohovlakových vláken	33
<b>Tab. 2. 6</b>	Mechanické vlastnosti spojovacích prvků pro kabeláž s charakteristickou impedancí 100 $\Omega$ , 120 $\Omega$ a 150 $\Omega$	35
<b>Tab. 2. 7</b>	Přenosové vlastnosti spojovacích prvků pro kabeláž s charakteristickou impedancí 100 $\Omega$ , 120 $\Omega$ a 150 $\Omega$	36
<b>Tab. 2. 8</b>	Mechanické vlastnosti spojovacích prvků pro optická vlákna	37
<b>Tab. 2. 9</b>	Přenosové vlastnosti spojovacích prvků pro optická vlákna	37
<b>Tab. 4. 1</b>	Hodnoty Worst Case NEXT	44
<b>Tab. 4. 2</b>	Hodnoty Worst Case NEXT	44
<b>Tab. 4. 3</b>	Hodnoty Margin PS NEXT	44
<b>Tab. 4. 4</b>	Hodnoty Worst Case PS NEXT	44
<b>Tab. 4. 5</b>	Hodnoty Margin FEXT	45
<b>Tab. 4. 6</b>	Hodnoty Worst Case FEXT	45
<b>Tab. 4. 7</b>	Hodnoty Margin PS FEXT	45
<b>Tab. 4. 8</b>	Hodnoty Worst Case PS FEXT	46
<b>Tab. 4. 9</b>	Hodnoty Margin ELFEXT	46
<b>Tab. 4. 10</b>	Hodnoty Worst Case ELFEXT	46

<b>Tab. 4. 11</b>	Hodnoty Margin PS ELFEXT	47
<b>Tab. 4. 12</b>	Hodnoty Worst Case PS ELFEXT	47
<b>Tab. 4. 13</b>	Hodnoty Worst Case Attenuation	47
<b>Tab. 4. 14</b>	Hodnoty Margin Return Loss	47
<b>Tab. 4. 15</b>	Hodnoty Worst Case Return Loss	47
<b>Tab. 4. 16</b>	Hodnoty Margin ACR	48
<b>Tab. 4. 17</b>	Hodnoty Worst Case ACR	48
<b>Tab. 4. 18</b>	Hodnoty Margin PS ACR	48
<b>Tab. 4. 19</b>	Hodnoty Worst Case PS ACR	48
<b>Tab. 4. 20</b>	Hodnoty Length Limit	49
<b>Tab. 4. 21</b>	Hodnoty Propagation Delay	49
<b>Tab. 4. 22</b>	Hodnoty Delay Skew	49
<b>Tab. 4. 23</b>	Hodnoty Resistance	49
<b>Tab. 4. 24</b>	Hodnoty Impedance	49
<b>Tab. 4. 25</b>	Hodnoty NEXT	50
<b>Tab. 4. 26</b>	Hodnoty PS NEXT	50
<b>Tab. 4. 27</b>	Hodnoty PS FEXT	50
<b>Tab. 4. 28</b>	Hodnoty FEXT	51
<b>Tab. 4. 29</b>	Hodnoty ELFEXT	51
<b>Tab. 4. 30</b>	Hodnoty PS ELFEXT	51
<b>Tab. 4. 31</b>	Hodnoty Attenuation	52
<b>Tab. 4. 32</b>	Hodnoty Return Loss	52
<b>Tab. 4. 33</b>	Hodnoty ACR	52
<b>Tab. 4. 34</b>	Hodnoty PS ACR	52
<b>Tab. 4. 35</b>	Hodnoty Length Limit	53
<b>Tab. 4. 36</b>	Hodnoty Propagation Delay	53
<b>Tab. 4. 37</b>	Hodnoty Delay Skew	53
<b>Tab. 4. 38</b>	Hodnoty Resistance	53
<b>Tab. 4. 39</b>	Hodnoty Impedance	53

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>Obr. 1. 1</b>	Návrh možné strukturované kabeláže	14
<b>Obr. 1. 2</b>	Rozhraní strukturované kabeláže	19
<b>Obr. 1. 3</b>	Rozčlenění strukturované kabeláže	19
<b>Obr. 1. 4</b>	Rozčlenění strukturované kabeláže	22
<b>Obr. 2. 1</b>	Typy kabelů UTP, STP i FTP a ISTP	30
<b>Obr. 2. 2</b>	Optické vlákno s gradientním indexem lomu světla	33
<b>Obr. 2. 3</b>	Konektory RJ-45	35
<b>Obr. 2. 4</b>	Zapojení párů do konektoru RJ-45	36
<b>Obr. 2. 5</b>	Konektory pro optická vlákna	37
<b>Obr. 4. 1</b>	Schéma měření NEXT	40
<b>Obr. 4. 2</b>	Schéma měření PS NEXT	41
<b>Obr. 4. 3</b>	Schéma měření FEXT	41
<b>Obr. 4. 4</b>	Schéma měření PS FEXT	41
<b>Obr. 4. 5</b>	Schéma měření Attenuation	42
<b>Obr. 4. 6</b>	Schéma měření Return Loss	42
<b>Obr. 4. 7</b>	Schéma měření Propagation Delay	42
<b>Obr. 4. 8</b>	Schéma měření Delay Skew	43

# ÚVOD

Dříve byla telekomunikační kabeláž pro každou telekomunikační aplikaci definována zvlášť, jako jednoúčelová místní síť (objekt, budova). Také normy nebyly zaměřené přímo na tuto problematiku, byly definovány pro každou aplikaci zvlášť.

V dnešní době se budují univerzální telekomunikační kabeláže zvané také strukturované kabeláže jako na běžícím páse. Proto vznikly standardy, doporučení a normy, které sjednotily výrobní postupy a požadavky na jednotlivé části a zařízení těchto kabelážních systémů. Podle těchto norem a standardů se také navrhuje projekty na stavbu takovýchto systémů, s požadavkem na co největší kvalitu navrhovaného systému kterou se tu hlavně budu zabývat, na možnost rozšíření do budoucna a jeho cenu. Předpokládá se, v normách stanoveno, že takto navržený univerzální telekomunikační kabelážní systém bude mít životnost minimální 10 let.

Kvalitu lze ovlivnit mnoha faktory, proto si je tu postupně popíšeme a určíme nejzávažnější faktor ovlivňující kvalitu celého systému. Rozdělíme si strukturovanou kabeláž na metalické a optické součásti, u kterých si popíšeme parametry ovlivňující kvalitu kabelážních systémů. Také tu popíši lidský faktor ovlivňující strukturovanou kabeláž jak při montáži, při nakládáním s částmi zařízení, a jinou činností ovlivňující kvalitu univerzálních kabelážních systémů.

V praktické části se proměří, pomocí měřicího přístroje OPTOKON Multi LAN 350, přenosové parametry několika různých kabelů, různé kategorie, výroby, a jejich stavu. Tak jako se měří přenosové parametry na skutečných kabelážích. Tímto způsobem se zjišťují závady na kabeláži a v našem měření vyzkoušíme, zda jednotlivé hodnoty budou odpovídat vlastnostem daných kabelů.

# 1 STRUKTUROVANÁ KABELÁŽ

Strukturovaná kabeláž, nebo také univerzální telekomunikační kabeláž, je univerzální integrovaný telekomunikační kabelový systém, který umožňuje připojení, vzájemné propojení mnoha zařízení do tohoto jednoho univerzálního systému. Strukturovaná kabeláž slouží pro přenos dat v počítačových LAN sítích, pro přenos hlasu v telefonních sítích a pro mnoho dalších úloh jako třeba zabezpečování budov, areálů pomocí zabezpečovací techniky, z kterého i vyplývá možnost přenosu videa, atd.

Strukturovaná kabeláž využívá nejčastěji stromovité, nebo hvězdicovité topologie, tím je zjednodušené vyhledávání případných poruch a zjednodušení jejich odstranění. Tím je zajištěna vyšší spolehlivost a kvalita provozu, než je u jiných kabelových rozvodů (systémů). Celé kabelážní systémy jsou univerzální, proto je možné jednotlivé rozvodné uzly opatřit různými aktivními prvky dle daných požadavků a tak vytvořit logickou síť s libovolnou topologií. V těchto systémech nejsou zahrnuty žádné koncové zařízení (uživatelské pracovní stanice), servery ani aktivní prvky jako směrovače, rozbočovače, mosty a přepínače. Jde o čistě pasivní rozvody.

Na Obr. 1. 1 je možné vidět návrh takovéto strukturované kabeláže.

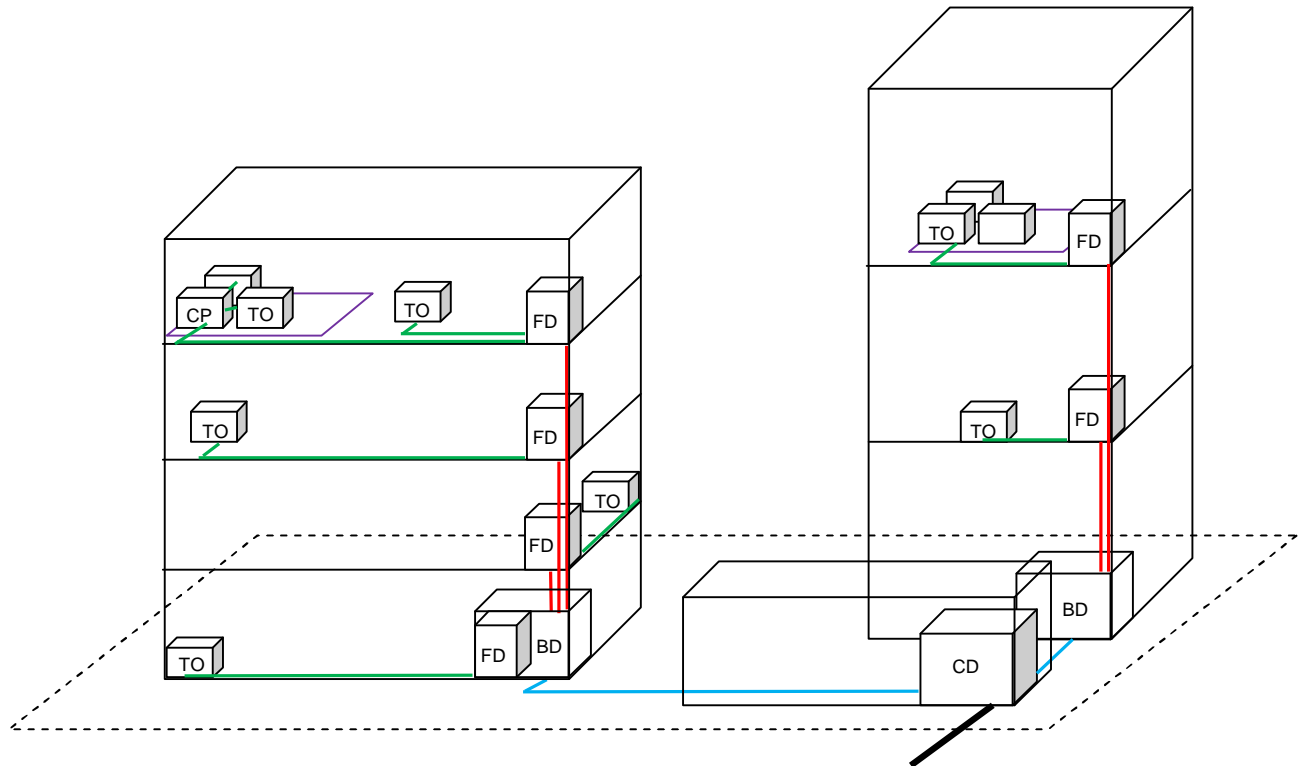
## **Výhody univerzální kabelážních systémů:**

- Velmi dlouhá morální i fyzická životnost.
- Univerzálnost.
- Umožní současné připojení více typů koncových zařízení (PC, telefonu) do jedné zásuvky.
- Snížení nákladu na výstavbu, údržbu a provoz.
- Při změně v systému (výměna PC za telefon, nebo výměna kanceláři) stačí jen přepojit zařízení, a přepojení v rozvaděči, bez jakéhokoliv zásahu do kabeláže.
- Poměrně levné předělání, rozšíření a upgrade kabeláže.

## **Požadavky na strukturovanou kabeláž:**

- Možnost decentralizace systému.
- Pružnost při změnách konfigurace.
- Dlouhodobost instalace.
- Vysoká přenosová rychlost.
- Možnost připojení nových HW technologií.

Cíl strukturované kabeláže je sjednotit všechny datové, telefonní systémy do jednotného kabelážního systému, užívající jednotné rozvody, konektory, telekomunikační vývody, rozdělovače, a další součásti systému. A tím zjednodušit vše kolem těchto sítí.



CD - Rozvodný uzel areálu  
 BD - Rozvodný uzel budovy  
 FD - Rozvodný uzel podlaží  
 CP - Místo přechodu  
 TO - Telekomunikační vývod

— Vnější vstupní kabel  
 — Páteřní kabeláž  
 — Vertikální kabeláž  
 — Horizontální kabeláž  
 — Pracovní sekce (pracoviště)

**Obr. 1. 1: Návrh možné strukturované kabeláže**

## 1.1 NORMY A STANDARDY

Strukturované kabelážní systémy jsou realizovány dle platných mezinárodních norem a standardů:

- EIA/TIA 568A - US norma - poslední úpravy EIA/TIA 568B.2.1.

- ISO 11801 - mezinárodní norma (shodná s EN 50173).
- EN 50173 - evropská norma (EN 50173/A1 poslední změna).
- ČSN EN 50173 - Česká norma (shodná s EN 50173).

### **Já jsem vycházel nejčastěji z Českých norem:**

#### ČSN EN 50 173 [7] - Univerzální kabelážní systémy

- Je to norma specifikující univerzální telekomunikační kabeláž používanou v areálech, v budovách, nebo na nějakém pozemku s komerčním využitím.
- Tato norma podporuje služby přenosu: Dat, Hlasu, Videu, Obrazu
- Tato norma definuje symetrickou měděnou kabeláž a optickou kabeláž.
- Podle této normy se předpokládá, že univerzální kabelážní systém bude mít životnost minimálně 10 let a další.

#### Určuje:

- Strukturu a konfiguraci univerzálních kabelážních systémů.
- Realizační požadavky.
- Požadavky na kontrolní postupy a na shodu.
- Požadavky výkonnostní na kabelážní spojení.

#### ČSN EN 50 174-1 [8] - Instalace kabelových rozvodů: Část 1. Specifikace a zabezpečení kvality

#### ČSN EN 50 174-2 [9] - Instalace kabelových rozvodů: Část 2. Plánování instalace a postupy instalace v budovách

Obsahují požadavky a pokyny pro zajištění a specifikaci kvality kabelových rozvodů informační techniky. Definiují:

- Postup a dokumentaci zajištění kvality.
- Požadavky na dokumentaci a správu kabelových rozvodů.
- Doporučení pro opravy a údržbu.
- Hlediska zmiňující se během specifikace kabelových rozvodů.

Tyto normy jsou rozděleny na čtyři části popisující instalaci a provoz kabelových rozvodů informační techniky:

- **Návrh** – výběr materiálu, složek kabelových rozvodů, zařízení, vytvoření návrhu.
- **Specifikace** – požadavky na kabelové rozvody, jejich umístění a stavitelské služby, týkající se specifických prostředí.
- **Instalace** – zabudování systému do objektu v souladu s požadavky specifikace.
- **Zprovoznění** – správa a údržba připojení během životnosti kabelových rozvodů.

## 1.2 KATEGORIE A TŘÍDY

Základní parametry strukturovaných kabelážních systémů jsou klasifikovány dle různých norem různým způsobem:

V dnešní době je nejvíce využívána kategorie 5E, umožňující provoz sítí Ethernet 10Mbit/s, 100Mbit/s i 1Gbit/s. Na tuto kategorii lze navázat s kabeláží nové kategorie 6, 7 (teoreticky), a podle norem je taková to síť připravena i na nové kategorie, dnes ještě neexistující.

### 1.2.1 Kategorie kabeláží podle organizace EIA/TIA 568A

#### **Kategorie1**

V dnešní době už není uváděna ve standardu TIA/EIA. Byla používána v minulosti pro telefonní komunikaci (analogové telefonní rozvody), ISDN a např. kabely k domovním zvonkům. Není určen pro přenos dat. Přenosová rychlost do 1 Mbit/s. Dnes už jen ty domovní zvonky.

#### **Kategorie2**

V dnešní době už není uváděna ve standardu TIA/EIA. Byla používána pro 4 Mbit/s Token Ring síť. Telefonní přípojky, ISDN, Ethernet 10baseT. Maximální šířka pásma je zde 1,5 MHz.

#### **Kategorie3**

Definována v standardu TIA/EIA 568B, používá se pro síť s přenosovým pásem do 16 MHz. Využívala se pro datový přenos Ethernet 10Base-T. Přenosová rychlost 10 Mbit/s. Dnes je jako první kategorie, která se uvádí ve standardu.

#### **Kategorie4**

Byla používána v minulosti pro přenos s šířkou pásma do 20 MHz a byla často využívána pro Token ring síť s přenosovou rychlostí 16 Mbit/s.

#### **Kategorie5**

V současnosti již není uváděna v TIA/EIA standardu. Šířka pásma je zde do 100 MHz a je využívána pro 100 Mbit/s síť, při použití všech 8 drátů teoreticky až 1 Gbit/s. Fast Ethernet 100baseTX, ATM 155 Mbit/s. Ve standardu je nahrazen kategorií 5E.

### **Kategorie5E**

Definována v novější verzi standardu TIA/EIA 568B. Šířka pásma je zde také do 100MHz a umožňuje přenos jak 100 Mbit/s, tak 1 Gb/s v sítích Ethernet. Je to vlastně kategorie 5, ale s přísnějšími parametry, a jinými způsoby měření. Gigabit Ethernet 1000baseT, 155 Mbit/s ATM. Asi nejrozšířenější a nejvíce využívaná kategorie, při navrhování nových sítí.

### **Kategorie6**

Definována v standardu TIA/EIA 568B, s šířkou pásma do 250 MHz, za určitých podmínek může podporovat Gigabit Ethernet na definovanou délku přenosového kanálu, to je zhruba 55 m u nestíněné kabeláže, 100 m u stíněné kabeláže. Využití vhodné pro páteřní rozvody. V současnosti se začíná používat do nově budovaných kabelážních systémů.

### **Kategorie6A**

Nová specifikace definována v standardu TIA/EIA 568B. Definována pro šířku pásma 500 MHz. Použití pro 10 Gbit/s aplikace v páteřních sítích, při použití stíněné i nestíněné kabeláže. Využívá se i pro Gigabit Ethernet 10GbaseT .

### **Kategorie7**

Zatím v návrhu standardu. Definována pro práci s šířkou pásma 600 MHz. Používá plně stíněný kabel, každý pár je zvlášť stíněn a ještě je celkově stíněný kabel. Nevýhodou je větší hmotnost a menší poloměr ohybu. Teprve se provádí pokusy. Pro normální využití ještě nebyly standardizovány kvalitní konektory za rozumnou cenu. Vysoká cena.

### **Kategorie Optická**

Optická třída zahrnuje datové aplikace s vysokou a velmi vysokou bitovou rychlostí. Spoje s optickými kabely, případně kanály, podporující tuto třídu, jsou specifikovány jako třída optických spojů, případně kanálů. Využívá šířku pásma od 10 MHz. Fast Ethernet 100baseFX, Fast Ethernet 100baseFL, Gigabit Ethernet 1000baseSX, Gigabit Ethernet 1000baseLX.

## **1.2.2 Třídy kabeláží dle norem EN 50173/A1 a ČSN EN50173/A1**

### **Třída A**

Zahrnuje hovorové pásmo a nízkofrekvenční aplikace. Kabeláž s měděnými vodiči pevných spojů, případně kanálů, podporující aplikace třídy A, je specifikována jako spoje, případně kanály, třídy A o šířce pásma do 100kHz. Dnes už nevyužívaná, byla používána v minulosti pro telefonní komunikaci (analogové telefonní rozvody), ISDN a např. kabely k domovním zvonkům. Není určen pro přenos dat.

### **Třída B**

Zahrnuje datové aplikace se střední bitovou rychlostí. Kabeláž s měděnými vodiči pevných spojů, případně kanálů, podporující aplikace třídy B, je specifikována jako spoje případně kanály, třídy B. Využití pro telefonní přenos, ISDN, 1base5.

### **Třída C**

Zahrnuje datové aplikace s vysokou bitovou rychlostí. Kabeláž s měděnými vodiči pevných spojů, případně kanálů, podporující aplikace třídy C, je specifikována jako spoje případně kanály, třídy C. Šířka pásma do 16 MHz. Využití pro Token Ring 16 Mbit/s, Fast Ethernet 100BaseT.

### **Třída D**

Zahrnuje datové aplikace s vysokou bitovou rychlostí. Kabeláž s měděnými vodiči pevných spojů, případně kanálů, podporující aplikace třídy D, je specifikována jako spoje případně kanály, třídy D o šířce pásma 100 MHz. Využívají tuto třídu např. Fast Ethernet 100baseTX, Token Ring 100 Mbit/s, Gigabit Ethernet 1000baseT.

### **Třída E**

Zahrnuje datové aplikace s velmi vysokou bitovou rychlostí. Kabeláž s měděnými vodiči pevných spojů, případně kanálů, podporující aplikace třídy E, je specifikována jako spoje případně kanály, třídy E. Využití pro ATM 1,2 Gbit/s. Šířka pásma 250 MHz.

### **Třída F**

Zahrnuje datové aplikace s velmi vysokou bitovou rychlostí. Kabeláž s měděnými vodiči pevných spojů, případně kanálů, kabely jsou plně stíněné podporující aplikace třídy F, je specifikována jako spoje případně kanály, třídy F. Ve stádiu návrhu normy. Má pracovat se 600 MHz šířkou pásma.

### **Třída optická**

Zahrnuje datové aplikace s vysokou a velmi vysokou bitovou rychlostí. Spoje s optickými kabely, případně kanály, podporující tuto třídu, jsou specifikovány jako třída optických spojů, případně kanálů. Zde je široká škála využití, není omezena jako u metalických kabelů. Využívá šířku pásma od 10 MHz. Fast Ethernet 100baseFX, Fast Ethernet 100baseFL, Gigabit Ethernet 1000baseSX, Gigabit Ethernet 1000baseLX.

## **1.3 STRUKTURA A NÁVRH KABELÁŽNÍCH SYSTÉMŮ**

### **1.3.1 Struktura systému**

Systém je zpravidla rozdělen, na jednotlivé prvky systému. Těmito prvky jsou, rozvodný uzel areálu, páteřní kabeláž areálu, rozvodný uzel budovy, páteřní kabeláž budovy někdy také zvaná vertikální kabeláž, rozvodný uzel podlaží, horizontální kabeláž, místo přechodu, telekomunikační vývod, jak je možné vidět na Obr. 1. 3. Koncové zařízení a kabeláž na pracovišti už mezi prvky systému nepatří [6].

#### **Subsystém:**

Univerzální telekomunikační kabelážní systémy bývají děleny na tak zvané subsystémy. Každý univerzální telekomunikační kabelážní systém jak je vidět na Obr. 1. 3 pak z pravidla má 3 subsystémy.

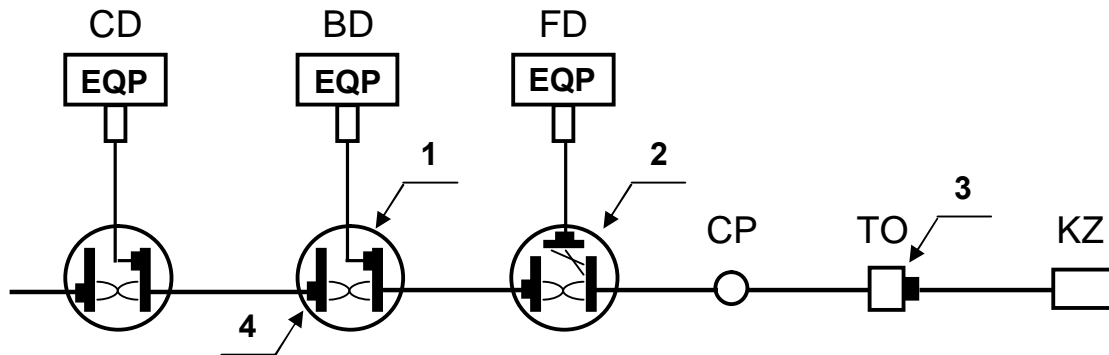
Prvním takovým subsystémem je páteřní kabeláž areálu, která se nachází mezi rozvodným uzlem areálu a rozvodnými uzly budov.

Dalším takovým je páteřní kabeláž budovy, která se nachází mezi rozvodným uzlem budovy a rozvodnými uzly podlaží.

Posledním subsystémem je horizontální kabeláž, která se nachází od rozvodného uzlu podlaží po telekomunikační vývody.

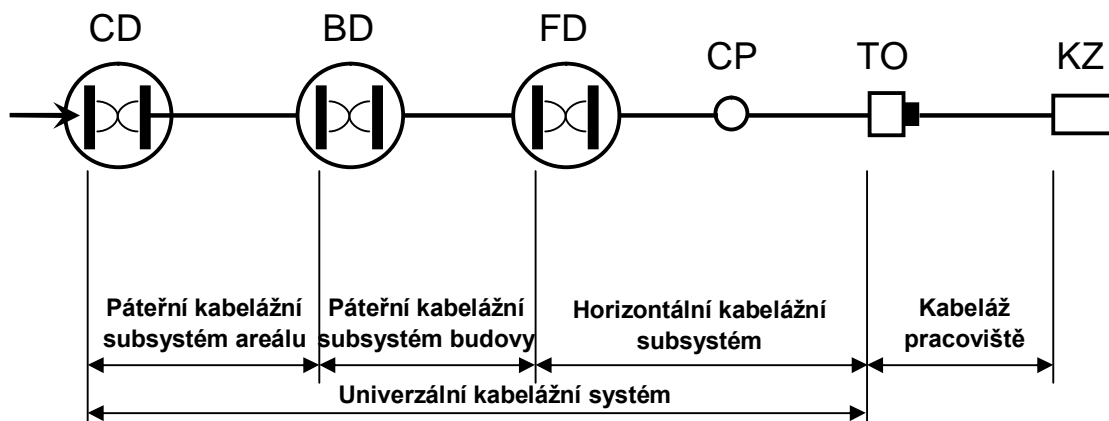
## Rozhraní:

Rozhraní kabelážního systému je umístěno na konci každého systému viz Obr. 1. 2.



- 1 - Propojení
  - 2 - Přepojovací pole
  - 3 - Konektor zařízení
  - 4 - Rozhraní univerzální kabeláže
- CD - Rozvodný uzel areálu  
BD - Rozvodný uzel budovy  
FD - Rozvodný uzel podlaží  
CP - Místo přechodu  
TO - Telekomunikační vývod  
KZ - koncové zařízení  
EQP - Zařízení

Obr. 1. 2: Rozhraní strukturované kabeláže



- CD - Rozvodný uzel areálu  
BD - Rozvodný uzel budovy  
FD - Rozvodný uzel podlaží  
CP - Místo přechodu  
TO - Telekomunikační vývod  
KZ - koncové zařízení

Obr. 1. 3: Rozčlenění strukturované kabeláže

### Rozvodný uzel podlaží:

Rozvodné uzly jsou umístěny v místnostech pro zařízení nebo v telekomunikačních skříních. Pro pracovní (kancelářské, atd.) prostory by měl být uvažován alespoň jeden rozvodný uzel podlaží na podlahové ploše o rozloze každých 1000 m<sup>2</sup>.

### Druhy kabelů:

Pro jednotlivé subsystémy jsou v Tab. 1. 1 uvedeny doporučené druhy kabelů, pro stanovení co nejlepší kvality, montáže:

**Tab. 1. 1: Doporučené druhy kabelů**

Subsystém	Druhy kabelů	Doporučené použití
Horizontální kabeláž	Symetrické	Hlas a Data
	Optické	Data
Páteřní kabeláž budovy	Symetrické	Hlas a Data s malou až střední rychlostí
	Optické	Data se střední až velkou rychlostí
Páteřní kabeláž areálu	Optické	Pro většinu aplikací
	Symetrické	Není doporučováno*

\* Zde se v dnešní době používá výhradně optický kabel, pro jeho větší šířku pásma, a protože na něj nepůsobí rušení.

### Telekomunikační vývod:

Telekomunikační vývody by měli být umístěny, tak aby byly snadno dostupné, přístupné. Na každém pracovišti musí být minimálně dva telekomunikační vývody, z toho jeden by měl být připojen kabelem s charakteristickou impedancí 100 Ω nebo 120 Ω. Druhý telekomunikační vývod je pak připojen buď optickým, nebo symetrickým kabelem. Vývody se umísťují na stěnu, do podlahy a kdekoli na pracovišti, aby byly snadno přístupné. Telekomunikační vývody musí být označeny viditelně, trvalým štítkem.

### Telekomunikační skříně a místnosti pro zařízení:

Telekomunikační skříně musí zajistit prostor a vybavení (napájení, instalační pozice, atd.) pro do něj umístěné prvky, zařízení a rozhraní. Místnost pro zařízení je prostor v budově, kde je umístěno telekomunikační zařízení, telekomunikační skříně, počítače, ústředny, a jiné. Zde mohou být umístěny rozvodné uzly, ale není to povinné. Požadavky na místnosti jsou určeny požadavky daného zařízení.

### 1.3.2 Návrh systémů

Při návrhu je hlavním takovým základním parametrem délka univerzálního kabelážního systému, tudíž i jednotlivých subsystémů, jak je možné vidět na Obr. 1. 3. Měli bychom mít také na paměti, že při sestavování sítě, je možné spojovat kabely, různých tříd (kategorií), ale není možné spojovat symetrické s různou charakteristickou impedancí. To samé platí i pro optická vlákna, kde se nesmí použít do spoje vlákna s různými průměry jader. A při použití různých kategorií musíme počítat s přenosovými vlastnostmi nejnižší kategorie. Více informací [6].

#### Horizontální kabeláž:

Maximální délka horizontálního kabelu jak je vidět na Obr. 1. 4 je podle standartu TIA/EIA 568A 90 m bez ohledu použitý druh kabelu. Tento kabel je použit mezi zakončením kabelu v rozvodném uzlu podlaží a telekomunikačním vývodem. Při stanovení maximální délky horizontálního kanálu jsou vzhledem k volitelnému použití přepojování nebo propojování kladeny rozdílné požadavky na celkovou délku použitých ohebných kabelů. Proto jsou pro horizontální kabeláž doporučeny tyto druhy kabelů:

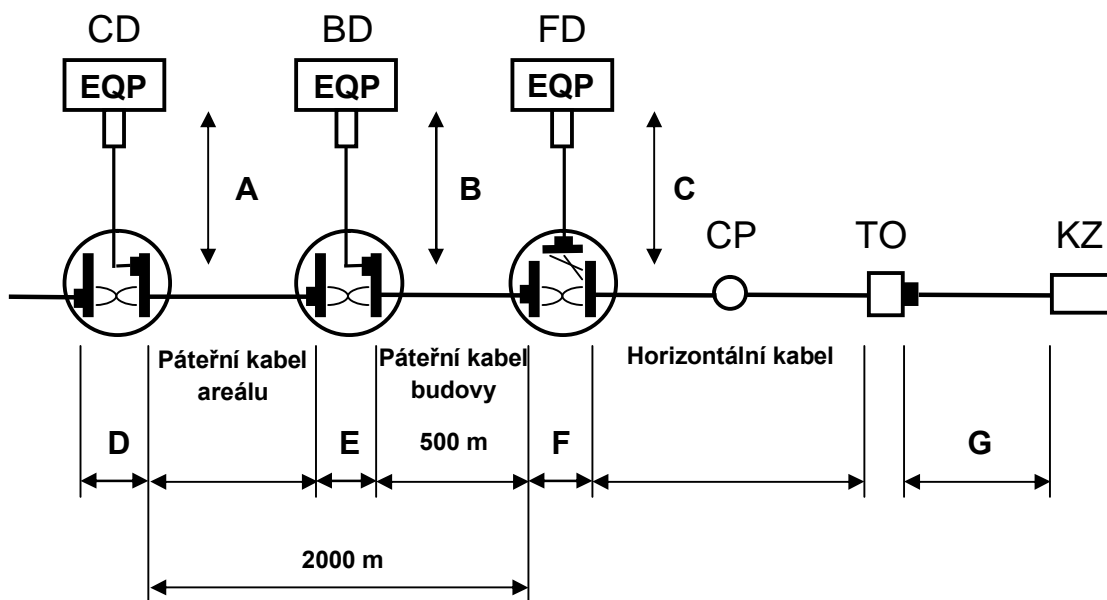
- Symetrický kabel s charakteristickou impedancí 100  $\Omega$ .
- Mnohovidový optický kabel s průměrem jádra 62,5  $\mu\text{m}$  a s průměrem pláště 125  $\mu\text{m}$ .
- Alternativou pro tuto sekci by bylo použití symetrického kabelu s charakteristickou impedancí 120  $\Omega$  nebo 150  $\Omega$ .
- Nebo mnohovidový optický kabel s průměrem jádra 50  $\mu\text{m}$  a s průměrem pláště 125  $\mu\text{m}$ .

Při užití stínění, je zapotřebí při jeho spojování a zakončování splnit místní předpisy a pokyny dodavatele, pro dosahované účinnosti, aby se nesnížila kvalita této montáže. Při použití uzemnění kovových částí musí být splněny požadavky dle ČSN 33 2000-5-54 [10].

#### Páteřní kabeláž:

Je použita mezi rozvodným uzlem podlaží a rozvodným uzlem areálu, a nesmí být použito více jak jedno přepojovací pole. Přepojovací pole by mělo být umístěno v telekomunikační skříni, nebo v místnosti se zařízením. Délka páteřního kabelu mezi rozvodným uzlem areálu a rozvodným uzlem podlaží nesmí překročit 2000 m. Z toho délka kabelu mezi rozvodním uzlem budovy a rozvodným uzlem podlaží nesmí překročit 500 m. Použitím optického kabelu s jednovidovými vlákny je možné prodloužit maximální délku mezi rozvodným uzlem areálu a rozvodným uzlem podlaží až na 3000 m. V rozvodném uzlu areálu a rozvodném uzlu budovy by neměla délka spojek a propojovacích šňůr překročit 20 m. Při překročení této stanovení hodnoty, se musí „přebytečná“ vzdálenost odečíst od maximální délky páteřní kabeláže [8], [6]. Rozložení vzdáleností je možné vidět na Obr. 1. 4.

Standart TIA/EIA 586A doporučuje použít pro páteřní rozvod optický kabel jednovidovými i s monohovidovými vlákny. Neoptimálnější je však optický kabel průměrem jádra 62,5  $\mu\text{m}$  a průměrem pláště 125  $\mu\text{m}$  s mnohovidovými vlákny. Z metalického vedení, pak je možné použít symetrický kabel s charakteristickou impedancí 100  $\Omega$  nebo také 120  $\Omega$ .



C+F+G - musí být dlouhé maximálně 10 m

E+D - musí být dlouhé maximálně 20 m

A+B - musí být dlouhé maximálně 30 m

CD - Rozvodný uzel areálu

BD - Rozvodný uzel budovy

FD - Rozvodný uzel podlaží

CP - Místo přechodu

TO - Telekomunikační vývod

KZ - koncové zařízení

EQP – Zařízení

**Obr. 1. 4: Rozčlenění strukturované kabeláže**

**Tab. 1. 2: Možná délka kanálů pro různé typy kabelů a kategorie**

Kabel	Délka kanálu pro třídu spoje [m]				Optický
	A	B	C	D	
Symetrický kabel kategorie 3	2000	200	100*	-	-
Symetrický kabel kategorie 5	3000	260	160**	100*	-
Symetrický kabel 150 Ω	3000	400	250**	150**	-
Optický mnohovidový	nepoužívá se	nepoužívá se	nepoužívá se	nepoužívá se	2000
Optický jednovidový	nepoužívá se	nepoužívá se	nepoužívá se	nepoužívá se	3000***

\* Tato vzdálenost zahrnuje 90 m pevného spoje, zbylých 10 m je rezerva.

\*\* Aplikace ovlivněné zpožděním nesmí být provozovány na větších délkách jak 100 m.

\*\*\* Toto je aplikační vzdálenost stanovená normou ČSN EN 50173 [7].

## 1.4 PARAMETRY KABELÁŽE

### 1.4.1 Symetrická kabeláž

#### Jmenovitá impedance kabeláže:

Jmenovitá impedance pevného spoje a kanálu musí být 100 Ω, 120 Ω a 150 Ω. Tuto impedanci bychom měli dosáhnout správným výběrem kabelů, spojovacích prvků a vyhovujícím návrhem montáže kabeláže.

#### Útlum odrazu:

Útlum odrazu se měří z obou konců kabeláže. Útlum odrazu kanálu a pevného spoje musí být stejný, nebo větší než jsou hodnoty uvedené v Tab. 1. 3.

**Tab. 1. 3: Minimální útlum odrazu pro pevný spoj a kanál**

Kmitočtový rozsah [MHz]	Minimální útlum odrazu [dB]			
	Pevný spoj		Kanál	
	Třída C	Třída D	Třída C	Třída D
$1 \leq f \leq 16$	15	17	15	17
$16 \leq f \leq 20$	nepoužívá se	17	nepoužívá se	17
$20 \leq f \leq 100$	nepoužívá se	$17 - 7 \cdot \log(f/20)$	nepoužívá se	$17 - 7 \cdot \log(f/20)$

#### Útlum:

Útlum pevného spoje respektive jeho maximální hodnoty jsou uvedené v Tab. 1. 4. V Tab. 1. 5 jsou uvedeny hodnoty maximálního útlumu pro kanál. Tyto hodnoty se nesmí překročit.

**Tab. 1. 4: Maximální hodnoty útlumu pro pevný spoj**

Kmitočet [MHz]	Maximální útlum [dB]			
	Pevný spoj			
	Třída A	Třída B	Třída C	Třída D
0,10	16,0	5,5	nepoužívá se	nepoužívá se
1,00	nepoužívá se	5,8	3,1	2,1
4,00	nepoužívá se	nepoužívá se	5,8	4,1
10,00	nepoužívá se	nepoužívá se	9,6	6,1
16,00	nepoužívá se	nepoužívá se	12,6	7,8
20,00	nepoužívá se	nepoužívá se	nepoužívá se	8,7
31,25	nepoužívá se	nepoužívá se	nepoužívá se	11,0
62,50	nepoužívá se	nepoužívá se	nepoužívá se	16,0
100,00	nepoužívá se	nepoužívá se	nepoužívá se	20,6

**Tab. 1. 5: Maximální hodnoty útlumu pro kanál**

Kmitočet [MHz]	Maximální útlum [dB]			
	Kanál			
	Třída A	Třída B	Třída C	Třída D
0,10	16,0	5,5	nepoužívá se	nepoužívá se
1,00	nepoužívá se	5,8	4,2	2,5
4,00	nepoužívá se	nepoužívá se	7,3	4,5
10,00	nepoužívá se	nepoužívá se	11,5	7,0
16,00	nepoužívá se	nepoužívá se	14,9	9,2
20,00	nepoužívá se	nepoužívá se	nepoužívá se	10,3
31,25	nepoužívá se	nepoužívá se	nepoužívá se	12,8
62,50	nepoužívá se	nepoužívá se	nepoužívá se	18,5
100,00	nepoužívá se	nepoužívá se	nepoužívá se	24,0

**Útlum přeslechu na blízkém konci (NEXT):**

Musí být minimálně stejně velké, nebo větší než jsou hodnoty uvedené v Tab. 1. 6 pro pevný spoj a v Tab. 1. 7 pro kanál. Musí také vyhovovat hodnotám navrženým pro délku kabelu a použitý druh kabelu. Tento útlum přeslechu na blízkém konci mezi páry se měří z obou konců kabeláže. Více k problematice [7].

**Tab. 1. 6: Minimální útlum přeslechu na blízkém konci pro pevný spoj**

Kmitočet [MHz]	Minimální útlum přeslechu na blízkém konci [dB]			
	Pevný spoj			
	Třída A	Třída B	Třída C	Třída D
0,10	27,0	40,0	nepoužívá se	nepoužívá se
1,00	nepoužívá se	25,0	40,1	61,2
4,00	nepoužívá se	nepoužívá se	30,7	51,8
10,00	nepoužívá se	nepoužívá se	24,3	45,5
16,00	nepoužívá se	nepoužívá se	21,0	42,3
20,00	nepoužívá se	nepoužívá se	nepoužívá se	40,7
31,25	nepoužívá se	nepoužívá se	nepoužívá se	37,6
62,50	nepoužívá se	nepoužívá se	nepoužívá se	32,7
100,00	nepoužívá se	nepoužívá se	nepoužívá se	29,3

**Tab. 1. 7: Minimální útlum přeslechu na blízkém konci pro kanál**

Kmitočet [MHz]	Minimální útlum přeslechu na blízkém konci [dB]			
	Kanál			
	Třída A	Třída B	Třída C	Třída D
0,10	27,0	40,0	nepoužívá se	nepoužívá se
1,00	nepoužívá se	25,0	39,1	60,3
4,00	nepoužívá se	nepoužívá se	29,3	50,6
10,00	nepoužívá se	nepoužívá se	22,7	44,0
16,00	nepoužívá se	nepoužívá se	19,3	10,6
20,00	nepoužívá se	nepoužívá se	nepoužívá se	39,0
31,25	nepoužívá se	nepoužívá se	nepoužívá se	35,7
62,50	nepoužívá se	nepoužívá se	nepoužívá se	30,6
100,00	nepoužívá se	nepoužívá se	nepoužívá se	27,1

**Tab. 1. 8: Minimální hodnoty PS NEXT pro pevný spoj a kanál**

Kmitočet [MHz]	Minimální PS NEXT [dB]	
	Pevný spoj Třídy D	Kanál třídy D
1,00	58,2	57,3
4,00	48,8	47,6
10,00	42,5	41,0
16,00	39,3	37,6
20,00	37,7	36,0
31,25	34,6	32,7
62,50	29,7	27,6
100,00	26,3	24,1

**Výkonový součet útlumu přeslechu na blízkém konci (PS NEXT):**

Tato hodnota se používá pouze u třídy D a vyšších a musí mít minimální hodnoty uvedené v Tab. 1. 8 nebo je překračovat.

**Poměr útlumu k útlumu přeslechu (ACR):**

ACR je rozdíl mezi útlumem přeslechu na blízkém konci a útlumem kabeláže. Minimální dovolené hodnoty jsou uvedené v Tab. 1. 9.

**Výkonový součet ACR:**

Tato hodnota se používá pouze u třídy D a vyšších a musí mít minimální hodnoty uvedené v Tab. 1. 10, nebo je překračovat.

**Tab. 1. 9: Minimální hodnoty ACR pro pevný spoj a kanál**

Kmitočet [MHz]	Minimální ACR [dB]	
	Pevný spoj Třídy D	Kanál třídy D
1,00	59,1	57,8
4,00	47,7	46,1
10,00	39,4	37,0
16,00	34,5	31,4
20,00	32,0	28,7
31,25	26,6	22,9
62,50	16,7	12,1
100,00	8,7	3,1

**Tab. 1. 10: Minimální hodnoty PS ACR pro pevný spoj a kanál**

Kmitočet [MHz]	Minimální výkonový součet ACR [dB]	
	Pevný spoj Třídy D	Kanál třídy D
1,00	56,1	54,8
4,00	44,7	43,1
10,00	36,4	34,0
16,00	31,5	28,4
20,00	29,0	25,7
31,25	23,6	19,9
62,50	13,7	9,1
100,00	5,7	0,1

**Odstup přeslechu na vzdáleném konci ELFEXT:**

Odstup přeslechu na vzdáleném konci mezi páry musí alespoň splňovat hodnoty uvedené v Tab. 1. 11, nebo je překračovat.

**Tab. 1. 11: Minimální hodnoty ELFEXT pro pevný spoj a kanál**

Kmitočet [MHz]	Minimální ELFEXT [dB]	
	Pevný spoj Třídy D	Kanál třídy D
1,00	59,6	57,0
4,00	47,6	45,0
10,00	39,6	37,0
16,00	35,5	32,9
20,00	33,6	31,0
31,25	29,7	27,1
62,50	23,7	21,1
100,00	19,6	17,0

### Výkonový součet ELFEXT:

Tato hodnota se používá pouze u třídy D a vyšších a musí mít minimální hodnoty uvedené v Tab. 1. 12, nebo je překračovat.

**Tab. 1. 12: Minimální hodnoty PS ELFEXT pro pevný spoj a kanál**

Kmitočet [MHz]	Minimální výkonový součet ELFEXT [dB]	
	Pevný spoj Třídy D	Kanál třídy D
1,00	57,0	54,4
4,00	45,0	42,4
10,00	37,0	34,4
16,00	32,9	30,3
20,00	31,0	28,4
31,25	27,1	24,5
62,50	21,1	18,5
100,00	17,0	14,4

### Maximální stejnosměrný smyčkový odpor párů:

Stejnosemřný smyčkový odpor párů nesmí překročit hodnoty uvedené v Tab. 1. 13.

**Tab. 1. 13: Maximální stejnosměrný smyčkový odpor**

Třída	A	B	C	D
Maximální smyčkový odpor [ $\Omega$ ]	560	170	40	40

### Maximální zpoždění:

Zpoždění je časový rozdíl, o který se zpozdí signál při průchodu pevným spojem, (kanálem). Hodnoty uvedené v Tab. 1. 14 jsou maximální možné pro kvalitní přenos.

**Tab. 1. 14: Maximální zpoždění vlivem šíření pro pevný spoj a kanál**

Třída pevného spoje /kanálu	Měřicí kmitočet [MHz]	Zpoždění pevného spoje [ $\mu$ s]	Zpoždění kanálu [ $\mu$ s]
A	-	0,9	20,0
B	-	0,9	5,0
C	$1 \leq f \leq 16$	$0,486 + 0,036/\sqrt{f}$	$0,544 + 0,036/\sqrt{f}$
D	$16 \leq f \leq 100$	$0,486 + 0,036/\sqrt{f}$	$0,544 + 0,036/\sqrt{f}$

### Maximální posuv zpoždění:

Je rozdíl zpoždění mezi dvěma páry pevného spoje, kanálu. Tato hodnota musí být nižší, než jsou hodnoty uvedené v Tab. 1. 15.

**Tab. 1. 15: Maximální posuv zpoždění pro pevný spoj a kanál**

Třída pevného spoje /kanálu	Měřicí kmitočet [MHz]	Posuv zpoždění pevného spoje [μs]	Posuv zpoždění kanálu [μs]
A	-	nepoužívá se	nepoužívá se
B	-	nepoužívá se	nepoužívá se
C	$1 \leq f \leq 16$	0,043	0,050
D	$16 \leq f \leq 100$	0,043	0,050

### Minimální útlum nevyvážení:

Tento parametr musí překračovat hodnoty uvedené v Tab. 1. 16.

**Tab. 1. 16: Minimální útlum nevyvážení**

Kmitočet [MHz]	Minimální útlum nevyvážení pro třídu [dB]			
	A	B	C	D
0,1	30	45	45	45
1,0	nepožívá se	20	30	40
4,0	nepožívá se	nepoužívá se	studuje se	studuje se
10,0	nepožívá se	nepoužívá se	20	30
16,0	nepožívá se	nepoužívá se	studuje se	studuje se
20,0	nepožívá se	nepoužívá se	studuje se	studuje se
100,0	nepožívá se	nepoužívá se	nepoužívá se	studuje se

### Poloměr ohybu:

Při montáži kabelů se musí dát pozor při tvorbě ohybů, aby nebyly ostré ohyby. To by mohlo mít za následek menší odolnost proti elektromagnetickému rušení. Proto se definuje minimální poloměr ohybu, který nesmí být menší než čtyřnásobek průměru kabelu.

## 1.4.2 Optická kabeláž

Předpokládáme, že každý optický spoj má svou jedinou vlnovou délku. Neuvažujeme multiplexování vlnových délek. V tabulkách jsou uvedeny parametry pro jednovidové a mnohovidové pevné spoje a kanály s optickými vlákny.

### Optický útlum:

Útlum nesmí být větší jak hodnoty uvedené v Tab. 1. 17.

**Tab. 1. 17: Útlum optického vlákna kabelážních subsystémů**

Subsystém	Pevný spoj [m]	Útlum [dB]			
		Jednovidové [nm]		Mnohovidové [nm]	
		1310	1550	850	1300
Horizontální kabeláž	90	2,2	2,2	2,5	2,2
Páteřní kabeláž budovy	500	2,7	2,7	3,9	2,6
Páteřní kabeláž areálu	1500	3,6	3,6	7,4	3,6

### Okna vlnových délek:

Pro jednotlivé typy vláken jsou vymezené optimální vlnové délky, viz Tab. 1. 18 nazývané též Telekomunikační okna.

**Tab. 1. 18: Okna vlnových délek pro kabeláž s optickými vlákny**

Typ vlákna	Vlnová délka [nm]			Referenční zkušební vlnová délka [nm]	Maximální spektrální šířka [nm]
	Dolní mez	Určená hodnota	Horní mez		
Jednovidová	1288	1310	1339	1310	10
	1525	1550	1575	1550	10
Mnohovidová	790	850	910	850	50
	1285	1300	1330	1300	150

### Šířka pásma mnohovidových vláken:

U optického spoje s mnohovidovými vlákny musí šířka pásma být větší než hodnoty uvedené v Tab. 1. 19.

**Tab. 1. 19: Šířka pásma mnohovidových vláken**

Vlnová délka [nm]	Minimální šířka pásma [MHz·km]
850	100
1300	250

### Útlum odrazu:

Na jakémkoli rozhraní musí překračovat hodnoty uvedené v Tab. 1. 20.

**Tab. 1. 20: Útlum odrazu vlákna**

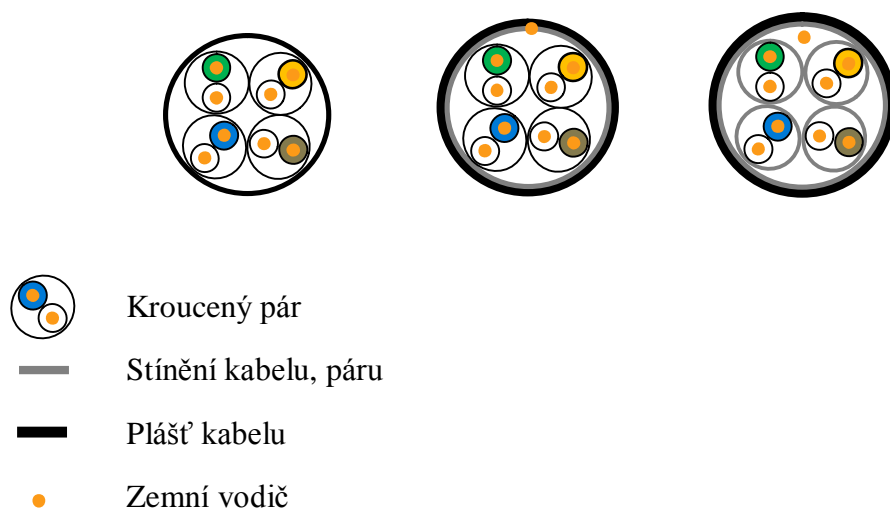
Typ vlákna	Vlnová délka [nm]	Minimální útlum odrazu [dB]
Jednovidová	1310	26
	1550	26
Mnohovidová	850	20
	1300	20

## 2 ČÁSTI KABELÁŽE

### 2.1 KABELY

#### 2.1.1 Kabely Metalické

Univerzální kabelážní systémy (Strukturovaná kabeláž) mají být sestrojeny z kabelů vyhovujících normě ČSN EN 50288-1 [18]. Symetrické kabely, musí splňovat příslušné bezpečnostní požadavky stanovené místními předpisy. Musí vyhovovat minimálním požadavkům kladené na tyto kabely, instalované v páteřních a horizontálních subsystémech. Symetrické kabely s charakteristickou impedancí 100  $\Omega$ , 120  $\Omega$  nebo i 150  $\Omega$  musí splňovat mechanické hodnoty uvedené v Tab. 2. 1 a elektrické parametry uvedené v Tab. 2. 2. Vyhovující hodnoty maximálního útlumu a minimálního útlumu přeslechu na blízkém konci (NEXT) jsou uvedeny pro diskrétní kmitočty, avšak pro dosažení kvalitního systému, musí být splněny v celém frekvenčním pásmu. Hodnoty maximální útlum na 100 m instalovaného kabelu jsou uvedeny v Tab. 2. 3. Hodnoty NEXT na 100 m instalovaného kabelu jsou uvedeny v Tab. 2. 4. Mezi nejpoužívanější kabely patří UTP a STP kabel. Nově i ISTP kabel. Na Obr. 2. 1 jsou znázorněny používané symetrické kabely [5]. Nesymetrické kabely, nebo spíše koaxiální kabely se v dnešní době využívají spíše v kabelážích pro TV přijímače. Pro takovou strukturovanou kabeláž, která má spojit počítače s periferiemi a okolními počítači, se už v dnešní době nevyžívají. Nalezneme je, ale spíše jako vedení od bezdrátové antény do nějakého modulu.



Obr. 2. 1: Typy kabelů UTP, STP i FTP a ISTP

**Tab. 2. 1: Mechanické vlastnosti symetrických kabelů**

Vlastnosti	Požadavek	
	100 Ω, 120 Ω	150 Ω
Průměr vodiče	0,4 mm – 0,6 mm	
Průměr izolace vodiče	≤ 1,6 mm	≤ 2,6 mm
Stínění prvků	volitelné	
Počet prvků v jednotce	páry	≥ 2
	čtyřky	≥ 1
Stínění jednotek	volitelné	
Počet kabelových jednotek v kabelu	≥ 1	
Celkové stínění kabelu	volitelné	
Vnější průměr kabelu	Má být minimalizován	
Rozmezí teplot bez mechanického namáhání	instalační: 0 °C - +50 °C pracovní: -20 °C - +60 °C	
Minimální poloměr ohybu při instalaci	8 x vnější průměr kabelu	
Zatahovací síla	v souladu se specifikací příslušného kabelu	
Odolnost vůči plameni	v souladu s harmonizovanými předpisy pro instalaci	

**Tab. 2. 2: Elektrické vlastnosti instalovaných symetrických kabelů**

Elektrické vlastnosti	Kmitočet [MHz]	Typ kabelu			
		100 Ω Kategorie 3	100 Ω Kategorie 5	120 Ω Kategorie 5	150 Ω
Charakteristická impedance $Z_0$ [Ω]	0,064	125 ± 25	125 ± 25	125 ± 45	studuje se
	1	100 ± 15	100 ± 15	120 ± 15	150 ± 15
Maximální ss smyčkový odpor [Ω/100 m]	ss	30			
Minimální rychlost šíření	1	0,4 c	0,60 c		
	10	0,6 c	0,65 c		
	100	nepoužívá se	0,65 c		
Maximální odporová nerovnováha [%]	ss	3			
Maximální kapacitní nerovnováha páru proti zemi [pF/km]	0,0008 - 0,001	1600			
Maximální přenosová impedance [mΩ/m]	10	100			
Minimální ss izolační odpor [MΩ·km]	ss	150			
Elektrická pevnost	vodič/vodič	ss nebo st	750 V, 1 min		
	vodič/stínění		500 V, 1 min		

**Tab. 2. 3: Maximální povolený útlum na vzdálenosti 100 m instalovaného kabelu**

Elektrické vlastnosti	Kmitočet [MHz]	Typ kabelu			
		100 Ω Kategorie 3	100 Ω Kategorie 5	120 Ω Kategorie 5	150 Ω
Maximální útlum [dB/100 m]	0,064	0,9	0,8	0,8	studuje se
	0,256	1,3	1,1	1,1	studuje se
	0,512	1,8	1,5	1,5	studuje se
	0,772	2,2	1,8	1,8	studuje se
	1,000	2,6	2,1	2,0	1,1
	4,000	5,6	4,3	3,8	2,2
	10,000	9,8	6,6	5,7	3,5
	16,000	13,1	8,2	7,1	4,4
	20,000	nepoužívá se	9,2	8,0	4,9
	31,250	nepoužívá se	11,8	10,0	6,9
	62,500	nepoužívá se	17,1	15,0	9,8
	100,000	nepoužívá se	22,0	19	12,3

**Tab. 2. 4: Útlum přeslechu na blízkém konci (NEXT) na vzdálenosti 100 m instalovaného kabelu**

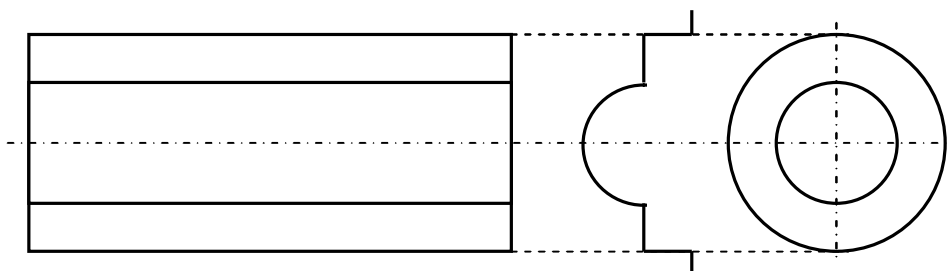
Kmitočet [MHz]	Typ kabelu		
	100 Ω Kategorie 3	100 Ω nebo 120 Ω Kategorie 5 a 150 Ω	
	Minimální NEXT [dB]	Minimální NEXT [dB]	Minimální ACR [dB]
0,772	43	64	62,2
1,000	41	62	59,9
4,000	32	53	48,7
10,000	26	47	40,4
16,000	23	44	35,8
20,000	nepoužívá se	42	32,8
31,250	nepoužívá se	40	28,2
62,500	nepoužívá se	35	17,9
100,000	nepoužívá se	32	10,0

### 2.1.2 Kabely optické

Strukturovaná kabeláž musí používat vyhovující optické kabely podle normy ČSN EN 60794-1-1 [12] a ČSN EN 60794-1-2 [13]. Musí splňovat minimální požadavky kladené na tyto kabely, instalované v páteřních a horizontálních subsystémech. Také musí vyhovovat místním stanoveným bezpečnostním předpisům.

### Kabely s mnohovidovými vlákny:

Musí odpovídat kategorii vlákna A1b podle normy ČSN EN 60793-2-10 [17] nebo kategorii vlákna A1a podle ČSN EN 60793-2-10 [17]. Tomuto vyhovuje monohovidové vlákno s gradientním průběhem indexu lomu viz Obr. 2. 2 [2] s průměrem jádra 62,5 μm, nebo 50 μm, a s průměrem pláště 125 μm.



**Obr. 2. 2: Optické vlákno s gradientním indexem lomu světla**

Optické kabely pro vnitřní i vnější použití musí splňovat mechanické požadavky, požadavky vlivů prostředí podle norem ČSN EN 60794-1-1 [12] a ČSN EN 60794-1-2 [13], ČSN EN 60794-2 [14], ČSN EN 60794-3 [15].

Všechny tyto vlákna musí splňovat parametry uvedené v Tab. 2. 5. Další parametry jsou uvedeny v Tab. 1. 19 a Tab. 1. 20.

**Tab. 2. 5: Parametry mnohovidových vláken**

Vlnová délka [nm]	Maximální měrný útlum při 20°C [dB/km]	Minimální šířka pásma při 20°C [MHz·km]
850	3,5	200
1300	1,0	500

### Kabely s jednovidovými vlákny:

Tyto vlákna musí vyhovovat kategorii B1 podle norem ČSN EN 60793-2-50 [16]. Jednovidová optická vlákna musí mít při vlnových délkách 1310 nm a 1550 nm měrný útlum menší než 1 dB/km.

Optické kabely pro vnitřní i vnější použití musí splňovat mechanické požadavky, požadavky vlivů prostředí podle ČSN EN 60794-1-1 [12] a ČSN EN 60794-1-2 [13], ČSN EN 60794-2 [14], ČSN EN 60794-3 [15].

## 2.2 SPOJOVACÍ PRVKY

Další kategorií, na které jsou kladeny požadavky spojovací prvky, používající se na univerzální kabeláži (strukturované kabeláži). Požadavky uvedené v tabulkách platí pro jednotlivé konektory a konektorové jednotky, které zahrnují, ale neomezují se na telekomunikační vývody, přepojovací pole. Požadavky na útlum a útlum přeslechu na blízkém konci (NEXT) jsou uvedeny pro diskrétní kmitočty, ale musí být splněny v celém kmitočtovém pásmu. Požadavky při mezilehlých kmitočtech se odvodí lineární interpolací mezi dvěma stanovenými kmitočty.

### Umístnění spojovacích prvků:

- Do rozvodných uzlů areálu pro spojení s páteřní kabeláží budovy, s páteřní kabeláží areálu a s aktivními prvky.
- Do rozvodných uzlů budov pro spojení s páteřní kabeláží budovy a s aktivními prvky.
- Do rozvodných uzlů podlaží pro spojení na přepojovacím poli mezi páteřní a horizontální kabeláží a s aktivními prvky.
- Do míst přechodu horizontální kabeláže.
- Do telekomunikačních vývodů.

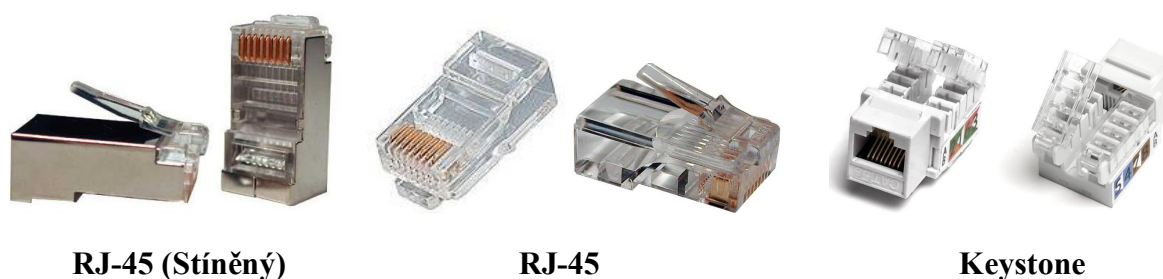
### Spojovací prvky by měli poskytovat:

- Prostředek k vzájemnému propojení kabeláže pomocí spojek a kabelu přepojovacích polí nebo zařízení pro specifickou aplikaci.
- Prostředek k označení kabeláže.
- Prostředek pro uspořádané vedení kabelů.
- Prostředek pro přístup ke kontrole nebo k měření kabeláže a aktivních prvků.
- Ochranu proti fyzickému poškození a průniku znečišťujících látek.
- Potřebnou hustotu zakončení se zřetelem na využití prostoru.

Spojovací prvky musí být zkonstruovány tak, aby spolehlivě fungovaly v rozsahu teplot od -10 °C do +60 °C, a aby umožňovali flexibilitu při montáži. Spojovací prvky se musí instalovat tak, aby se dosáhlo minimálního zhoršení signálu a požadované účinnosti stínění, je-li použito, a dostačujícího prostoru pro montáž telekomunikačního zařízení, spojeného s kabelážním systémem. Na přenosových cestách a v blízkosti spojovacích prvků se musí respektovat požadavky na poloměr ohybu kabelu. Pro zachování správného a kontinuálního spojení kabelů v systému je třeba zajistit odpovídající značení pomocí barev, čísel, identifikačních znaků.

## 2.2.1 Spojovací prvky pro metalické symetrické kabely

Spojovacím prvkem pro kabeláž s charakteristickou impedancí 100  $\Omega$ , 120  $\Omega$ , 150  $\Omega$  je nečastěji používaný konektor RJ-45 viz Obr. 2. 3. Podle standartu TIA/EIA 568A existují dva způsoby jak zapojit čtyřpárového symetrického kabelu a to T568A a T568B viz Obr. 2. 4. Následující požadavky platí pro spojovací prvky používané pro spojování symetrických kabelů. Je žádoucí, aby spojovací prvky používané k přímému zakončení kabelů byly zářezového typu. Spojovací prvky musí splňovat požadavky na mechanické vlastnosti uvedené v Tab. 2. 6, a na přenosové vlastnosti viz Tab. 2. 7.



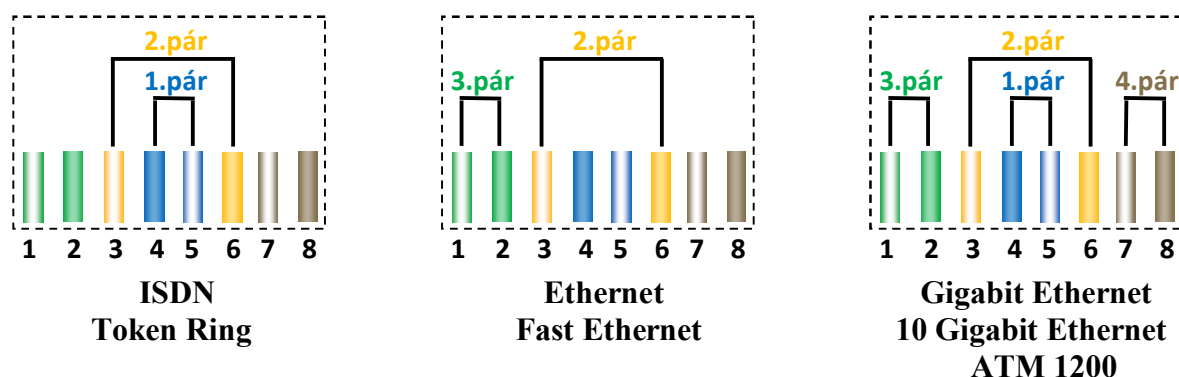
Obr. 2. 3: Konektory RJ-45

Tab. 2. 6: Mechanické vlastnosti spojovacích prvků pro kabeláž s charakteristickou impedancí 100  $\Omega$ , 120  $\Omega$  a 150  $\Omega$

Mechanické vlastnosti		Pro kabeláž s charakteristickou impedancí	
		100 a 120	150
Rozměry na rozhraní telekomunikačního vývodu		rozměry při spojení a kalibraci *	rozměry při spojení a kalibraci *
<b>Kompatibilita pro zakončení kabelu</b>			
Jmenovitý průměr vodiče		0,5 mm - 0,65 mm	0,5 mm - 0,65 mm
Typ vodiče	propojovací kabely, spojky	lanové nebo plné vodiče	lanové vodiče
	ostatní	plné vodiče	plné vodiče
Jmenovitý průměr izolovaného vodiče		0,7 mm - 1,4 mm	1,1 mm - 1,9 mm
Počet vodičů	telekomunikační vývod	8	4
	ostatní	$\geq 2n$ ( $n = 1, 2, 3, \dots$ )	$\geq 2n$ ( $n = 1, 2, 3, \dots$ )
Vnější průměr kabelu	telekomunikační vývod	$\leq 20$ mm	$\leq 20$ mm
	ostatní	nepoužívá se	nepoužívá se
<b>Mechanické vlastnosti, trvanlivost</b>		<b>cykly [-]</b>	<b>cykly [-]</b>
Zakončení vodiče		$\geq 200$	$\geq 200$
Rozhranní zástrčky		$\geq 750$	$\geq 1000$

**Tab. 2. 7: Přenosové vlastnosti spojovacích prvků pro kabeláž s charakteristickou impedancí 100 Ω, 120 Ω a 150 Ω**

Přenosové vlastnosti	Kmitočet [MHz]	Kategorie konektoru		150 Ω
		3	5	
Maximální útlum [dB]	1,0	0,2	0,1	0,05
	4,0	0,2	0,1	0,05
	10,0	0,2	0,1	0,1
	16,0	0,2	0,2	0,15
	20,0	nepoužívá se	0,2	0,15
	31,3	nepoužívá se	0,2	0,15
	62,5	nepoužívá se	0,3	0,2
	100,0	nepoužívá se	0,4	0,25
Minimální přeslech na blízkém konci (NEXT) [dB]	1,0	58	65	> 65
	4,0	46	56	> 65
	10,0	38	60	> 65
	16,0	34	56	62,5
	20,0	nepoužívá se	54	60,5
	31,3	nepoužívá se	50	56,6
	62,5	nepoužívá se	44	50,6
	100,0	nepoužívá se	40	46,5
Minimální útlum odrazu [dB]	> 1,0	nepoužívá se	23	studuje se
	< 20	nepoužívá se	23	
	≥ 20	nepoužívá se	14	
	≤ 100	nepoužívá se	14	
Elektrický odpor mezi vstupem a výstupem [mΩ]	ss	300		studuje se
Maximální přenosová impedance [mΩ]	1	100 (studuje se)		100 (studuje se)
	20	200 (studuje se)		200 (studuje se)



**Obr. 2. 4: Zapojení párů do konektoru RJ-45**

## 2.2.2 Spojovací prvky pro optická vlákna

Spojovací prvky se dělí na dvě části rozebíratelné a nerozebíratelné. Hlavním rozebíratelným prvkem je konektor. V dnešní době konektorů pro optická vlákna je už mnoho typů, například SC, ST, jak je vidět na Obr. 2. 5, nebo MT, FDDI, SMA, E2000 a další [2]. Také jejich kvalita se zlepšila a také jejich vlastnosti, jako přenosové parametry, mechanické vlastnosti, a další. Druhou skupinou jsou nerozebíratelné spoje, kde hlavním představitelem je svár. Sváry dosahují lepších vlastností jak konektory. Dnes už automatické svářečky si samy nastaví vzdálenosti optických vláken tak aby útlum sváru byl co nemenší.

Spojovací prvky pro optická vlákna musí splňovat mechanické vlastnosti, viz Tab. 2. 8 a přenosové vlastnosti uvedené v Tab. 2. 9. Všechny optické vývody musí také splňovat bezpečnostní požadavky normy ČSN EN 60825-2 [11]. Také se musí značit konektory a spojky, aby nedošlo k záměně optických vláken, a tím k změně pevného spoje (kanálu).

**Tab. 2. 8: Mechanické vlastnosti spojovacích prvků pro optická vlákna**

Mechanické a optické vlastnosti	Požadavek
Rozměry na rozhraní telekomunikačního vývodu	rozměry při spojení a kalibraci
<b>Kompatibilita pro zakončení kabelu</b>	
Jmenovitý průměr pláště vlákna [ $\mu\text{m}$ ]	125
Jmenovitý průměr primární ochrany vlákna	-
Vnější průměr kabelu	-
Mechanická odolnost, trvanlivost [cykly]	$\geq 500$

**Tab. 2. 9: Přenosové vlastnosti spojovacích prvků pro optická vlákna**

Přenosové vlastnosti		Požadavek
Maximální útlum [dB]	svár	0,3
	ostatní	0,5
Minimální útlum odrazu [dB]	jednovidové	26
	mnohovidové	20



**SC Konektor**



**ST Konektor**

**Obr. 2. 5: Konektory pro optická vlákna**

### 3 VLIV LIDSKÉHO FAKTORU

Jedním z příčin, zhoršení kvality může být instalace poškozeného materiálu. Třeba při převozu, nebo špatným zacházením, či špatným postupem při instalaci. Takovým případem může být třeba, poškozená ochrana kabelů, u symetrických kabelů, jsou li stíněné, poškození stínění. U optických pak třeba k polámání optického vlákna při nedodržení poloměru ohybu. Nebo při instalaci nedodržení rozměrů. Špatným konektorem, nebo nakonektorováním.

Osoba, která provádí instalaci kabelového rozvodu, musí zajistit, aby trasy byly dostupné a přístupné v souladu s instalačním programem. Také musí zajistit, že trasy budou zanechány čisté a bez překážek. Přístupové body nesmí být zadělány, zneprístupněny. Nesmí se zakrýt stálými součástmi budovy. Musí být přístupné pro údržbu, opravu či instalaci, nových součástí. Musí být zajištěno aby, se v systému, trubek, lišt, neshromažďovala voda. Trasy by měli být umístěny tak, aby se zamezilo působení místních zdrojů tepla, vlhkosti, a otřesům (chvění), které by mohly zhoršit funkčnost či kvalitu rozvodů. Osoba provádějící instalaci, musí také zabezpečit řádné označení, všech součástí, značením, štítky, popřípadě jinou formou.

Také by se instalované kabeláže, měli umístit, do lišt. V případě, že by se natahovala kabeláž ve zdi, řádně bych je zakreslil do plánů budovy, protože taková instalace nástěnné skříňky, by mohla skončit, kolapsem celé sítě. A oprava, za použití konektoru, nebo sváru, v případě optiky, by měla za následek zhoršení kvality v důsledku přidaného konektoru (sváru), který by zhoršil útlumy, na pevném spoji, kanále.

Dále by jsme měli lišty, popřípadě trubky, je-li kabeláž ve zdi, navrhovat tak, aby v nich bylo při vložení kabeláže, ještě jednou tolik místa. Trasy by se neměli umisťovat ve výtahových šachtách a v otvorech pro hromosvod.

## 4 MĚŘENÍ PŘENOSOVÝCH PARAMETRŮ METALICKÉHO VEDENÍ

### 4.1 MĚŘENÉ PARAMETRY

Tyto parametry jsem rozdělil na tři typy podle charakterů svých vlastností:

- Útlumové – NEXT, PS NEXT, FEXT, PS FEXT, ACR, PS ACR, ELFEXT, PS ELFEXT, Attenuation, Return Loss.
- Časové – Propagation Delay, Delay Skew.
- Elektrické – Impedance, Resistance.
- Ostatní – Wiremap, Length Limit.

#### 4.1.1 Přenosové parametry

Použité přenosové parametry v mém měření [4]:

**NEXT (Near End Crosstalk)** - Přeslech na blízkém konci. - Měřicí signál se přivede na jeden pár, na zbylých párech se pak měří přeslech podle schématu, Obr. 4. 1. Proměří se tak kombinace všech párů v kabelu.

**PS NEXT (Power Sum NEXT)** - Výkonový součet přeslechu na blízkém konci, neboli sumární přeslech. - Kdy se měřicí signál přivede na tři páry a přeslech se měří na zbylém páru, na kterém se přeslechy sečtou, viz Obr. 4. 2. Proměření kombinace všech párů kabelu.

**FEXT (Far End Crosstalk)** - Přeslech na vzdáleném konci. - Měření se provádí tak, že měřicí signál se přivede na jeden pár a na ostatních se měří hodnota přeslechu, jak je vidět na Obr. 4. 4. Proměření kombinace všech párů kabelu. Výchozí pro parametr ELFEXT.

**PS FEXT (Power Sum Far End Crosstalk)** - Výkonový součet přeslechu na vzdáleném konci. - Měřicí signál se přivede na tři páry a přeslech se měří na zbylém páru, Obr. 4. 4. Proměření kombinace všech párů kabelu. Výchozí hodnota pro výpočet parametru ELFEXT.

**ACR (Attenuation to Crosstalk Ratio)** - Poměr útlumu k útlumu přeslechu. - Je to matematický parametr  $ACR = NEXT - Attenuation$ , definuje použitelný signál.

**PS ACR (Power Sum Attenuation to Crosstalk Ratio)** - Výkonový součet poměru útlumu k výkonovému součtu útlumu přeslechu. Je to matematický parametr  $PS ACR = PS NEXT - Attenuation$ , definuje použitelný signál.

**ELFEXT (Equal Level Far End Crosstalk)** - Nový název - ACR-F - Poměr útlumu k útlumu přeslechu na vzdáleném konci. - Je to matematický parametr  $ELFEXT = FEXT - Attenuation$ , definuje použitelný signál.

**PS ELFEXT (Power Sum Equal Level Far End Crosstalk)** - nový název PS ACR-F - Výkonový součet poměru útlumu k výkonovému součtu útlumu přeslechu na vzdáleném konci. - Je to matematický parametr  $PS\ ELFEXT = PS\ FEXT - Attenuation$ , definuje použitelný signál.

**Attenuation** - Útlum kabeláže. - Ztráta energie signálu, o kolik se utlumí signál na vedení, jak je vidět na schématu měření, Obr. 4. 5.

**Return Loss** - Útlum odrazu. - Hodnota odražené energie způsobena nehomogenitou impedance, hodnota vráceného signálu z vyslaného signálu viz schéma měření, Obr. 4. 6.

**Propagation Delay** - Maximální zpoždění. - Celkové zpoždění signálu v páru. Měří se, za jak dlouho projde signál párem ze vstupu na výstup. Schéma měření Obr. 4. 7.




**Delay Skew** - Rozdílové zpoždění. - Rozdíl zpoždění signálu mezi nejrychlejším a nejpomalejším párem, kdy všechny páry vysílají současně, jak je možné vidět na Obr. 4. 8.

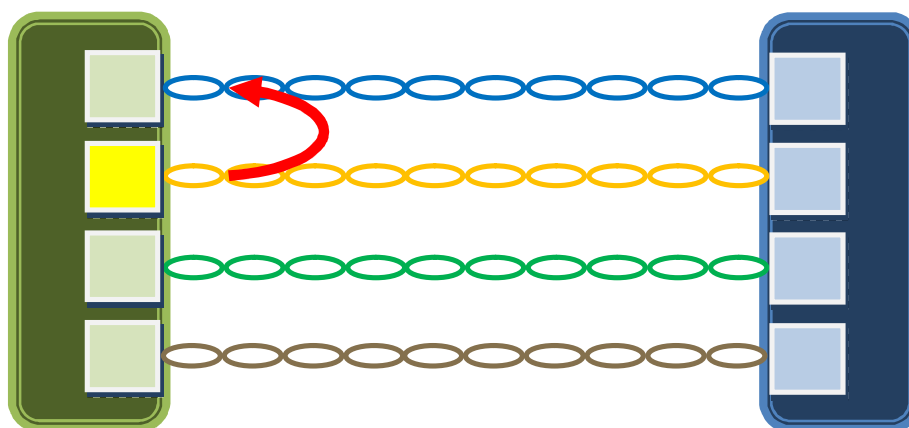
**Impedance** - Zdánlivý odpor vedení.

**Resistance** - Odpor. - Maximální stejnosměrný smyčkový odpor páru.

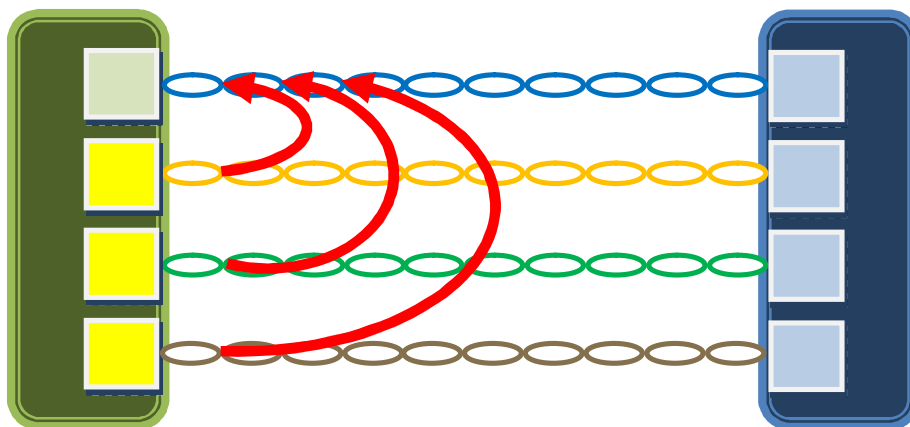
#### 4.1.2 Schémata měření přenosových parametrů

Legenda k schématům měření:

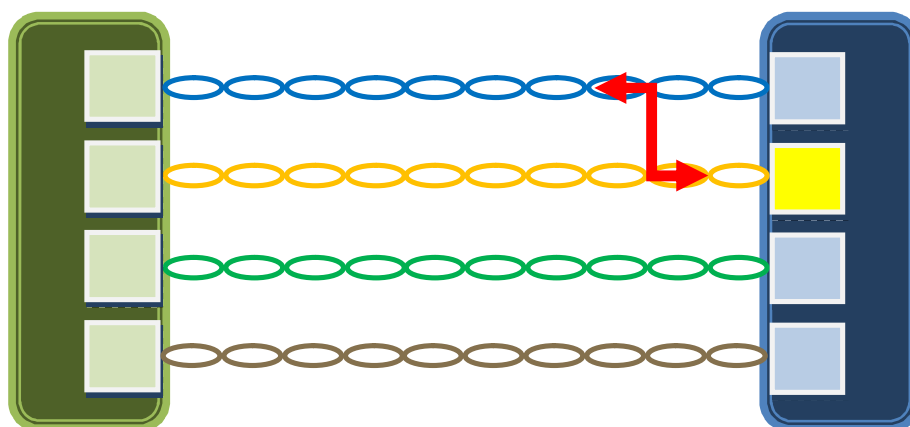
-  Blízký konec
-  Vzdálený konec
-  Vysílání měřeného signálu



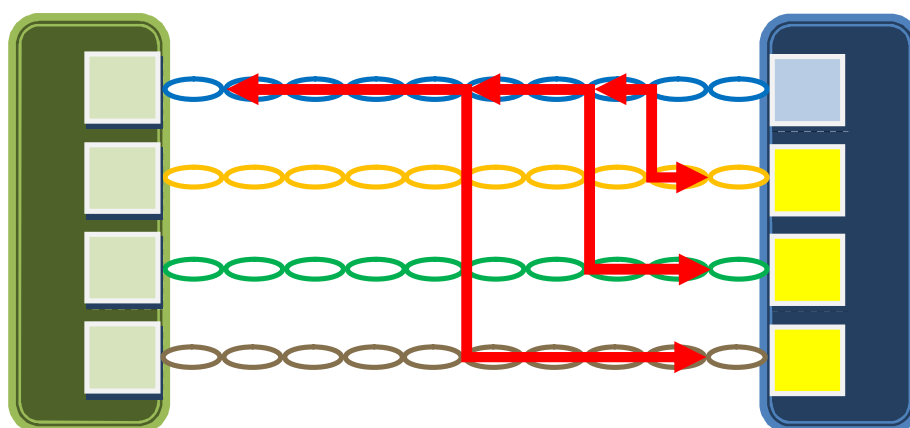
Obr. 4. 1: Schéma měření NEXT



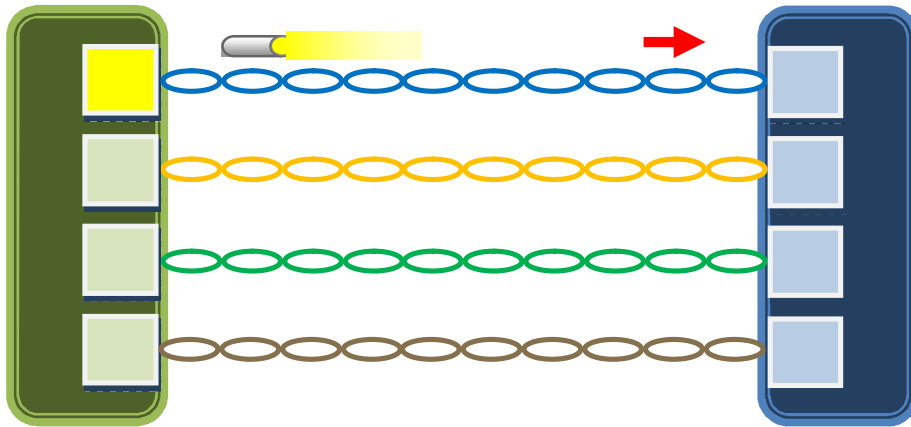
Obr. 4. 2: Schéma měření PS NEXT



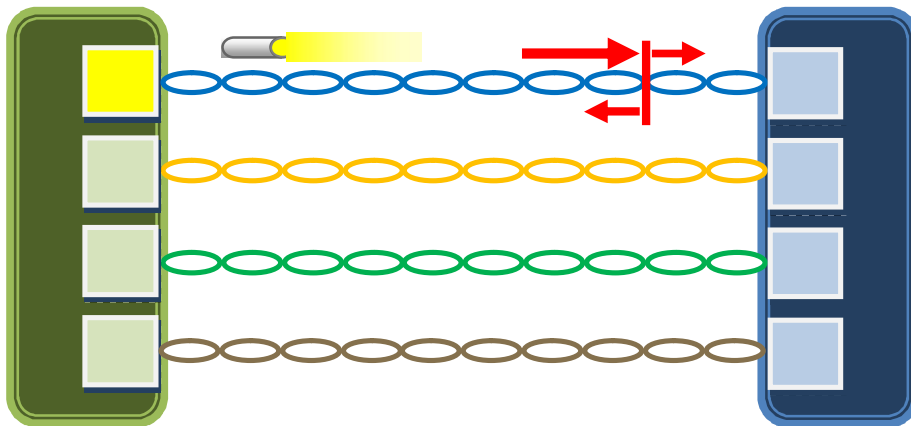
Obr. 4. 3: Schéma měření FEXT



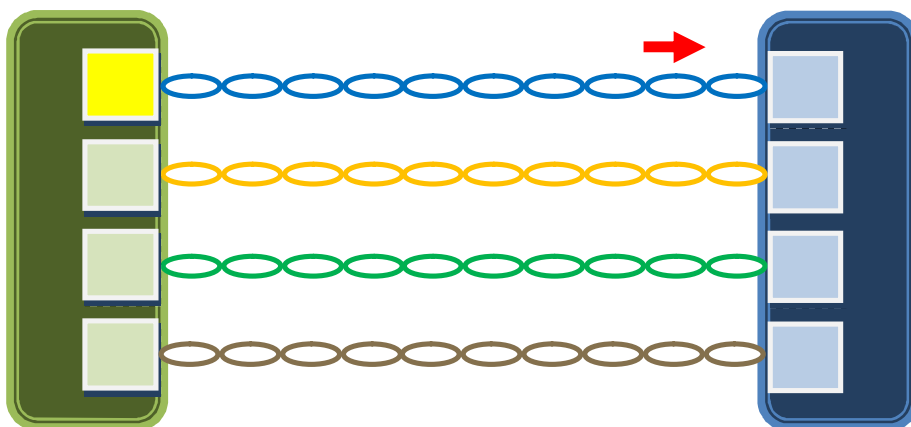
Obr. 4. 4: Schéma měření PS FEXT



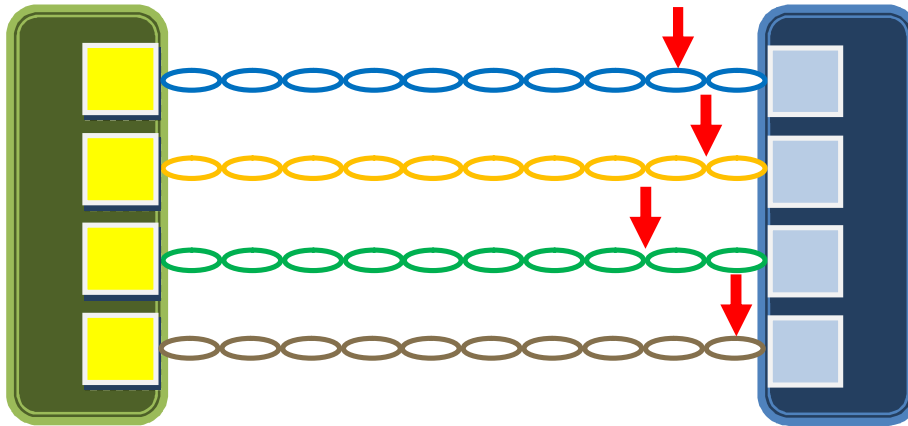
Obr. 4. 5: Schéma měření Attenuation



Obr. 4. 6: Schéma měření Return Loss



Obr. 4. 7: Schéma měření Propagation Delay



Obr. 4. 8: Schéma měření Delay Skew

## 4.2 MĚŘENÍ ROZDÍLŮ

Mým cílem bylo v tomto měření pomocí měřicího přístroje OPTOKON Multi LAN 350 měřit pět různých kabelů s různými poruchami a tím i rozdílnými parametry a porovnat jednotlivé hodnoty. Všechny hodnoty jsou uvedeny v tabulkách Tab. 4. 1 až Tab. 4. 24, kde je možné vidět rozdíly mezi dobrým, špatně zapojeným a poškozeným kabelem. Z nich lze vyvodit závěry, co dokáže ovlivnit kvalitu strukturovaných kabeláží.

**Jednotlivé kabely jsou barevně odlišné s uvedeným typem a vlastnostmi:**

- **Kabel č.1** – Kabel typu UTP kategorie 6, 100Ω opatřený modulárními konektory RJ-45 kategorie 5 z výroby. Kabel je dobrý.
- **Kabel č.2** – Kabel typu SFTP kategorie 7, 100Ω opatřený modulárními konektory RJ-45 typu STP z výroby. Kabel je poškozený, zlomený, deformace kabelu.
- **Kabel č.3** – Kabel typu UTP kategorie 6, 100Ω opatřený zařezávacími konektory Keystone kategorie 6. Kabel úmyslně poškozený, narušená izolace PVC, rozpletené páry, deformace kabelu.
- **Kabel č.4** – Kabel typu UTP kategorie 6, 100Ω opatřený zařezávacími konektory Keystone kategorie 6. Kabel neodborně zapojený, nevhodně odstraněná izolace, špatně zapojený modul (konektor).
- **Kabel č.5** – Kabel typu UTP kategorie 6, 100Ω opatřený zařezávacími konektory Keystone kategorie 6. Kabel odborně zapojený.

**Tabulky jsou rozděleny na dvě hodnoty:**

**Margin** – Krajní naměřená hodnota kabelu při měření daného parametru.

**Worst case** – Nejhorší mezní hodnota kabelu při měření daného parametru.

Prvním parametrem je Wiremap, který ukazuje, je-li vodič správně připojený, nezkratovaný, správně spojené páry, spojené stínění s konektorem, vyžaduje-li to daná kategorie. Pro kabely č. 1, 2, 5 jsou hodnoty v pořádku. U kabelu č. 3 jsou špatné vodiče č. 3,4,6,7. Poslední kabel č. 4 má překřížené vodiče č. 1 a 2.

**Tab. 4. 1: Hodnoty Margin NEXT**

Páry	Margin [dB]				
	Kabel č. 1	Kabel č. 2	Kabel č. 3	Kabel č. 4	Kabel č. 5
12 - 54	12,5	18,8	4,6	8,9	8,8
36 - 54	6,9	9,3	-9,0	-4,8	-5,2
78 - 54	14,7	19,2	-34,8	-7,6	5,5
36 - 12	8,5	11,8	6,6	-0,1	0,5
78 - 12	8,0	19,8	-0,4	0,3	7,5
78 - 36	5,5	9,1	-4,7	-15,7	-2,4

**Tab. 4. 2: Hodnoty Worst Case NEXT**

Páry	Worst Case [dB]				
	Kabel č. 1	Kabel č. 2	Kabel č. 3	Kabel č. 4	Kabel č. 5
12 - 54	50,1	52,5	38,2	42,2	43,9
36 - 54	41,5	42,9	24,5	28,3	28,0
78 - 54	47,8	52,9	14,5	28,0	38,8
36 - 12	43,0	45,4	40,2	33,9	35,9
78 - 12	41,5	53,4	34,4	35,5	41,3
78 - 36	39,1	43,0	30,5	20,1	32,2

**Tab. 4. 3: Hodnoty Margin PS NEXT**

Páry	Margin [dB]				
	Kabel č. 1	Kabel č. 2	Kabel č. 3	Kabel č. 4	Kabel č. 5
54	9,3	12,5	-31,7	-5,3	-2,5
12	10,3	15,5	-5,2	0,7	3,0
36	6,7	8,6	-6,6	-13,0	-3,5
78	6,7	10,9	-31,7	-13,3	0,2

**Tab. 4. 4: Hodnoty Worst Case PS NEXT**

Páry	Worst Case [dB]				
	Kabel č. 1	Kabel č. 2	Kabel č. 3	Kabel č. 4	Kabel č. 5
54	41,4	43,3	14,3	26,5	27,8
12	40,8	45,8	27,7	23,9	35,5
36	37,7	39,2	24,3	20,0	26,8
78	37,3	41,5	14,3	19,5	31,6

**Tab. 4. 5: Hodnoty Margin FEXT**

Páry	Margin [dB]				
	Kabel č. 1	Kabel č. 2	Kabel č. 3	Kabel č. 4	Kabel č. 5
12 - 54	24,6	22,8	14,6	<b>-26,8</b>	14,4
36 - 54	14,5	17,2	7,9	12,3	7,6
78 - 54	23,0	22,9	14,7	<b>-25,3</b>	15,1
54 - 12	25,4	24,6	12,8	19,2	14,3
36 - 12	17,9	24,7	18,7	16,1	19,7
78 - 12	21,2	32,4	15,8	<b>-15,6</b>	19,1
54 - 36	15,2	16,6	10,2	11,4	11,4
12 - 36	17,5	26,8	17,4	<b>-32,8</b>	18,5
78 - 36	24,9	23,6	14,0	<b>-20,2</b>	10,3
54 - 78	24,2	24,6	14,6	0,5	15,9
12 - 78	19,9	32,4	16,1	<b>-60,5</b>	18,5
36 - 78	21,7	20,1	9,9	<b>-0,2</b>	1,3

**Tab. 4. 6: Hodnoty Worst Case FEXT**

Páry	Worst Case [dB]				
	Kabel č. 1	Kabel č. 2	Kabel č. 3	Kabel č. 4	Kabel č. 5
12 - 54	40,5	43,2	32,3	1,0	35,2
36 - 54	35,2	33,7	23,3	29,1	25,9
78 - 54	43,6	43,0	35,1	16,3	39,9
54 - 12	42,5	43,8	30,0	34,7	31,9
36 - 12	34,1	52,4	34,6	31,4	36,3
78 - 12	37,9	54,3	34,1	20,7	38,1
54 - 36	35,7	34,2	25,5	29,7	28,4
12 - 36	33,6	52,5	33,9	-1,0	35,1
78 - 36	44,8	44,9	30,5	13,2	28,2
54 - 78	44,3	42,1	34,3	26,5	39,3
12 - 78	37,7	58,0	34,7	-31,8	36,8
36 - 78	40,6	44,1	26,4	17,9	32,2

**Tab. 4. 7: Hodnoty Margin PS FEXT**

Páry	Margin [dB]				
	Kabel č. 1	Kabel č. 2	Kabel č. 3	Kabel č. 4	Kabel č. 5
54	17,9	19,1	11,1	<b>-50,2</b>	13,7
12	18,7	25,2	15,0	<b>-50,9</b>	15,5
36	16,6	19,2	12,1	<b>-57,2</b>	10,7
78	21,0	23,8	14,6	<b>-23,1</b>	12,5

**Tab. 4. 8: Hodnoty Worst Case PS FEXT**

Páry	Worst Case [dB]				
	Kabel č. 1	Kabel č. 2	Kabel č. 3	Kabel č. 4	Kabel č. 5
54	32,7	33,0	24,3	-26,4	28,8
12	31,9	43,1	28,7	-17,1	31,6
36	30,9	34,2	25,0	-33,2	26,0
78	35,4	41,5	27,5	2,7	27,4

**Tab. 4. 9: Hodnoty Margin ELFEXT**

Páry	Margin [dB]				
	Kabel č. 1	Kabel č. 2	Kabel č. 3	Kabel č. 4	Kabel č. 5
12 - 54	26,3	22,9	13,9	31,2	14,0
36 - 54	15,3	15,7	9,8	12,6	8,2
78 - 54	20,9	24,5	16,2	29,0	16,4
54 - 12	25,1	20,9	13,6	<b>-49,9</b>	14,7
36 - 12	17,6	25,4	19,2	<b>-55,8</b>	20,4
78 - 12	20,0	36,1	16,1	<b>-32,2</b>	19,4
54 - 36	15,7	15,4	8,7	10,3	11,2
12 - 36	16,5	26,5	14,9	24,6	18,2
78 - 36	21,6	19,4	11,7	33,4	9,7
54 - 78	21,5	24,4	14,9	<b>-51,0</b>	16,3
12 - 36	20,5	38,8	15,9	<b>-51,1</b>	17,8
36 - 78	21,7	20,4	12,7	<b>-55,6</b>	16,7

**Tab. 4. 10: Hodnoty Worst Case ELFEXT**

Páry	Worst Case [dB]				
	Kabel č. 1	Kabel č. 2	Kabel č. 3	Kabel č. 4	Kabel č. 5
12 - 54	41,3	43,1	31,6	64,5	33,9
36 - 54	34,9	34,5	25,1	30,5	26,4
78 - 54	43,6	43,2	34,9	64,3	39,0
54 - 12	42,6	43,1	30,8	-30,4	32,4
36 - 12	33,5	52,5	38,1	30,8	36,6
78 - 12	37,0	53,1	34,5	4,7	38,4
54 - 36	33,7	33,5	24,7	28,5	29,5
12 - 36	33,9	51,9	31,4	60,5	35,9
78 - 36	42,0	45,1	28,2	60,5	27,6
54 - 78	43,8	42,1	35,3	-20,5	39,7
12 - 36	36,8	58,6	34,7	-14,1	36,0
36 - 78	41,9	44,7	29,2	-29,8	32,7

**Tab. 4. 11: Hodnoty Margin PS ELFEXT**

Páry	Margin [dB]				
	Kabel č. 1	Kabel č. 2	Kabel č. 3	Kabel č. 4	Kabel č. 5
54	17,4	18,4	11,1	15,6	10,9
12	19,3	27,0	15,6	-53,5	16,6
36	16,4	18,8	9,2	13,2	11,0
78	21,0	24,5	14,7	-54,8	17,2

**Tab. 4. 12: Hodnoty Worst Case PS ELFEXT**

Páry	Worst Case [dB]				
	Kabel č. 1	Kabel č. 2	Kabel č. 3	Kabel č. 4	Kabel č. 5
54	33,4	33,4	24,9	30,5	26,1
12	34,5	43,1	29,8	-33,2	32,3
36	30,3	33,4	22,7	28,4	26,0
78	36,0	40,2	28,2	30,1	31,5

**Tab. 4. 13: Hodnoty Worst Case Attenuation**

Páry	Worst Case [dB]				
	Kabel č. 1	Kabel č. 2	Kabel č. 3	Kabel č. 4	Kabel č. 5
54	6,2	5,6	5,6	5,1	7,3
12	6,9	5,3	5,0	77,6	5,7
36	7,1	5,5	7,2	6,2	6,7
78	6,6	5,4	5,2	64,7	6,1

**Tab. 4. 14: Hodnoty Margin Return Loss**

Páry	Margin [dB]				
	Kabel č. 1	Kabel č. 2	Kabel č. 3	Kabel č. 4	Kabel č. 5
54	6,6	7,8	4,2	0,4	3,6
12	4,5	7,4	3,2	2,1	4,7
36	4,6	6,0	4,6	2,8	1,4
78	6,3	5,1	3,3	-18,2	5,3

**Tab. 4. 15: Hodnoty Worst Case Return Loss**

Páry	Worst Case [dB]				
	Kabel č. 1	Kabel č. 2	Kabel č. 3	Kabel č. 4	Kabel č. 5
54	15,3	16,1	13,3	8,5	11,6
12	12,6	15,5	12,7	13,5	14,1
36	12,7	13,5	13,1	10,9	9,5
78	14,3	13,0	12,2	0,1	13,8

**Tab. 4. 16: Hodnoty Margin ACR**

Páry	Margin [dB]				
	Kabel č. 1	Kabel č. 2	Kabel č. 3	Kabel č. 4	Kabel č. 5
12 - 54	20,8	24,7	11,8	-53,6	17,2
36 - 54	14,6	14,6	10,1	3,8	2,9
78 - 54	21,8	26,1	12,0	-52,7	16,7
36 - 12	14,6	19,1	12,1	9,9	9,4
78 - 12	20,4	22,9	17,0	-41,1	19,0
78 - 36	1,4	17,0	12,7	-56,0	10,7

**Tab. 4. 17: Hodnoty Worst Case ACR**

Páry	Worst Case [dB]				
	Kabel č. 1	Kabel č. 2	Kabel č. 3	Kabel č. 4	Kabel č. 5
12 - 54	44,0	50,3	35,5	25,3	39,2
36 - 54	34,9	38,7	28,8	22,8	22,0
78 - 54	41,7	49,5	35,1	-25,1	32,8
36 - 12	36,4	41,1	29,0	28,4	29,7
78 - 12	35,2	52,0	34,3	-18,8	35,3
78 - 36	32,5	38,6	28,5	-34,1	26,9

**Tab. 4. 18: Hodnoty Margin PS ACR**

Páry	Margin [dB]				
	Kabel č. 1	Kabel č. 2	Kabel č. 3	Kabel č. 4	Kabel č. 5
54	16,7	17,4	8,0	1,3	5,8
12	16,8	21,9	12,2	-55,7	11,8
36	13,7	16,2	9,2	-0,5	4,6
78	18,3	24,5	10,1	-6,4	13,6

**Tab. 4. 19: Hodnoty Worst Case PS ACR**

Páry	Worst Case [dB]				
	Kabel č. 1	Kabel č. 2	Kabel č. 3	Kabel č. 4	Kabel č. 5
54	35,7	39,0	28,8	21,9	21,1
12	34,2	41,6	30,1	-37,0	30,5
36	30,9	35,4	24,0	14,3	21,2
78	30,7	38,5	27,9	-32,8	25,9

**Tab. 4. 20: Hodnoty Length Limit**

Páry	L [m]				
	Kabel č. 1	Kabel č. 2	Kabel č. 3	Kabel č. 4	Kabel č. 5
54	16,0	13,3	16,4	20,3	19,2
12	15,2	14,2	16,2	20,2	19,1
36	15,9	13,1	16,9	21,0	19,8
78	15,6	13,3	14,4	0,0	19,4

**Tab. 4. 21: Hodnoty Propagation Delay**

Páry	T [ns]				
	Kabel č. 1	Kabel č. 2	Kabel č. 3	Kabel č. 4	Kabel č. 5
54	77,0	64,0	79,0	98,0	93,0
12	74,0	64,0	78,0	98,0	92,0
36	77,0	63,0	82,0	109,0	96,0
78	72,0	64,0	79,0	0,0	93,0

**Tab. 4. 22: Hodnoty Delay Skew**

Páry	D [ns]				
	Kabel č. 1	Kabel č. 2	Kabel č. 3	Kabel č. 4	Kabel č. 5
54	5,0	1,0	1,0	<b>98,0</b>	0,0
12	1,0	0,0	0,0	<b>98,0</b>	0,0
36	4,0	0,0	3,0	<b>101,0</b>	3,0
78	0,0	1,0	1,0	0,0	1,0

**Tab. 4. 23: Hodnoty Resistance**

Páry	R [ $\Omega$ ]				
	Kabel č. 1	Kabel č. 2	Kabel č. 3	Kabel č. 4	Kabel č. 5
54	4,0	5,0	4,0	4,0	4,0
12	4,0	6,0	4,0	5,0	4,0
36	4,0	6,0	4,0	5,0	5,0
78	3,0	5,0	4,0	>199,0	4,0

**Tab. 4. 24: Hodnoty Impedance**

Páry	Z [ $\Omega$ ]				
	Kabel č. 1	Kabel č. 2	Kabel č. 3	Kabel č. 4	Kabel č. 5
54	102,6	94,5	100,1	99,8	99,9
12	97,8	93,5	107,3	107,1	107,3
36	102,1	94,6	98,4	98,5	98,4
78	97,0	94,6	107,3	>199,9	107,0

### 4.3 MĚŘENÍ KABELU PRO KATEGORII 5 A KATEGORII 6

Vybral jsem si kabel kategorie 5 o délce 3m opatřený modulárními konektory RJ-45 kategorie 5 z výroby, abych vyzkoušel, zda bude vyhovovat hodnotám parametru kategorie 5 a zároveň i kategorii 6. A jednotlivé hodnoty jsem dal do tabulek Tab. 4. 25 až Tab. 4. 39, tak aby byli vidět rozdíly v jednotlivých hodnotách kategorií.

#### Výsledky měření:

Parametr Wiremap je v obou případech v pořádku.

Tab. 4. 25: Hodnoty NEXT

Páry	Kategorie 5		Kategorie 6	
	Margin [dB]	Worst Case [dB]	Margin [dB]	Worst Case [dB]
12 - 54	5,8	39,4	11,1	44,8
36 - 54	1,5	34,7	1,8	31,7
78 - 54	7,3	41,3	15,7	49,1
36 - 12	1,5	35,9	1,2	34,5
78 - 12	12,9	46,1	11,6	37,9
78 - 36	0,2	34,0	1,8	34,9

Tab. 4. 26: Hodnoty PS NEXT

Páry	Kategorie 5		Kategorie 6	
	Margin [dB]	Worst Case [dB]	Margin [dB]	Worst Case [dB]
54	3,8	34,1	0,8	31,3
12	3,9	35,4	4,2	34,5
36	0,3	30,7	1,1	29,2
78	2,9	33,8	4,5	34,7

Tab. 4. 27: Hodnoty PS FEXT

Páry	Kategorie 5		Kategorie 6	
	Margin [dB]	Worst Case [dB]	Margin [dB]	Worst Case [dB]
54	16,0	32,4	23,1	43,0
12	15,4	32,0	23,3	35,9
36	21,8	35,0	22,5	34,8
78	25,2	40,3	24,8	37,4

**Tab. 4. 28: Hodnoty FEXT**

Páry	Kategorie 5		Kategorie 6	
	Margin [dB]	Worst Case [dB]	Margin [dB]	Worst Case [dB]
12 - 54	15,0	32,4	24,1	44,9
36 - 54	24,0	39,3	25,6	43,4
78 - 54	26,6	47,3	25,1	42,7
54 - 12	14,5	33,3	24,0	46,4
36 - 12	21,8	41,7	22,4	37,7
78 - 12	34,8	50,3	22,6	38,2
54 - 36	23,7	39,9	25,4	44,9
12 - 36	20,2	46,7	21,9	38,7
78 - 36	23,5	41,5	22,4	49,4
54 - 78	26,5	50,1	22,9	46,8
12 - 78	32,3	54,5	24,8	41,3
36 - 78	19,5	38,7	20,8	41,0

**Tab. 4. 29: Hodnoty ELFEXT**

Páry	Kategorie 5		Kategorie 6	
	Margin [dB]	Worst Case [dB]	Margin [dB]	Worst Case [dB]
12 - 54	15,0	32,1	23,7	41,9
36 - 54	24,6	39,9	23,9	42,0
78 - 54	25,6	45,8	32,0	47,9
54 - 12	13,9	33,2	23,3	44,5
36 - 12	20,0	41,4	22,1	37,4
78 - 12	29,5	51,0	23,6	39,1
54 - 36	24,4	39,8	24,1	44,9
12- 36	24,0	46,1	22,1	38,9
78 - 36	22,0	41,0	27,6	44,2
54 - 78	28,1	48,8	29,3	52,3
12 - 78	31,0	54,5	25,6	41,7
36 - 78	20,2	38,7	25,1	40,4

**Tab. 4. 30: Hodnoty PS ELFEXT**

Páry	Kategorie 5		Kategorie 6	
	Margin [dB]	Worst Case [dB]	Margin [dB]	Worst Case [dB]
54	16,3	31,7	25,2	39,2
12	16,9	32,8	22,3	35,9
36	21,6	37,1	24,2	37,9
78	20,7	38,5	26,5	38,8

**Tab. 4. 31: Hodnoty Attenuation**

Páry	Kategorie 5	Kategorie 6
	Worst Case [dB]	
54	1,2	1,3
12	1,1	0,9
36	1,1	1,1
78	1,1	1,0

**Tab. 4. 32: Return Loss**

Páry	Kategorie 5		Kategorie 6	
	Margin [dB]	Worst Case [dB]	Margin [dB]	Worst Case [dB]
54	6,4	15,6	8,4	16,7
12	5,6	14,2	3,2	12,9
36	2,6	10,7	0,3	8,5
78	2,4	10,5	3,1	11,2

**Tab. 4. 33: Hodnoty ACR**

Páry	Kategorie 5		Kategorie 6	
	Margin [dB]	Worst Case [dB]	Margin [dB]	Worst Case [dB]
12 - 54	26,1	39,9	19,4	42,8
36 - 54	8,9	34,2	7,6	31,3
78 - 54	26,5	40,2	20,8	43,4
36 - 12	8,5	35,4	11,5	34,8
78 - 12	24,5	47,5	27,0	44,4
78 - 36	8,8	33,5	11,3	34,6

**Tab. 4. 34: Hodnoty PS ACR**

Páry	Kategorie 5		Kategorie 6	
	Margin [dB]	Worst Case [dB]	Margin [dB]	Worst Case [dB]
54	11,7	33,8	10,3	31,1
12	10,7	35,4	14,6	34,4
36	6,8	30,1	8,4	29,3
78	11,9	33,1	14,5	34,3

**Tab. 4. 35: Hodnoty Length Limit**

Páry	Kategorie 5	Kategorie 6
	L [m]	
54	2,9	2,9
12	2,9	2,8
36	2,9	2,9
78	2,9	2,8

**Tab. 4. 36: Hodnoty Propagation Delay**

Páry	Kategorie 5	Kategorie 6
	T [ns]	
54	2,9	2,9
12	14,0	13,0
36	14,0	13,0
78	14,0	13,0

**Tab. 4. 37: Hodnoty Delay Skew**

Páry	Kategorie 5	Kategorie 6
	D [ns]	
54	2,9	2,9
12	0,0	0,0
36	0,0	0,0
78	0,0	0,0

**Tab. 4. 38: Hodnoty Resistance**

Páry	Kategorie 5	Kategorie 6
	R [ $\Omega$ ]	
54	2,9	2,9
12	2,0	2,0
36	2,0	2,0
78	2,0	2,0

**Tab. 4. 39: Hodnoty Impedance**

Páry	Kategorie 5	Kategorie 6
	Z [ $\Omega$ ]	
54	2,9	2,9
12	102,2	104,9
36	104,2	96,6
78	101,7	105,5

Jak bylo možné vidět v tabulkách, červené hodnoty značí chybnou hodnotu v měření. Tyto chyby mohou být zapříčiněny vadami a poškozeními na kabelech. Také ale mohou být zapříčiněny nějakou jinou situací. Některé z možných příčin jsem proto zde uvedl.

### **Možné příčiny chyb:**

#### Wiremap

- Nezapojený kabel.
- Zkratovaný kabel.
- Obráceně seřazené páry.
- Překřížený pár.
- Rozdělený pár.
- Špatný konektor.

#### NEXT, PS NEXT, FEXT, PS FEXT

- Nevhodné použití spojek.
- Špatná konektor, kabel.
- Zdroj šumu v blízkosti.
- Nekvalitní nebo žádné kroucení kabelu.

#### ACR, PS ACR, ELFEXT, PS ELFEXT

- Příčina vychází z měření FEXT a NEXT parametru.

#### Attenuation

- Propojení s vysokou impedancí.
- Velmi dlouhý kabel.
- Nekvalitní nebo žádné kroucení kabelu.

#### Return Loss

- Odpor nebo impedance nedosahuje  $100\Omega$  a je nejednotná.
- Špatný konektor.
- Vadný adaptér linky.
- Špatné zacházení s kabelem, které ho poškodilo.
- Špatně propojená zásuvka s konektorem.

#### Lenght Limit

- Příliš dlouhý kabel.
- Nesprávně nastavený NVP (běžná rychlost šíření signálu).
- Kabel je přerušen.
- Poškození kabelu.
- Špatné propojení.

#### Propagation Delay, Delay Skew

- Přenosová prodleva – dlouhý kabel.
- Páry v jednom kabelu používají rozdílné izolanty.

#### Resistance, Impedance

- Zoxidování kontaktů.
- Špatné spojení kontaktů.
- Špatný typ kabelu.

## ZÁVĚR

V této práci jsem se snažil vysvětlit co je to strukturovaná kabeláž, co jsou její prvky, a jak nejlépe postupovat, aby vliv montáží na kvalitu kabelážních systémů byl co nejmenší. Jsou zde uvedeny normy a standarty, podle kterých se v dnešní době postupuje, nebo by se mělo postupovat, od návrhu přes nákup prvků po samotnou realizaci dané strukturované kabeláže, aby bylo zabráněno negativním vlivům na kvalitu těchto systémů při vlastní montáži. Také jsem se zde zmínil o rozhraní, délkách jednotlivých subsystémů a přenosových vlastnostech pro dané třídy.

V další části jsem se pokusil rozdělit strukturovanou kabeláž na jednotlivé stavební prvky, a popsat jejich vlastnosti, kabely, spoje, konektory. A uvést jejich hodnoty a typy vhodné k použití.

Dále bych se zmínil o tom čemu se vyvarovat při „tvorbě“ univerzálního telekomunikačního kabelážního systému. Aby se zaručila kvalita přenosu na kabelážních systémech do budoucna, tak bych použil pro nyní konstruované univerzální kabelážní systémy, alespoň kategorii 6, respektive třídu E. Rozhodně, při návrhu a budování takovéto sítě, bych postupoval dle norem a standardů, abych se vyvaroval chybám, (špatné délky, poloměr ohybu, drčení, tahové zatížení a jiné). Také bych nakupoval materiál kvalitní u autorizovaných prodejců a firem, aby při přeměření například konektoru, neměl parametry kategorie 5 na místo 6 kategorie.

V měření přenosových parametrů jednotlivých druhů kabelů je vidět, jaká „nepatrná“ část (zlom, špatný konektor, atd.) má vliv na kvalitu celé kabeláže, nebo alespoň jedné přenosové cesty dané strukturované kabeláže.

Jak je vidět v prvním měření kde jsem porovnával pět různých kabelů, naměřené hodnoty odpovídají stavu jednotlivých kabelů. Nejhuře se projevil kabel č. 4 se špatným zapojením modulu, další vykazující hodně chyb a vysokých hodnot byl kabel č. 3 s porušenou izolací PVC a rozpletenými dráty. Zbylé tři kabely vykazovali poměrně dobré hodnoty, bez větších chyb.

V další části měření jsem měřil přenosové parametry jednoho kabelu pro dvě kategorie, a to kategorii 5 a kategorii 6. Jak je možné vidět v tabulkách hodnoty měření přenosových parametrů pro kategorii 6, byli nepatrně horší než u kategorie 5, ale vyhovovali. Takže závěrem bych chtěl říci, že i kabel UTP 100Ω Kategorie 5, tedy námi měřený, který je určen pro používání v systémech pracujících s kategorií 5, může být použit i do systémů kategorie 6 za předpokladu že nám v tomto systému nepatrně „zhorší“ nebo omezí přenosové parametry daného systému. Jako dočasnou náhradu, při poruše by se mohl bez problémů použít.

Na konec bych chtěl říci, že měření mohlo být ovlivněno rušením ze sítě. Konektory v zásuvkách měřicího přístroje se pohybovaly a nebyli moc pevně spojené, s každým novým připojením stejného kabelu byli nepatrně rozdílné hodnoty. Tyto okolnosti mohly zkreslit hodnoty mého měření.

## SEZNAM LITERATURY

- [1] FILKA, M. *Přenosová média. Skripta.* VUT FEKT, Brno 2003.
- [2] FILKA, M. *Optické sítě. Skripta.* VUT FEKT, Brno 2007.
- [3] TRULOVE, J. *Sítě LAN.* GRADA, Praha 2009.
- [4] JORDÁN, V. *Profesionální datové komunikace, strukturované a multimediální kabeláže.* ČR 2009
- [5] MOLNÁR, K. SOUMAR, M. *Praktikum z informačních sítí. Skripta.* VUT FEKT, Brno 2003.
- [6] ADAM, J. *Univerzální telekomunikační kabeláž.* ČKAIT, ISBN 80-8364-89-5, ČR, Praha 2003
- [7] ČSN EN 50173 *Informační technologie – Univerzální telekomunikační kabeláž.* ČR 2003.
- [8] ČSN EN 50174-1 *Informační technika - Instalace kabelových rozvodů - Část 1: Specifikace a zabezpečení kvality.* ČR 2001.
- [9] ČSN EN 50174-2 *Informační technika - Instalace kabelových rozvodů - Část 2: Plánování instalace a postupy instalace v budovách.* ČR 2001.
- [10] ČSN 33 2000-5-54 *Elektrotechnické předpisy - Elektrická zařízení - Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení. Kapitola 54: Uzemnění a ochranné vodiče.* ČR 1996
- [11] ČSN EN 60825-2 *Bezpečnost laserových zařízení - Část 2: Bezpečnost komunikačních systémů s optickými vlákny.* ČR 2006
- [12] ČSN EN 60794-1-1 *Optické kabely - Část 1-1: Kmenová specifikace – Všeobecně.* ČR 2002
- [13] ČSN EN 60794-1-2 *Optické kabely - Část 1-2: Kmenová specifikace - Základní zkušební postupy optických kabelů.* ČR 2004
- [14] ČSN EN 60794-2 *Optické kabely - Část 2: Dílčí specifikace – Vnitřní kabely.* ČR 2003
- [15] ČSN EN 60794-3 *Optické kabely - Část 3: Dílčí specifikace – Vnější kabely.* ČR 2003
- [16] ČSN EN 60793-2-50 *Optická vlákna - Část 2-50: Výrobní specifikace - Dílčí specifikace pro jednovidová vlákna třídy B.* ČR 2005
- [17] ČSN EN 60793-2-10 *Optická vlákna - Část 2-10: Výrobní specifikace - Dílčí specifikace pro mnohovidová vlákna kategorie A1.* ČR 2008
- [18] ČSN EN 50288-1 *Víceprvkové metalické kabely pro analogovou a digitální komunikaci a řízení - Část 1: Kmenová specifikace.* ČR 2004

## SEZNAM ZKRATEK

ACR	Attenuation Crosstalk Ratio
ACR-F	Attenuation Crosstalk Ratio - Far
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BD	Building Distributor
CD	Campus Distributor
CP	Connection Point
ELFEXT	Equal Level Far End Crosstalk
EQP	Equipment
FD	Floor Distributor
FEXT	Far End Crosstalk
FTP	Foil Shielded Twisted Pair
HW	Hardware
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISTP	Individually Shielded Twisted Pair
KZ	Koncové Zařizení
LAN	Local Area Network
NEXT	Near End Crosstalk
NVP	Normal Velocity of Propagation
PC	Personal Computer
PS ACR	Power Sum Attenuation Crosstalk Ratio
PS ACR-F	Power Sum Attenuation Crosstalk Ratio - Far
PS ELFEXT	Power Sum Equal Level Far End Crosstalk
PS NEXT	Power Sum Near End Crosstalk
PVC	Polyvinylchlorid
STP	Shielded Twisted Pair
TO	Telecommunications Outlet
UTP	Unshielded Twisted Pair