

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 DATOVÉHO PŘENOSU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

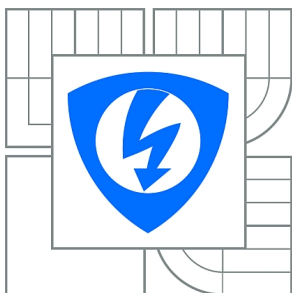
MILAN ŠALPLACHTA

BRNO 2011



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 DATOVÉHO PŘENOSU

THE QUALITY OF ASSEMBLY IN DATA TRANSMISSION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

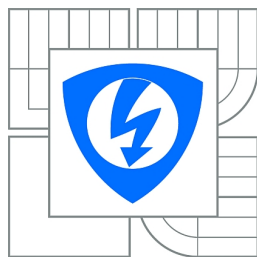
MILAN ŠALPLACHTA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. MILOSLAV FILKA, CSc.

BRNO 2011



**VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ**

**Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií**

Ústav telekomunikací

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Teleinformatika

Student: Milan Šalplachta

ID: 119621

Ročník: 3

Akademický rok: 2010/2011

NÁZEV TÉMATU:

Vliv montáží na kvalitu datového přenosu

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Úkolem práce bude návrh a měření, vlivů kvality montážních prací na výsledné parametry strukturovaných kabeláží - kategorie. Definujte kategori a požadavky na kvalitu montáží. Provedte rozbor délek, ohybů kabelů a délek kabelů na kvalitu datového přenosu.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] FILKA, M. Optoelektronika pro telekomunikace a informatiku. CENTA, Brno 2009.
- [2] FILKA, M. Přenosová média. Skripta laboratoře. VUT FEKT, Brno 2003.
- [3] KUCHARSKI, M., DUBSKÝ, P. Měření přenosových parametrů optických vláken, kabelů a tras. Mikrom, Praha 2001.

Termín zadání: 7.2.2011

Termín odevzdání: 2.6.2011

Vedoucí práce: prof. 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 části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Obsahem této práce je teoretický a praktický rozbor přenosových vlastností kanálu strukturované kabeláže a tím související vliv montáže, který přímo ovlivňuje vlastnosti kanálu. Jednotlivé mezní hodnoty parametrů kanálu, jakož to technologické postupy montáže vychází z příslušných evropských norem.

ABSTRACT

The content of this work is theoretical and practical an analysis of transmission characteristics of structured cabling and related effect of assembling, which directly affects the characteristics of channel. Individual treshold limits of channel parametres, as technological methods of montages are outgoing from corresponding european specifications.

KLÍČOVÁ SLOVA

Strukturovaná kabeláž, montáž, kanál, norma, měření, kategorie.

KEYWORDS

Structured cabling, installation, channel, norm, measurement, category.

CITACE PRÁCE

ŠALPLACHTA, M. *Vliv montáže na kvalitu datového přenosu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. 57 s. Vedoucí bakalářské práce prof. Ing. Miloslav Filka, CSc..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Vliv montáží na kvalitu datového přenosu“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

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

V Brně dne

.....

podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu práce prof. Ing. Miloslavu Filkovi, CSc. za velmi užitečnou metodickou pomoc a cenné rady při zpracování bakalářské práce, dále děkuji Michalu Hrbkovi z firmy Falco computer, s.r.o. za poskytnutí technického zázemí a cenných rad.

V Brně dne

.....

podpis autora

OBSAH

ÚVOD	11
1 STRUKTUROVANÉ KABELÁŽE	12
1.1 Vývoj norem pro strukturované kabeláže.....	12
1.2 Klasifikace strukturované kabeláže	12
1.3 Značení kabelů.....	13
1.4 Druhy kabelů	14
2 VLASTNOSTI KANÁLU STRUKTUROVANÉ KABELÁŽE	16
2.1 Druhy přenosových parametrů	16
2.1.1 Útlum odrazu (Return Loss)	16
2.1.2 Vložený útlum (ztráta na vstupu)	17
2.1.3 Útlum přeslechu na blízkém konci (NEXT)	17
2.1.4 Odstup přeslechu na blízkém konci (ACR-N)	18
2.1.5 Odstup přeslechu na vzdáleném konci (ACR-F).....	20
2.1.6 Zpoždění šíření	22
2.2 Nově zavedené parametry strukturované kabeláže	23
2.2.1 Důvod zavedení nových parametrů	23
2.2.2 Nové parametry	23
3 PARAMETRY OVLIVŇUJÍCÍ PŘENOSOVÉ VLASTNOSTI.....	24
3.1 Konstrukce kabelů	24
3.2 Konstrukce zakončujících prvků	25
3.3 Instalace kabeláže	26
3.3.1 Ukládání kabelů do tras.....	26
3.3.2 Odstup strukturované kabeláže od napájecích rozvodů	27
3.4 Instalace zakončujících prvků	29
4 MĚŘENÍ.....	30
4.1 Způsoby měření	30
4.1.1 Trvalý spoj (Permanent link).....	31
4.1.2 Kanál (Channel)	32
5 PRAKTICKÁ ČÁST	33
5.1 Měřicí vybavení	33
5.2 Zakončující prvky.....	34

5.2.1	Keystone modul R&M	34
5.2.2	GG 45 LANmark.....	36
5.3	Rozpad symetrie	37
5.3.1	Vadná instalace zakončujícího páru	37
5.3.2	Poškození kabelu.....	41
5.4	Délka kabelu	45
ZÁVĚR.....		50
POUŽITÁ LITERATURA.....		51
POUŽITÉ ZKRATKY A SYMBOLY		52
SEZNAM PŘÍLOH		53
PŘÍLOHY		54

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1: Schéma značení symetrických kabelů.....	13
Obr. 1.2: Konstrukce UTP kabelu.....	14
Obr. 1.3: Konstrukce F/UTP kabelu.....	14
Obr. 1.4: Konstrukce U/FTP kabelu.....	14
Obr. 1.5: Konstrukce SF/UTP kabelu.	15
Obr. 1.6: Konstrukce S/FTP kabelu.	15
Obr. 3.1: Tvary separačních křížů.....	24
Obr. 3.2: Druhy zářezových kontaktů	25
Obr. 3.3: Uložení datových kabelu ve společných trasách s napájecími.	28
Obr. 3.4: Zapojení datového kabelu podle standardu T568A a T568B.	29
Obr. 4.1: Trvalý spoj.	31
Obr. 4.2: Testovací kabel.	31
Obr. 4.3: Kanál.	32
Obr. 4.4: Channel adaptér.	32
Obr. 5.1: DTX 1800 – hlavní a vzdálená jednotka.....	33
Obr. 5.2: Postup instalace keystone modulu R&M.....	34
Obr. 5.3: Správně a nesprávně nainstalovaný keystone modul R&M.....	35
Obr. 5.4: Postup instalace GG 45.....	36
Obr. 5.5: Rozpad symetrie.....	37
Obr. 5.6: Závislost útlumu odrazu na frekvenci různých délek rozpadu symetrie pro pár 1-2, CAT 5e.....	38
Obr. 5.7: Závislost útlumu odrazu na frekvenci různých délek rozpadu symetrie pro pár 1-2, CAT 6.....	38
Obr. 5.8: Vznik zkrouceného kabelu.....	41
Obr. 5.9: Závislost NEXT na frekvenci poškozeného kabelu mezi páry 36-45, CAT 5e.....	43
Obr. 5.10: Závislost NEXT na frekvenci poškozeného kabelu mezi páry 36-45, CAT 6 UTP.....	43
Obr. 5.11: Závislost NEXT na frekvenci poškozeného kabelu mezi páry 36-45, CAT 6 SFTP.....	44
Obr. 5.12: Závislost NEXT na frekvenci SFTP a UTP kabelu mezi páry 36-45, CAT 6.....	44
Obr. 5.13: Závislost vloženého útlumu na frekvenci pro různé délky kabelu pro pár 3-6, CAT 5e.....	48
Obr. 5.14: Závislost odchylky od limitu na délce kabelu pro CAT 5e.....	49
Obr. 5.15: Závislost odchylky od limitu na délce kabelu pro CAT 6.....	49

SEZNAM TABULEK

Tab. 1.1: Rozdělení tříd a kategorií na základě frekvenčního rozsahu.	12
Tab. 2.1: Mez útlumu odrazu pro kanál na hlavních kmitočtech.	16
Tab. 2.2: Meze vloženého útlumu pro kanál na hlavních kmitočtech.	17
Tab. 2.3: Meze NEXT pro kanál na hlavních kmitočtech.	17
Tab. 2.4: Meze PSNEXT pro kanál na hlavních kmitočtech.	18
Tab. 2.5: Meze ACR-N pro kanál na hlavních kmitočtech.	19
Tab. 2.6: Meze PSACR-N pro kanál na hlavních kmitočtech.	19
Tab. 2.7: Meze ACR-F pro kanál na hlavních kmitočtech.	20
Tab. 2.8: Meze PSACR-F pro kanál na hlavních kmitočtech.	21
Tab. 2.9: Meze zpoždění šíření pro kanál na hlavních kmitočtech a meze časového posunu zpoždění pro kanál.	22
Tab. 3.1: Minimální odstup S.	27
Tab. 3.2: Koeficient kabeláže napájení.	28
Tab. 5.1: Použité komponenty při měření vadné instalace zakončujících prvků.	37
Tab. 5.2: Naměřené hodnoty rozpadu symetrie pro CAT 5e	39
Tab. 5.3: Naměřené hodnoty rozpadu symetrie pro CAT 6	40
Tab. 5.4: Použité komponenty při měření poškozených kabelů.	41
Tab. 5.5: Naměřené hodnoty kabelu R&M, UTP CAT 5e.	42
Tab. 5.6: Naměřené hodnoty kabelu Belden, UTP CAT 6.	42
Tab. 5.7: Naměřené hodnoty kabelu IBM, SFTP CAT 6.	42
Tab. 5.8: Použité komponenty při měření závislosti parametrů na délce kabelu.	45
Tab. 5.9: Naměřené parametry v závislosti na délce kabelu, CAT 5e.	46
Tab. 5.10: Naměřené parametry v závislosti na délce kabelu, CAT 6.	47

ÚVOD

Už od začátku devadesátých let, je nejpoužívanějším médiem pro přenos dat v horizontální sekci strukturovaná kabeláž využívající vlastností kroucené dvoulinky. S vývojem nových technologií jsou kladeny vyšší nároky na přenosové vlastnosti sítí, které musí být schopny přenést požadovaná data. Se stále lepšími přenosovými vlastnostmi strukturované kabeláže vznikly i větší nároky na kvalitu montáže, kterou se tento dokument zabývá.

Úvodní kapitola pojednává o vzniku a vývoji strukturované kabeláže a stím souvisejících norem, dále první kapitola obsahuje rozdělení strukturované kabeláže podle výkonostních tříd a specifikuje používané kabely.

Vlastnosti kanálu symetrické kabeláže ovlivňují přenos dat, proto musí být pro příslušné výkonostní třídy definované parametry kanálu a jejich mezní hodnoty, které jsou podrobně popsány v druhé kapitole.

Třetí kapitola se zabývá konstrukcí komponent určených pro strukturovanou kabeláž a jejich instalací, neboť tyto parametry přímo ovlivňují přenosové vlastnosti.

Čtvrtá kapitola je věnovaná problematice měření a certifikace strukturované kabeláže kategorie 5e a 6, což úzce souvisí s poslední kapitolou, ve které jsou simulovány nejběžnější chyby při instalaci kabeláže a stím související měření přenosových parametrů.

1 STRUKUROVANÉ KABELÁŽE

1.1 Vývoj norem pro strukturované kabeláže

Na začátku devadesátý let byla v USA normalizována strukturovaná kabeláž, která sloužila pro přenos dat, hlasu a jiných služeb pod označením EIA/TIA-568. V roce 1995 vychází aktualizovaná norma EIA/TIA-568A pro kategorii 5, tato kategorie byla dále rozšířena v roce 2001 na kategorii 5e pod označením EIA/TIA 568B. V následujícím roce byl zaveden standard kategorie 6 a 7 s označením EIA/TIA 568B.2.1.

Pro sjednocení standardů byla zavedena mezinárodní norma ISO/IEC 11801 ze které vychází evropské norma EN 50173-1 schválená v roce 2002. O rok později vychází česká verze evropské normy ČSN/EN 50173-1, tyto normy definují páteční síť mezi budovami, páteční síť v budovách a horizontální rozvody. Norma z roku 2002 definuje z hlediska výkonnostní požadavků strukturovanou kabeláž na třídu D (cat5e), třídu E (cat6) a na třídu F (CAT 7). V roce 2009 je norma doplněna o rozšiřující výkonnostní třídy EA (CAT 6A) a FA (CAT 7A). [4]

1.2 Klasifikace strukturované kabeláže

Strukturovaná kabeláž je rozdělená do tříd a kategorií. Třída nám klasifikuje kanál, kdežto kategorie nám klasifikuje mechanické a elektrické požadavky na kabely, které musí podporovat přenosové vlastnosti tříd. [2]

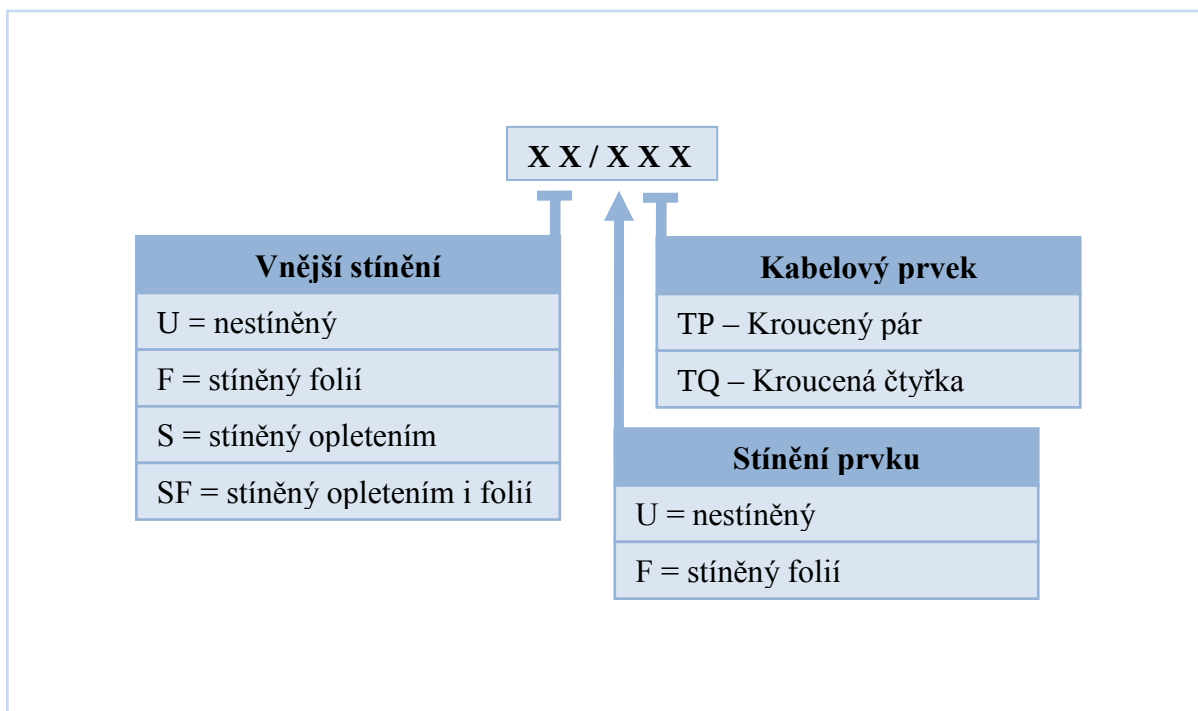
Hlavním kritériem pro rozdělení u obou případů je frekvenční rozsah, viz tab. 1.1. [2]

Tab. 1.1: Rozdělení tříd a kategorií na základě frekvenčního rozsahu.

Třída	Kategorie	Frekvenční rozsah
D	CAT 5e	Do 100 MHz
E	CAT 6	Do 250 MHz
EA	CAT 6A	Do 500 MHz
F	CAT 7	Do 600 MHz
FA	CAT 7A	Do 1000 MHz

1.3 Značení kabelů

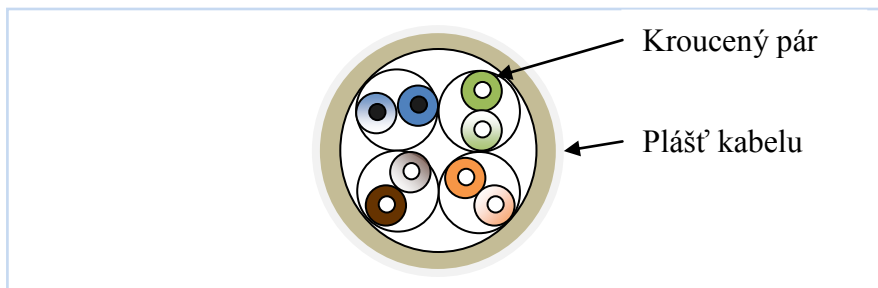
Kabely pro strukturovanou kabeláž lze rozdelit na základě použitého stínění. Značení kabelů je dle obr. 1.1 [1].



Obr. 1.1: Schéma značení symetrických kabelů.

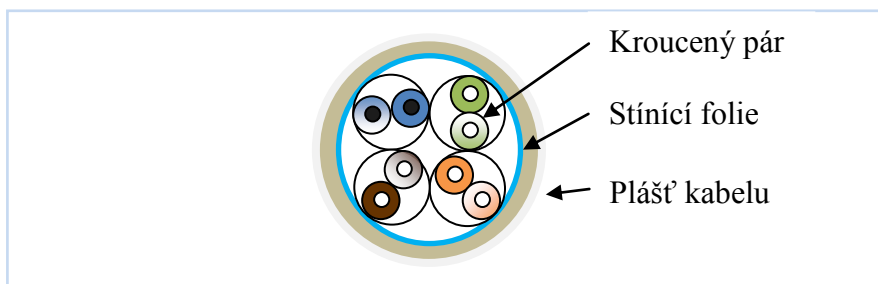
1.4 Druhy kabelů

- UTP - Nestíněný kabel s nestíněnými kabelovými prvky, viz obr. 1.2 [1].



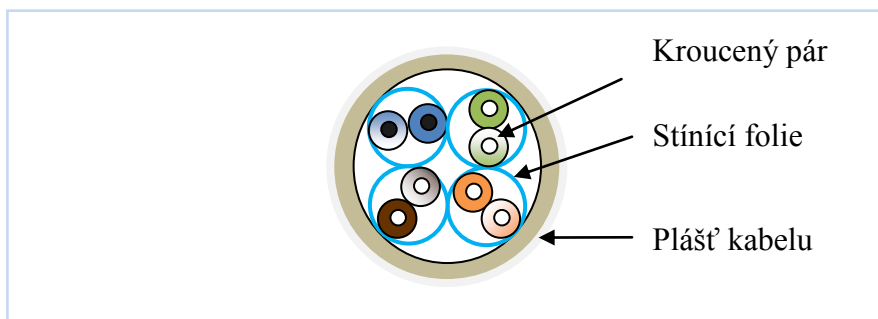
Obr. 1.2: Konstrukce UTP kabelu.

- F/UTP - Kabel s celkovým stíněním folií a nestíněnými kabelovými prvky, viz obr. 1.3 [1].



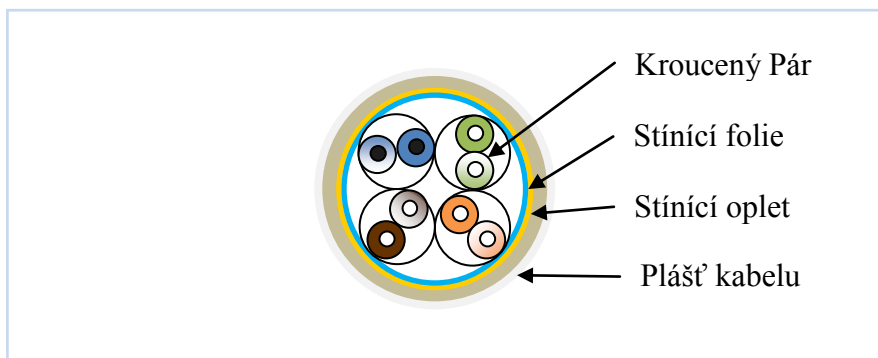
Obr. 1.3: Konstrukce F/UTP kabelu.

- U/FTP - Nestíněný kabel se stíněnými kabelovými prvky folií, viz obr. 1.4 [1].



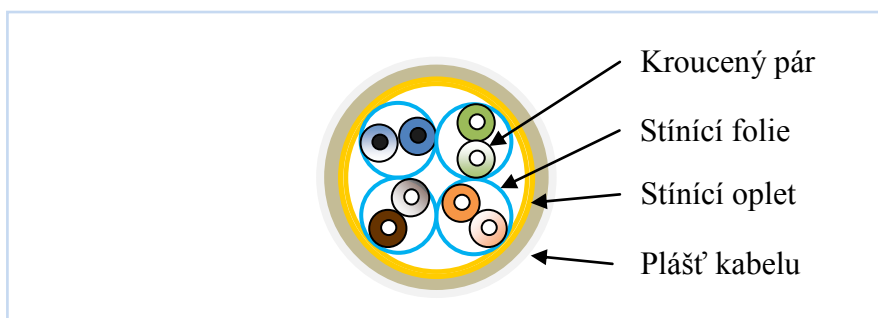
Obr. 1.4: Konstrukce U/FTP kabelu.

- SF/UTP - Kabel s celkovým stíněním opletením a folií a s nestíněnými kabelovými prvky, viz obr. 1.5 [1].



Obr. 1.5: Konstrukce SF/UTP kabelu.

- S/FTP – Kabel s celkovým stíněním opletením a folií stíněnými kabelovými prvky, viz obr. 1.6 [1].



Obr. 1.6: Konstrukce S/FTP kabelu.

2 VLASTNOSTI KANÁLU STRUKTUROVANÉ KABELÁŽE

Kabely pro strukturovanou kabeláž obsahují čtyři páry kroucené dvoulinky, která je charakterizovaná impedancí, tato impedance vzniká díky dielektrickým vlastnostem izolace a vzdálenosti vodičů. Charakteristická impedance ovlivňuje kvalitu přenosu a z velké části se podílí i na ostatních parametrech přenosu. Pokud je impedance zdroje a zátěže vyrovnaná, linka dosahuje maximální přenosových parametrů, naproti tomu rozdílná charakteristická impedance vede k odrazům signálu, který zapříčiňuje nežádoucí vyzařování či zhoršení kvality příjmu. [9]

2.1 Druhy přenosových parametrů

Obecně lze přenosové parametry rozdělit do čtyř skupin: útlumy, impedance, přeslechy a zpoždění signálu:

- Útlumy a impedance - přímo ovlivňují ztráty signálu.
- Přeslechy - snižují odstup signálu od šumu a nepřímo ovlivňují rozsah signálu.
- Zpoždění signálu - snižuje výkon signálu šířeného po čtyřech párech. [9]

2.1.1 Útlum odrazu (Return Loss)

Útlum odrazu nám udává množství odražené energie zapříčiněné nehomogenitou vedení. Útlum odrazu pro každý pár musí splňovat pro danou vykonnostní třídu meze, podle tab. 2.1 [2].

Tab. 2.1: Mez útlumu odrazu pro kanál na hlavních kmitočtech.

	Minimální útlum odrazu [dB]						
f [MHz]	1	16	100	250	500	600	1000
Třída D	17	17	10	N/A	N/A	N/A	N/A
Třída E	19	18	12	8	N/A	N/A	N/A
Třída EA	19	18	12	8	6	N/A	N/A
Třída F	19	18	12	8	8	8	N/A
Třída FA	19	18	12	8	8	8	6

2.1.2 Vložený útlum (ztráta na vstupu)

Vložený útlum nám udává jak moc se utlumí (zeslabí) signál ze vzdáleného konce. Maximální vložený útlum nám definuje tab. 2.2 [2]. [2]

Tab. 2.2: Meze vloženého útlumu pro kanál na hlavních kmitočtech.

	Maximální vložený útlum [dB]						
f [MHz]	1	16	100	250	500	600	1000
Třída D	4	9,1	24	N/A	N/A	N/A	N/A
Třída E	4	8,3	21,7	35,9	N/A	N/A	N/A
Třída EA	4	8,2	20,9	33,9	49,3	N/A	N/A
Třída F	4	8,1	20,8	33,8	49,3	54,6	N/A
Třída FA	4	8	20,3	32,5	46,7	51,4	67,6

2.1.3 Útlum přeslechu na blízkém konci (NEXT)

NEXT mezi páry

NEXT udává množství přenesené energie mezi dvěma páry. K největším přeslechům mezi vysílacím a přijímacím párem dochází na začátku kabelu, neboť vysílací signál vlivem útlumu nestačí zeslábnout. Parametr NEXT musí splňovat meze mezi každou kombinací páru v dané vykonnostní třídě, podle tab. 2.3 [2]. [2] [9]

Tab. 2.3: Meze NEXT pro kanál na hlavních kmitočtech.

	Minimální NEXT [dB]						
f [MHz]	1	16	100	250	500	600	1000
Třída D	63	43,6	30	N/A	N/A	N/A	N/A
Třída E	65	53,2	39,9	33,1	N/A	N/A	N/A
Třída EA	65	53,2	39,9	33,1	27,9	N/A	N/A
Třída F	65	65	62,9	56,9	52,4	51,2	N/A
Třída FA	65	65	65	59,1	53,6	52,1	47,9

Výkonový součet NEXT (PSNEXT)

PSNEXT udává množství přenesené energie ze tří párů na jeden pár. Parametr PSNEXT musí splňovat meze, pro každý pár v dané vykonnostní třídě, podle tab. 2.4 [2].

Tab. 2.4: Meze PSNEXT pro kanál na hlavních kmitočtech.

	Minimální PSNEXT [dB]						
f [MHz]	1	16	100	250	500	600	1000
Třída D	60,3	40,6	27,1	N/A	N/A	N/A	N/A
Třída E	62	50,6	37,1	30,2	N/A	N/A	N/A
Třída EA	62	50,6	37,1	30,2	24,8	N/A	N/A
Třída F	62	62	59,9	53,9	49,4	48,2	N/A
Třída FA	62	62	62	56,1	50,6	49,1	44,9

2.1.4 Odstup přeslechu na blízkém konci (ACR-N)

ACR-N mezi páry

Tento parametr označuje kvalitu přenosového kanálu, popisuje nám, jak může NEXT a útlum ovlivnit výkon připojených síťových zařízení. Hodnota ACR-N se vyjadřuje nepřímo z NEXT mezi páry a vloženého útlumu dle rovnice (2.1) [2] . [9]

$$\alpha_{ACR-N}(i, k) = \alpha_{NEXT}(i, k) - \alpha(i), \quad (2.1)$$

kde:

α_{NEXT} je NEXT mezi páry pro pár k vůči sousednímu páru i v dB,

$\alpha(i)$ je vložený útlum páru i v dB,

i je číslo rušícího páru,

k je číslo rušeného páru.

S rostoucí ACR se nám zvyšuje i kvalita přenosových vlastností strukturované kabeláže, ovšem se zvyšující frekvencí se ACR snižuje. Parametr ACR-N musí splňovat meze mezi každou kombinací páru v dané vykonnostní třídě, podle tab. 2.5 [2]. [9]

Tab. 2.5: Meze ACR-N pro kanál na hlavních kmitočtech.

	Minimální ACR-N [dB]						
f [MHz]	1,0	16,0	100,0	250,0	500,0	600,0	1000,0
Třída D	59,3	34,5	6,1	N/A	N/A	N/A	N/A
Třída E	61,0	44,9	18,2	-2,8	N/A	N/A	N/A
Třída EA	61,0	45,0	19,0	-0,8	-21,4	N/A	N/A
Třída F	61,0	56,9	42,1	23,1	3,1	-3,4	N/A
Třída FA	61,0	57,0	44,7	23,1	6,9	0,7	-19,6

Výkonový součet ACR-N (PSACR-N)

Parametr PSACR-N nám udává hodnotu ACR-N mezi jedním párem (rušeným) a zbylými třemi páry (rušícími), je opět jako ACR-N vyjádřen nepřímo z PSNEXT a vloženého útlumu podle rovnice (2.2) [2].

$$\alpha_{PSACR-N}(k) = \alpha_{PSNEXT}(k) - \alpha(k), \quad (2.2)$$

kde:

α_{PSNEXT} je PSNEXT páru k v dB,
 $\alpha(k)$ je vložený útlum páru i v dB,
 k je číslo rušeného páru.

Parametr PSACR-N musí splňovat meze pro dané výkonnostní třídy podle tab. 2.6 [2], přičemž požadavky na PSACR-N musí být splněny na obou koncích kabeláže.

Tab. 2.6: Meze PSACR-N pro kanál na hlavních kmitočtech.

	Minimální PSACR-N [dB]						
f [MHz]	1,0	16,0	100,0	250,0	500,0	600,0	1000,0
Třída D	56,3	31,5	3,1	N/A	N/A	N/A	N/A
Třída E	58,0	42,3	15,4	-5,8	N/A	N/A	N/A
Třída EA	58,0	42,4	16,2	-3,7	-24,5	N/A	N/A
Třída F	58,0	53,9	39,1	20,1	0,1	-6,4	N/A
Třída FA	58,0	54,0	41,7	23,7	3,9	-2,3	-22,6

2.1.5 Odstup přeslechu na vzdáleném konci (ACR-F)

ACR-F mezi páry

Tento parametr byl nově zaveden a nahrazuje ELFEXT. Je nutné zdůraznit, že nejde pouze o přejmenování ELFEXT, ale o nahrazení jiným parametrem, je opět vyjádřen nepřímo podle rovnice (2.3) [2], parametru PSACR-N, musí splňovat meze pro dané výkonnostní třídy podle tab. 2.7 [2].

$$\alpha_{ACR-F}(k) = \alpha_{FEXT}(i, k) - \alpha(k) \text{ [dB]}, \quad (2.3)$$

kde:

- α_{FEXT} je útlum přeslechu na vzdáleném konci v dB,
 $\alpha(k)$ je vložený útlum páru i v dB,
 k je číslo rušeného páru.

V rovnici (2.3) je uveden parametr FEXT, který není v předešlém textu uveden z důvodu totožnosti s NEXT, kde rozdíl spočívá pouze v měření dané metody, což vyplývá z názvu.

Tab. 2.7: Meze ACR-F pro kanál na hlavních kmitočtech.

	Minimální ACR-F [dB]						
f [MHz]	1,0	16,0	100,0	250,0	500,0	600,0	1000,0
Třída D	57,4	33,3	17,4	N/A	N/A	N/A	N/A
Třída E	63,3	39,2	23,3	15,3	N/A	N/A	N/A
Třída EA	63,3	39,2	23,3	15,3	9,3	N/A	N/A
Třída F	65,0	57,5	44,4	37,8	32,6	31,3	N/A
Třída FA	65,0	63,3	47,4	39,4	33,4	31,8	27,4

Výkonový součet ACR-F (PSACR-F)

Parametr PSACR-F nám udává hodnotu ACR-N mezi jedním párem (rušeným) a zbylými třemi páry (rušícími). PSACR-F je vyjádřen nepřímo z PSNEXT a vloženého útlumu podle rovnice (2.4) [2], parametru PSACR-F, musí splňovat meze pro dané výkonnostní třídy podle tab. 2.8 [2].

$$\alpha_{PSACR-F}(k) = -10 \times \lg \sum_{i=1, i \neq k}^n 10^{\frac{\alpha_{FEXT}(i,k)}{10}} - \alpha(k) \text{ [dB]}, \quad (2.4)$$

kde:

$\alpha_{FEXT}(i, k)$ je útlum přeslechu na vzdáleném konci v dB,
 $\alpha(k)$ je vložený útlum páru i v dB,
 k je číslo rušeného páru,
 i je číslo rušícího páru.

Tab. 2.8: Meze PSACR-F pro kanál na hlavních kmitočtech.

	Minimální PSACR-F [dB]						
f [MHz]	1,0	16,0	100,0	250,0	500,0	600,0	1000,0
Třída D	54,4	30,3	14,4	N/A	N/A	N/A	N/A
Třída E	60,3	36,3	20,3	12,3	N/A	N/A	N/A
Třída EA	60,3	36,2	20,3	12,3	6,3	N/A	N/A
Třída F	62,0	54,5	41,4	34,8	29,6	28,3	N/A
Třída FA	62,0	60,3	44,4	36,4	30,4	28,8	24,4

2.1.6 Zpoždění šíření

Zpoždění šíření nám udává maximální možnou dobu přenosu signálu z jednoho konce kabelu na druhý konec, vyjádřenou v μs , při délce kabelu 100 m. Zpoždění šíření je závislé na frekvenci a pro jednotlivé výkonostní třídy se určí ze vztahu (2.4) [2].

$$\frac{0,534 + 0,036}{\sqrt{f} + 4 \times 0,0025} [\mu s], \quad (2.4)$$

přičemž musí platit pravidlo:

$$1 < f \leq x$$

Kde:

x je frekvenční pásmo pro danou výkonostní třídu v MHz.

Jelikož gigabitové technologie využívají pro přenos všech čtyř párů strukturované kabeláže, je nutné, aby maximální posun zpoždění mezi jednotlivými páry byl co nejmenší. U zařízení, která data rozdělují a posílají po více párech, může velký rozdíl zpoždění způsobit, že datové pulzy dojdou v jiný časový okamžik a obvody přijímače nebudou schopny sestavit datové pakety. Maximální časový posun zpoždění mezi jednotlivými páry a zpoždění šíření pro dané výkonostní třídy je zobrazeno v tab. 2.9 [2]. [9]

Tab. 2.9: Meze zpoždění šíření pro kanál na hlavních kmitočtech a meze časového posunu zpoždění pro kanál.

f [MHz]	Maximální zpoždění šíření [μs]							Maximální časový posun zpoždění [μs]
	1,0	16,0	100,0	250,0	500,0	600,0	1000,0	
Třída D	0,580	0,530	0,548	N/A	N/A	N/A	N/A	0,05
Třída E	0,580	0,530	0,548	0,546	N/A	N/A	N/A	0,05
Třída EA	0,580	0,530	0,548	0,546	0,546	N/A	N/A	0,05
Třída F	0,580	0,530	0,548	0,546	0,546	0,545	N/A	0,03
Třída FA	0,580	0,530	0,548	0,546	0,546	0,545	0,545	0,03

2.2 Nově zavedené parametry strukturované kabeláže

2.2.1 Důvod zavedení nových parametrů

Při zavedení tříd D, E a F v roce 2002 byla třída D normalizovaná na tehdejší gigabit ethernet a třídy E a F byly počítány pro budoucí technologii 10 Gigabit Ethernet, kde jediným kritériem byla šířka přenosového pásma, ovšem s prvními pokusy na novém protokolu 10 Gigabit Ethernet se zjistilo, že pouze šířka pásma jako přenosové kritérium nestačuje, neboť se objevil nový parametr, který se začíná uplatňovat až při vyšších frekvencích, a to přeslech mezi sousedícími datovými kabely ve svazku, blízkými porty v patch panelu a zásuvkách označovaný jako Alien Crosstalk. Na základě tohoto nového zjištění jsou zavedeny výkonnostní třídy EA a FA, v kterých je stanovena mezní hodnota Alien Crosstalk. [10]

2.2.2 Nové parametry

Nově zavedené parametry jsou definovány pouze pro výkonnostní třídy EA, F a FA, neboť jak už bylo zmiňováno, projevují se pouze u vyšších frekvencí, Patří sem:

- Výkonový součet cizího NEXT (PSANEXT).
- Průměrný výkonový součet cizího NEXT (PSANEXT_{avg}).
- Výkonový součet cizího ACR-F (PSAACR-F).
- Průměrný výkonový součet cizího ACR-F (PSAACR-F_{avg}). [2]

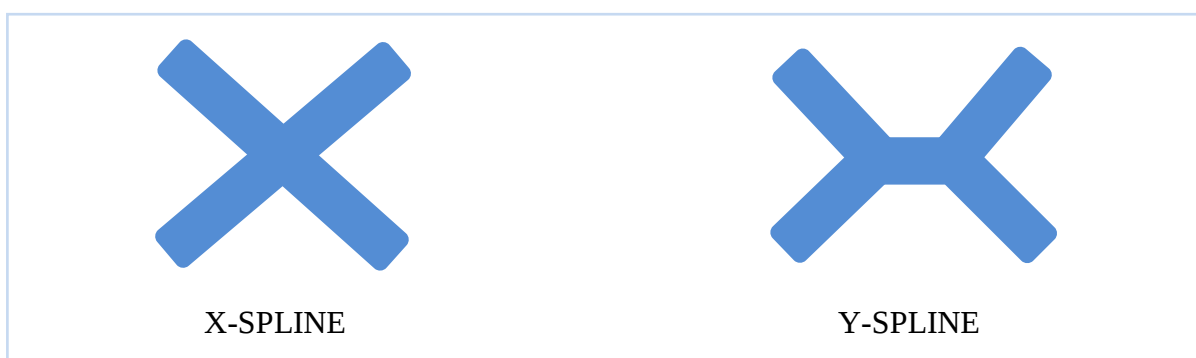
3 PARAMETRY OVLIVŇUJÍCÍ PŘENOSOVÉ VLASTNOSTI

3.1 Konstrukce kabelů

Jak už bylo popsáno v kapitole 2 největší podíl na kvalitě přenosu dat po kabeláži má na svědomí nesymetrie krouceného páru. Proto je důležitý přesný výrobní proces, který zajistí symetrii párů v kabelu i při mechanické námaze, zejména při ohybu. Pro ještě vyšší odolnost proti mechanické námaze byla vyvinuta technologie svařeného páru, která zabraňuje rozpadu symetrie a tím značně zlepšuje přenosové vlastnosti. Díky svaření párů u kabelu určeného do 100 MHz zvětšíme jeho frekvenční pásmo až na 350 MHz.

Jako další konstrukční vylepšení kabelů se používá u vyšších kategorií vložení separačního kříže mezi páry, čímž je zajištěna podélně stabilní prostorová dimenze párů vůči sobě. Kvůli dodržení zkrutu párů je kříž stáčen po celé délce kabelu, v praxi se používají dva typy křížů a to X-SPLINE a E-SPLINE viz obr. 3.1 [6], přičemž E-spline se používá na větších frekvencích, neboť ještě více od sebe odděluje sousedící páry, a tím snižuje přeslechy.

Dalším nezbytným prvkem hlavně pro kabely používané pro CAT 6A a výše je stínění a to hlavně z důvodu nově nalezeného parametru Alien Crosstalk popsaného v kapitole 2, který se projevuje u vyšší frekvence. Nevýhodou stínění je, že podstatně zvyšuje útlum kabelu, což musí být kompenzováno větším průřezem drátu. [7] [6]

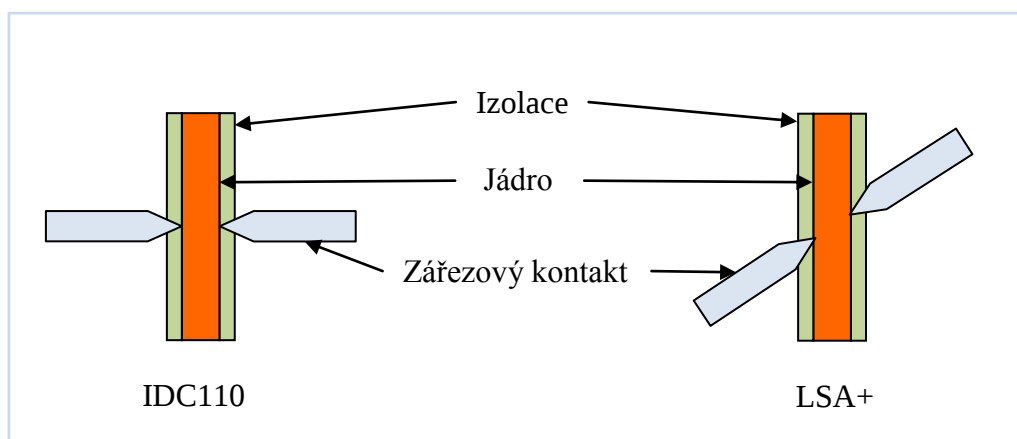


Obr. 3.1: Tvary separačních křížů.

3.2 Konstrukce zakončujících prvků

Konstrukční řešení zakončujících prvků a také systém technologie připojení ke kabelu výrazně ovlivňuje přenosové parametry strukturované kabeláže. Pro dosažení co nejlepších parametrů zakončujícího prvku musí být zajištěno, aby nebyly zářezové kontakty neúměrně daleko, což by vedlo k narušení symetrie páru. Kvalitní zakončující prvek zachovává totožnou vzdálenost os zářezových kontaktů, jako je vzdálenost os páru.

Zakončující zařízení využívá dva typy zářezových kontaktů, viz obr. 3.2 [6] a to, IDC 110 a LSA+. Kontakt IDC 110 je zářezáván kolmo k ose vodiče, vlivem toho je určen pouze pro vodiče s omezeným rozsahem průměru (0,511mm až 0,643). Tento zářezový kontakt se používá hlavně u prvků používajících k zaříznutí kabelu zářezové víčko či zářezovou hlavu, která je součástí konektoru. Naproti tomu kontakt LSA+ je zářezáván k ose vodiče pod úhlem 45° , díky tomu může být použit vodič s větším rozsahem průměru (0,4mm až 0,8mm). Tento systém používají hlavně prvky používající k zaříznutí vodiče zářezový nástroj (Boxer). [6]



Obr. 3.2: Druhy zářezových kontaktů

V dnešní době jsou nejpoužívanějšími zakončujícími prvky pro strukturovanou kabeláž RJ moduly, do kterých se zasouvají konektory typu RJ45, který se vyrábí jak v nestíněné, tak i stíněné verzi. RJ moduly nemají dobré přenosové vlastnosti, proto jsou použitelné pouze do 600 MHz, přičemž RJ moduly používané pro CAT 6A a 7 jsou označeny GG45. Pro vyšší frekvenci CAT 7A byl vyvinut konektor s označením TERA, který zvládá frekvenční pásmo až 1500 MHz. [6] [7]

3.3 Instalace kabeláže

3.3.1 Ukládání kabelů do tras

Při ukládání může být narušena symetrie párů, a to buď tahem nebo příliš ostrým ohybem, proto by se měly dodržovat určité zásady:

- Strukturovanou kabeláž ukládáme do předem nachystaných kabelových tras, které musí být správně a kvalitně namontovány tak, aby při instalaci kabelů nedošlo k jejich poškození, přičemž maximální délka kabelu nesmí přesáhnout 90 m.
- Při instalaci kabelů musí být zajištěn dostatečný počet osob a to hlavně v kritických místech, jakými jsou stoupání, klesání a odbočování kabelové trasy, čímž se zajistí, že kabel nebude vystaven neúměrné mechanické námaze.
- Minimální poloměr ohybu by měl být dle doporučení výrobce, jestliže doporučení neexistuje, pak musí být minimální poloměr ohybu osminásobkem průměru kabelu.
[2]
- Při vyvazování kabelů v trase musí být stahovací páska dostatečně široká a utažená přiměřenou silou tak, aby nedošlo k deformaci kabelu.
- Při instalaci kabelů musíme zabezpečit pracoviště tak, aby nedošlo k pošlapání, či dokonce k přejetí kabelů.

3.3.2 Odstup strukturované kabeláže od napájecích rozvodů

Rozvod napájení je nedeformovaný, ovšem vlivem zapínání a provozu připojených zařízení jako jsou zářivky, spínané zdroje a jiné zařízení vzniká na vedení vysokofrekvenční rušení, které má nepříznivé vlastnosti na přenos dat po strukturované kabeláži, proto při souběhu strukturované kabeláže s napájecími kabely musí být zajištěn dostatečný odstup nebo musí být použita kovová oddělovací přepážka uzeměnná na obou koncích.

Pokud neurčují místní předpisy jinak, tak minimální odstup S je stanoven podle tab. 3.1 [2].

Tab. 3.1: Minimální odstup S .

		Oddělení uplatněné na kabeláž informačních technologií a kabeláž rozvodů napájení		
	Oddělení bez elektromagnetické přepážky	Otevřený kovový předěl	Perforovaný kovový předěl	Celistvý kovový předěl
Stíněná kabeláž	100 mm	75 mm	25 mm	0 mm
Nestíněná kabeláž	300 mm	225 mm	150 mm	0 mm

Hodnoty z tab. 3.1 nejsou jediným kritériem pro stanovení minimálního odstupu, neopomenutelným faktorem je i počet obvodů napájecí kabeláže, který určuje koeficient kabeláže napájení p viz tab. 3.2 [3], potom celkový minimální odstup A je určen podle vztahu (3.1) [3].

$$A = S \times p \text{ [mm]}. \quad (3.1)$$

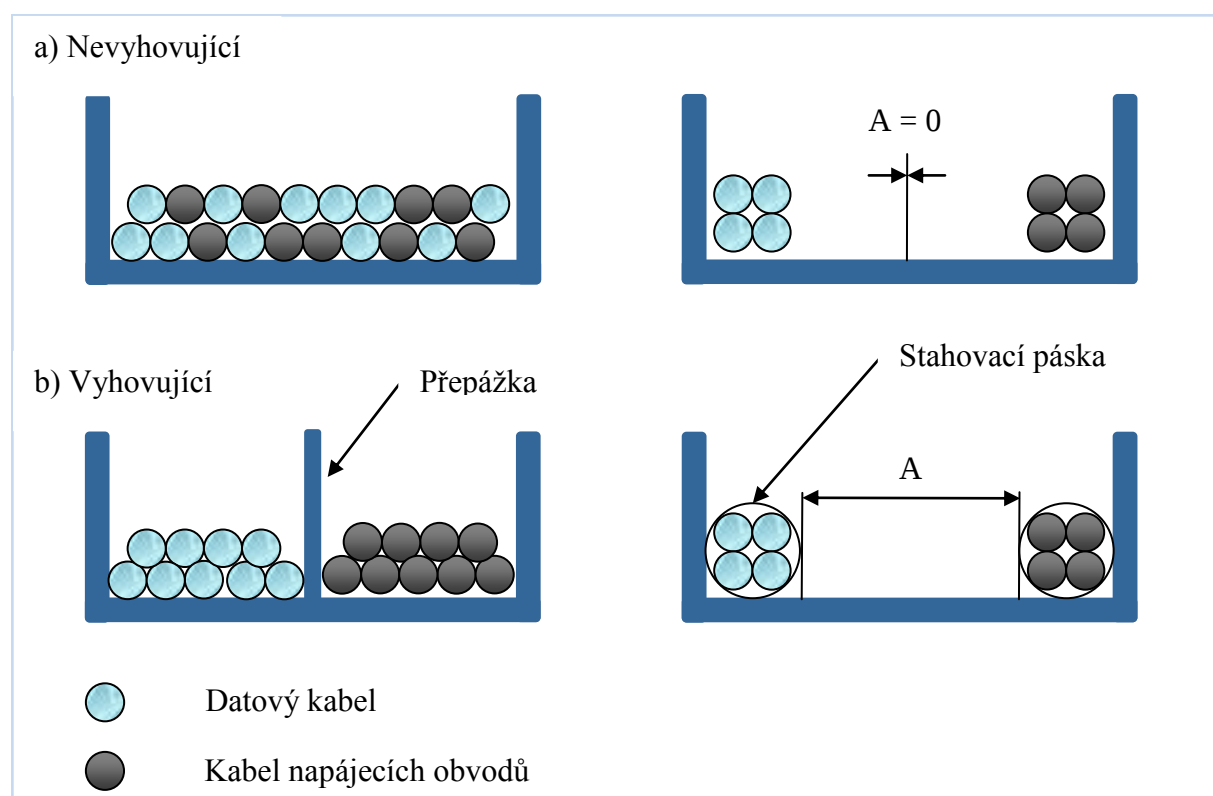
Kde je nevyhnutelné křížení strukturované kabeláže s napájecí, musí být úhel křížení 90° a na vzdálenost, která není menší než je příslušný požadavek na minimální odstup. Názorná ukázka vyhovujícího a nevyhovujícího uložení strukturované kabeláže je zobrazena na obr. 3.3 [3], přičemž tam, kde jsou kabely v požadované vzdálenosti ale nejsou žádným způsobem upevněny, je celková vzdálenost A rovna nule. [3]

Tab. 3.2: Koeficient kabeláže napájení.

Typ elektrického obvodu	Počet obvodů	Koeficient kabeláže napájení
20 A 230 V 1 fáze	1 až 3	0,2
	4 až 6	0,4
	7 až 9	0,6
	10 až 12	0,8
	13 až 15	1
	16 až 30	2
	31 až 45	3
	46 až 60	4
	61 až 75	5
	> 75	6

Pro typ elektrického obvodu z tab. 3.2 platí :

- S třífázovými kabely se musí pracovat jako s třemi jednofázovými.
- S více než 20 A se musí pracovat jako s násobky 20 A.
- S nižším DC nebo AC se musí pracovat na základě jejich posouzení, tzn. kabel 100 A, 50 V DC = $5 \times 20\text{A}$ ($p = 0,4$).

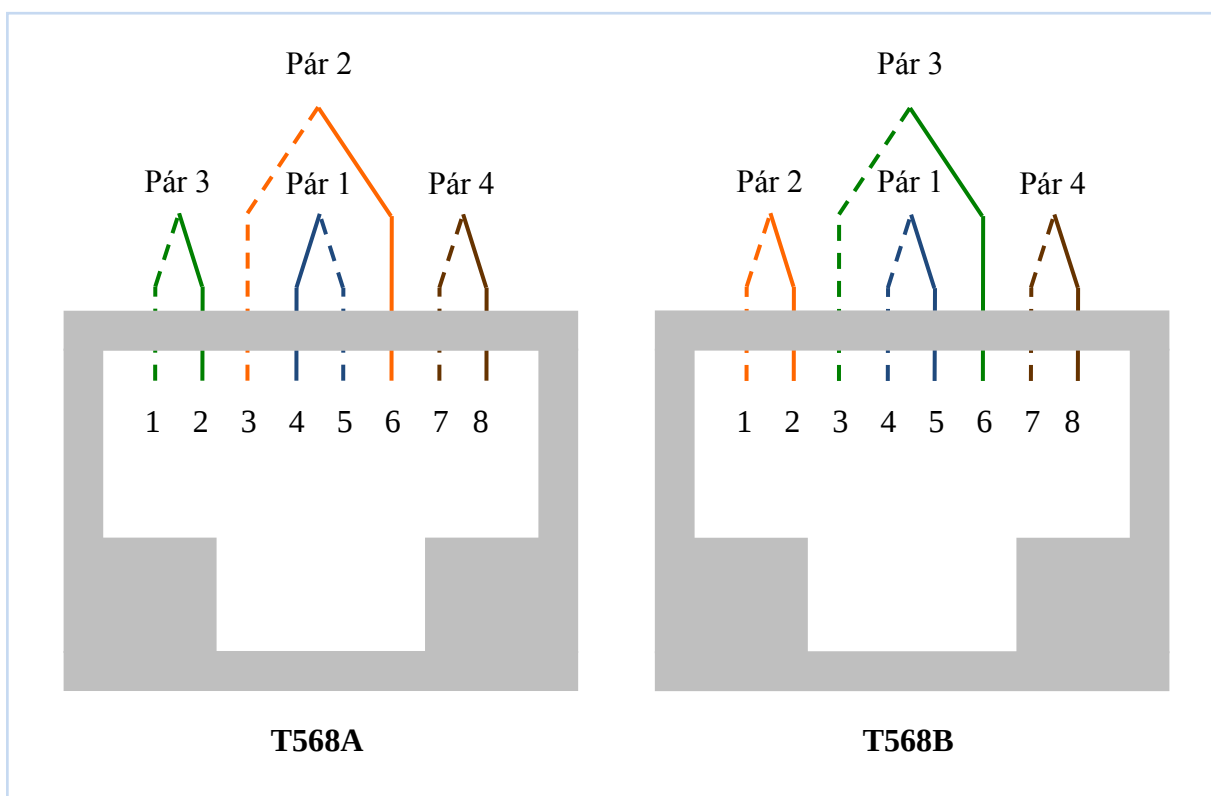


Obr. 3.3: Uložení datových kabelu ve společných trasách s napájecími.

3.4 Instalace zakončujících prvků

Instalace zakončujících prvků je ta část montážních prací, kdy vzniká nejvíce chyb způsobených lidským faktorem, proto je kladen důraz na kvalitu a přesnost při montáži, která by se měla řídit určitými pravidly:

- Při odizolování vnějšího pláště dbáme zvýšené opatrnosti, aby nedošlo k naříznutí párů uvnitř kabelu.
- Maximální délka rozpletení jednotlivých párů nesmí být větší než je nutné pro správné zapojení zakončujícího prvku, neboť příliš velké rozpletení párů zvyšuje přeslech.
- Zapojování párů provádíme podle standardu T568A nebo T568B, viz obr. 3.4 [8], přičemž na obou koncích kabelu musí být použitý stejný standard.



Obr. 3.4: Zapojení datového kabelu podle standardu T568A a T568B.

4 MĚŘENÍ

Měření strukturované kabeláže je úkon, při kterém se prověří odbornost instalace a také kvalita jednotlivých komponentů, které musí být certifikovány na příslušnou kategorii.

Přístroje pro měření strukturované kabeláže se dají rozdělit do dvou skupin a to na testy a kabelové skenery. Testy nám slouží pouze pro rychlé odhalení hrubých závad při instalaci zakončujících prvků, jako je přehozený pár, zkrat na stínění atd, tudíž mají pouze informační charakter a nelze s nimi certifikovat instalovanou kabeláž. Naproti tomu kabelové skenery jsou přímo určené k certifikaci strukturované kabeláže, neboť dokáží změřit mezní hodnoty parametrů popsaných v kapitole dvě.

Měřicí přístroje pro certifikaci strukturované kabeláže jsou označovány jako skenery kabelů protože umí pomocí reflektometrie v časové oblasti (TDR) odhalovat anomálie kabelu po celé jeho délce. Reflektometrie funguje tak, že do kabelu se vyšle pulz a následně se vyhodnocuje za jakou dobu a s jakým zkrácením se pulz vrátí. Podle typu odrazu se dá zjistit druh a vzdálenost závady, například zkrat či přerušení vodiče. [9]

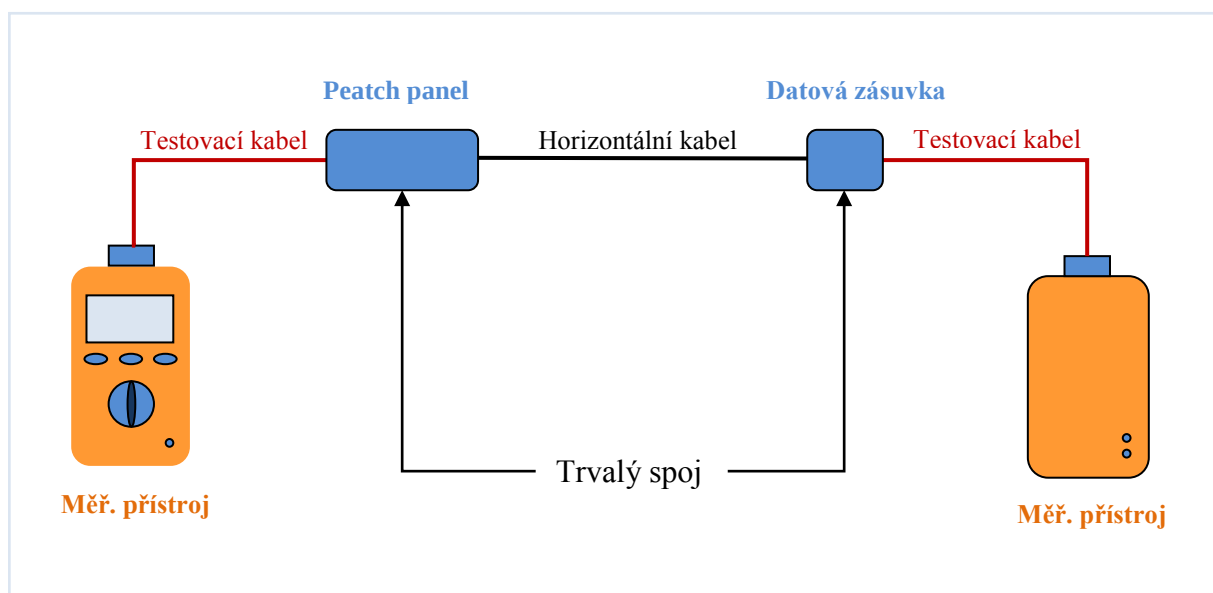
4.1 Způsoby měření

Nainstalovaná kabeláž se může z hlediska zapojení měřit dvěma způsoby a to, jako trvalý spoj nebo kanál. Kanál je typický pouze při pracích na obnově nějaké služby či k prověření schopnosti kabeláže podporovat nějakou aplikaci, při měření nové instalace se používá výhradně trvalého spoje.

Výkonostní požadavky pro trvalý spoj jsou uvedeny v kapitole dva a jsou mnohem přísnější než u kanálu, to znamená, že pokud přidáme vhodný propojovací kabel k lince změřené, jako trvalý spoj jsou výkonostní podmínky kanálu automaticky splněny, přičemž vhodný propojovací kabel je ten, který splňuje stejné výkonostní požadavky jako samotná linka. [9]

4.1.1 Trvalý spoj (Permanent link)

U trvalého spoje je měřen pouze úsek od datové zásuvky k peatch panelu, viz obr. 4.1 [9], to znamená, že testovací kabely (Permanent Link adaptér) spojující měřicí přístroj s měřenou instalací nesmí být součástí testu, proto musí být certifikační měřicí přístroje natolik sofistikované, aby dokázaly „očistit“ každý měřený parametr od efektů způsobených testovacími kabely. Ukázka testovacího kabelu je na obr. 4.2. [5]



Obr. 4.1: Trvalý spoj.

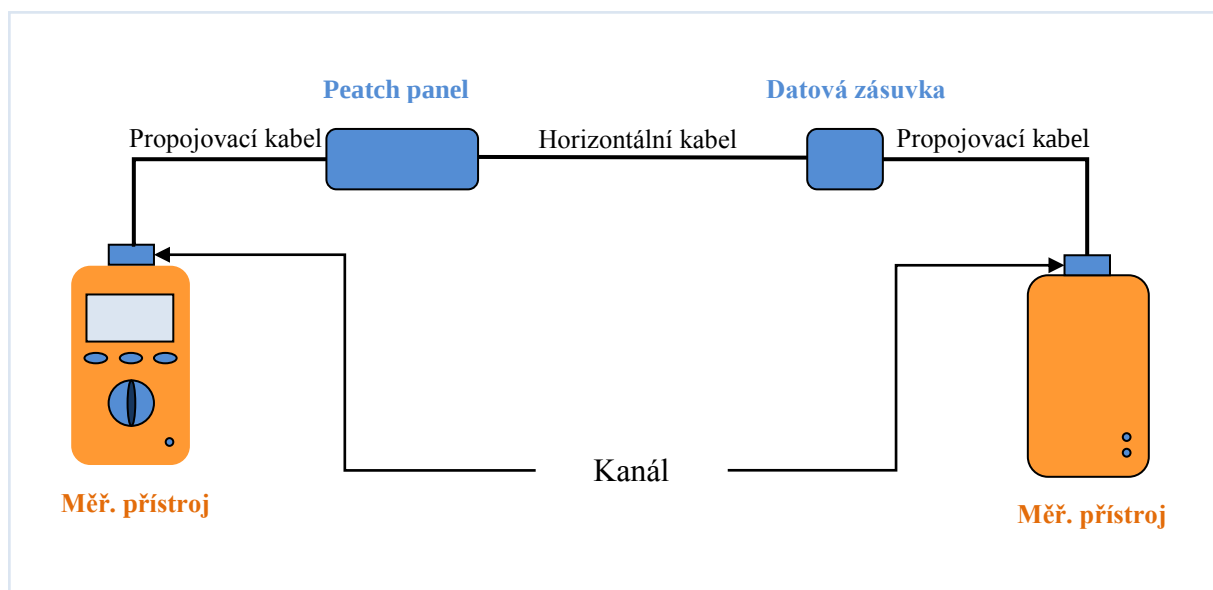


Obr. 4.2: Testovací kabel.

4.1.2 Kanál (Channel)

U kanálu jsou na rozdíl od trvalého spoje součástí testu i propojovací kabely, přičemž je nutné zdůraznit, že propojovací kabely jsou součástí měřené kabeláže, nikoli měřicí sady přístroje. Zapojení kanálu je na obr. 4.3 [9].

Pro měření kanálu se propojovací kabely zapojují do channel adaptéru obr. 4.4. [5]



Obr. 4.3: Kanál.



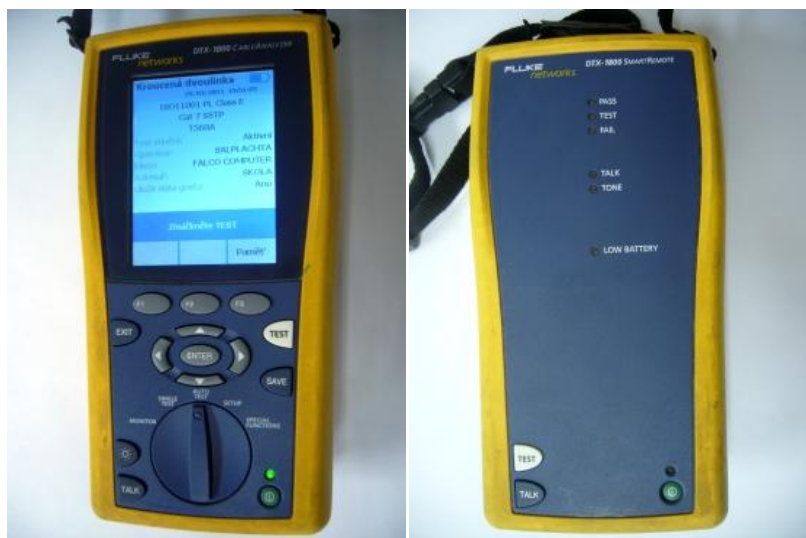
Obr. 4.4: Channel adaptér.

5 PRAKTICKÁ ČÁST

5.1 Měřicí vybavení

Jako měřicí přístroj byl použit Fluke Networks DTX 1800. Firma Fluke je jedním z předních výrobců certifikačních měřicích přístrojů. Certifikační měřicí přístroj DTX 1800 je se svými parametry špičkou v oblasti certifikačních měřicích přístrojů, a to především díky vysoké rychlosti a přesnosti měření.

Sada obsahuje: Hlavní jednotku a vzdálenou jednotku, viz obr. 5.1, LinkWare Software, 16MB memory kartu, Permanent Link adaptéry CAT 6, Channel adaptéry CAT 6, dorozumívací sada, napájecí zdroje, přepravní taška, USB kabel a manuál. Výše zmiňovaná sada slouží pouze pro certifikaci datové kabeláže do CAT 6, pro možnost certifikování kabeláže CAT 6A je nutno rozšířit DTX 1800 o sadu DTX pro 10Gb. Dále je možné rozšířit sadu o optické nástavce DTX Fiber Moduls pro měření optických vláken. [4]



Obr. 5.1: DTX 1800 – hlavní a vzdálená jednotka.

5.2 Zakončující prvky

5.2.1 Keystone modul R&M

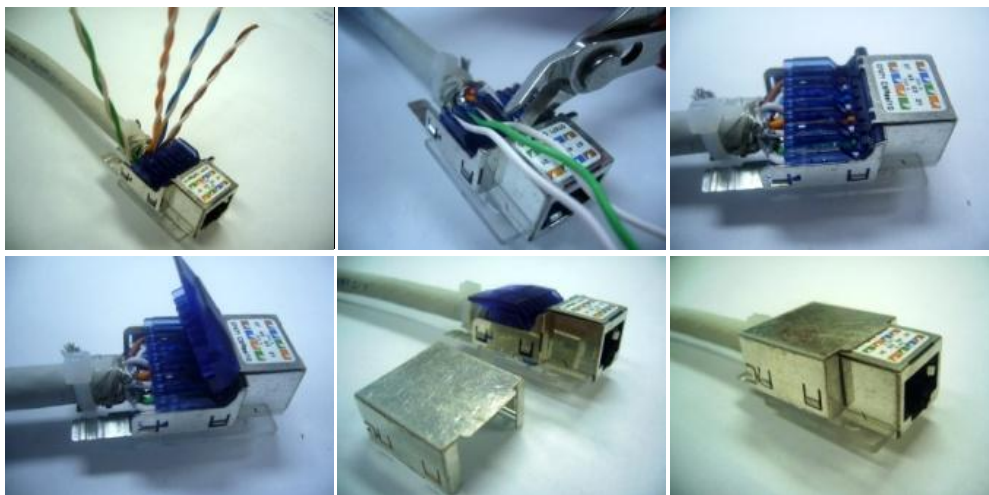
Pro účely měření byly zvoleny samozářezné keystone moduly R&M, které nepotřebují k proříznutí kabelu žádný nástroj, čímž lze snadno a rychle provést zapojení konektoru. Další výhodou spočívá v tom, že tento keystone modul lze opakovaně rozebrat, aniž by došlo k nějakému poškození. Postup instalace je na obr. 5.2, moduly se vyrábí pro CAT 5e a CAT 6.

Nejčastější instalační chyby, kterých se motáží technik dopouští u tohoto typu konektoru, Pomineme-li přehození párů, jsou vesměs dvě:

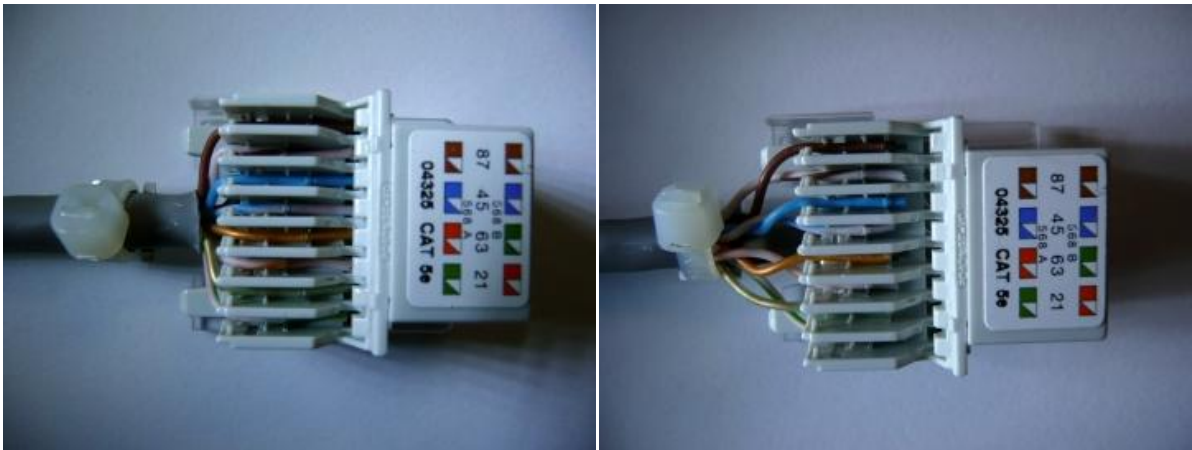
- Příliš dlouhé rozpletení párů
- Krátké kabely při zastříhávání

Příliš dlouhé rozpletení párů vede k přeslechům a v neposlední řadě také k nedostatečné mechanické odolnosti, neboť kabel nelze správně zajistit pomocí stahovací pásky.

Krátké kabely při zastříhávání způsobí nespojení pinu konektoru s datovým kabelem. Tato instalační chyba je hlavně způsobena používáním špatných štípacích kleští při zastříhávání kabelů. Ukázka správně a nesprávně nainstalovaného konektoru je na obr. 5.3. [9]



Obr. 5.2: Postup instalace keystone modulu R&M.

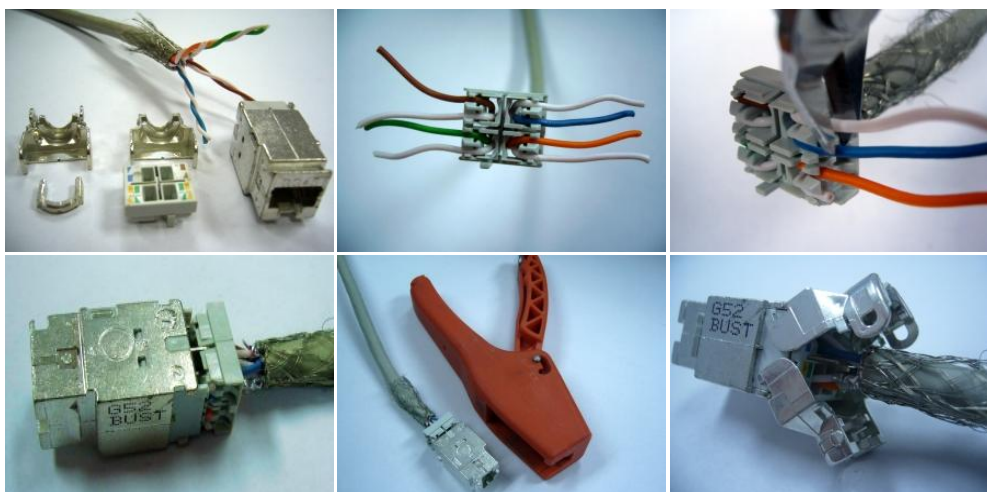


Obr. 5.3: Správně a nesprávně nainstalovaný keystone modul R&M.

5.2.2 GG 45 LANmark

Tento typ konektoru je určen pro 10 Gigabit Ethernet, z konstrukčního řešení je zřejmé, že u těchto druhů konektorů je snaha dosáhnout co nejkratší vzdálenosti mezi zářezovými kontakty a co nejkratší vzdálenosti zářezových kontaktů od pinů konektoru, čímž se zajišťuje minimální rozpad symetrie kabelu.

Instalace těchto konektorů je poměrně rychlá a jednoduchá, nicméně po zapojení jde těžko rozebrat, neboť plastový díl sloužící k vymezení a dotlačení kabelů na zářezové kontakty se při opakované demontáži nenávratně poškodí. Postup instalace je na obr. 5.4.



Obr. 5.4: Postup instalace GG 45.

5.3 Rozpad symetrie

Rozpad symetrie způsobuje nehomogenitu vedení, která výrazně ovlivňuje přeslechy mezi sousedícími páry. Obecně může nehomogenita nastat dvěma způsoby a to, vadnou instalací zakončujícího prvku nebo poškozením kabelu. [9]

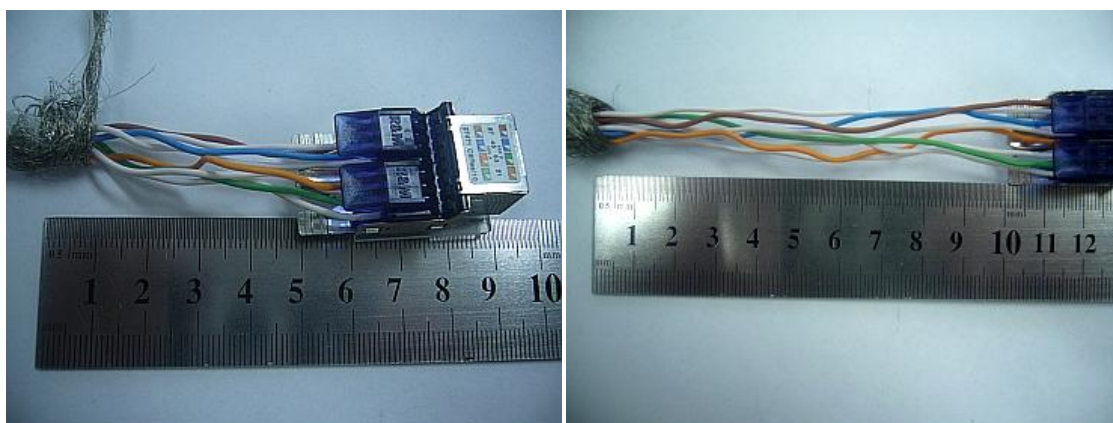
5.3.1 Vadná instalace zakončujícího páru

Pro účely měření byly použity komponenty zobrazeny v tab. 5.1, měření probíhalo při různých délkách rozpletení kroucené dvoulinky, viz obr. 5.5.

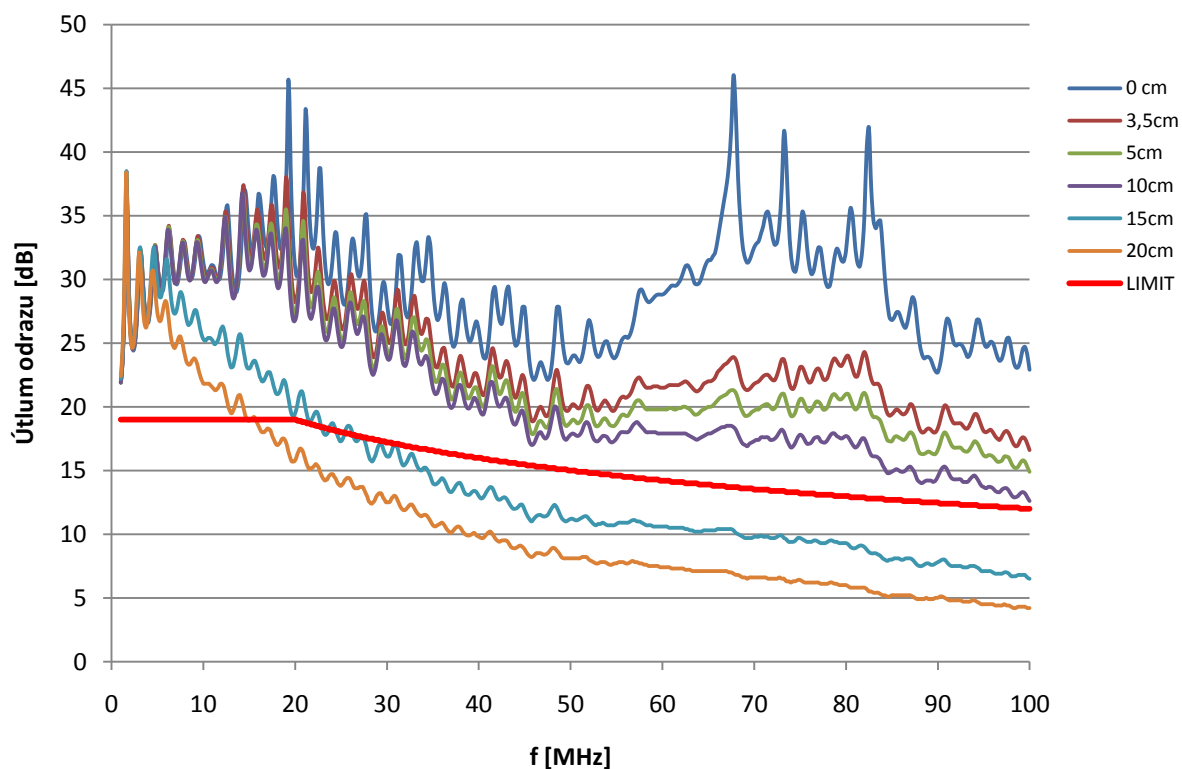
Jak už bylo popsáno výše nehomogenita vedení ovlivňuje přeslechy, avšak u přeslechů také závisí na poloze ovlivňujících se párů. Přímým ukazatelem homogenity vedení je útlum odrazu. Pro pár 1-2 je grafické zobrazení závislosti útlumu odrazu na frekvenci různých délek rozpadu symetrie pro cat 5e na obr. 5.6 a pro cat 6 na obr. 5.7. Pro ostatní páry kabelů je grafické zobrazení v příloze A.

Tab. 5.1: Použité komponenty při měření vadné instalace zakončujících prvků.

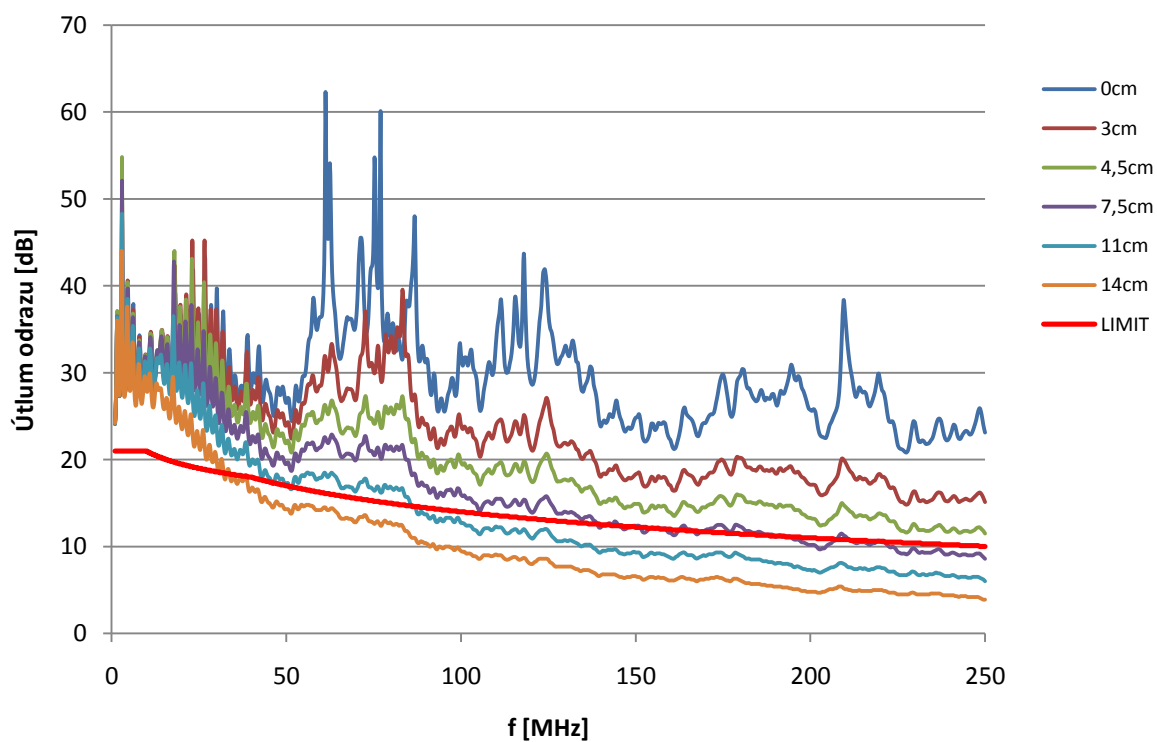
Limit testu	Konektor	Kabel	Délka kabelu [m]
D	R&M, cat 5e	Belden, UTP cat 5e, 100MHz	59
E	R&M, cat 6	IBM, SFTP cat 6, 250 MHz	59



Obr. 5.5: Rozpad symetrie.



Obr. 5.6: Závislost útlumu odrazu na frekvenci různých délek rozpadu symetrie pro pár 1-2, CAT 5e.



Obr. 5.7: Závislost útlumu odrazu na frekvenci různých délek rozpadu symetrie pro pár 1-2, CAT 6.

Z grafického zobrazení závislosti útlumu odrazu na frekvenci je jasné vidět, jak nesymetrie jednotlivých párů ovlivňuje útlum odrazu a to tak, že čím delší je rozpletení párů, tím větší je i závislost útlumu odrazu na frekvenci, z této skutečnosti vyplývá fakt, že se zvyšující se kategorií (větší šířkou frekvenčního pásma) jsou kladeny vyšší nároky na instalaci. V níže uvedených tabulkách jsou naměřené hodnoty „nejhorších“ párů pro CAT 5e v tab. 5.2 a pro CAT 6 v tab. 5.3. V tabulkách jsou uvedeny stěžejní parametry, které nejvíce vypovídají o kvalitě kabeláže, záporná hodnota odchylky od limitu říká, že kabeláž nevyhovuje dané výkonostní normě. [9]

Tab. 5.2: Naměřené hodnoty rozpadu symetrie pro CAT 5e

Rozpad symetrie [cm]	NEXT			ACR-N			Útlum odrazu		
	f [Mhz]	Nejhorší pár	odchylka od limitu [dB]	f [Mhz]	Nejhorší pár	odchylka od limitu [dB]	f [Mhz]	Nejhorší pár	odchylka od limitu [dB]
0	35	12 - 36	7,3	35	12 - 36	12,3	46,8	3-6	5,1
2,5	70,3	45 - 78	4,3	15	45 - 78	8,9	98,8	3-6	3,1
3,5	35,3	12 - 36	1,6	35,3	12 - 36	6,6	45	3-6	3,3
5	55	12 - 36	-1,3	35,3	12 - 36	3,8	98,8	3-6	1,4
6,5	35,3	12 - 36	1,1	35,3	12 - 36	6,1	93,5	3-6	-1,2
8	94,3	36 - 45	3	94,3	36 - 45	11,7	98,8	3-6	-2,1
10	35,3	12 - 36	1,8	35,3	12 - 36	6,8	98	4-5	-0,1
12	35,3	12 - 36	-4,9	13,8	12 - 36	0	100	1-2	-4,9
14	95,8	36 - 45	0,3	18,9	36 - 45	4,8	93,3	1-2	-5,5
16	69,3	12 - 78	-4,6	17,3	12 - 78	0,1	93,5	3-6	-6,2
18	66,8	36 - 78	0,6	17,1	36 - 78	4,9	92,3	7-8	-7,2
20	67	36 - 78	-8,4	17,3	36 - 78	-4,7	98,3	1-2	-7,9

Tab. 5.3: Naměřené hodnoty rozpadu symetrie pro CAT 6

Rozpad symetrie [cm]	NEXT			ACR-N			Útlum odrazu		
	f [Mhz]	Nejhorší pár	odchylka od limitu [dB]	f [Mhz]	Nejhorší pár	odchylka od limitu [dB]	f [Mhz]	Nejhorší pár	odchylka od limitu [dB]
0	230	36 - 45	7,5	12,1	36 - 45	14,7	50	7-8	6,1
3	214	45 - 78	2,4	14	12 - 36	8,9	224,5	4-5	2,9
4,5	225	12 - 36	-0,1	14	12 - 36	5,4	221	3-6	-0,5
6	225,5	12 - 36	-4,2	22	12 - 36	2,6	221	3-6	-3,2
7,5	120	45 - 78	-8,9	19	45 - 78	-3,7	224	4-5	-3,8
9,5	213,5	36 - 45	-7,4	23,6	36 - 45	-1,6	206,5	3-6	-4,3
11	119,5	12 - 78	-2	22,8	12 - 78	3,1	206	3-6	-5,5
12,5	63,3	12 - 36	-11,8	26,6	12 - 36	-7,3	144,5	3-6	-6,5
14	70,8	36 - 45	-15	22,8	36 - 45	-10,9	145	3-6	-6,5

5.3.2 Poškození kabelu

Pro účely měření byly použity komponenty zobrazené v tab. 5.4, měření probíhalo na nepoškozeném kabelu, na zkrouceném kabelu a na silně poškozeném kabelu.

Zkroucený kabel může vzniknout důsledkem neopatrného zatahování kabelů do tras, kdy při vadném odvinutí kabelu z krabice či bubnu může vzniknout v trase smyčka, která při stahování zkroutí kabel, viz obr. 5.8. Naměřené hodnoty pro CAT 5e jsou v tab. 5.5, pro CAT 6 s nestíněným kabelem v tab. 5.6 a pro CAT 6 s stíněným kabelem v tab. 5.7.

Tab. 5.4: Použité komponenty při měření poškozených kabelů.

Limit testu	Konektor	Kabel	Délka kabelu [m]
D	R&M, cat 5e	R&M, UTP cat 5e 100MHz	45
E	R&M, cat 6	Belden, UTP cat 6, 250MHz	45
E	R&M, cat 6	IBM, SFTP cat 6, 250 MHz	45



Obr. 5.8: Vznik zkrouceného kabelu

Tab. 5.5: Naměřené hodnoty kabelu R&M, UTP CAT 5e.

Poškození	NEXT			ACR-N [dB]			Útlum odrazu		
	f [Mhz]	Nejhorší pár	odchylka od limitu [dB]	f [Mhz]	Nejhorší pár	odchylka od limitu [dB]	f [Mhz]	Nejhorší pár	odchylka od limitu [dB]
žádné	40,3	12 - 36	8	40,3	12 - 36	15	71,5	3-6	4,8
zkroucení	40,3	12 - 36	7	40,3	12 - 36	14	76	3-6	3,9
silné	84,3	45 - 78	3	20,4	45 - 78	9,7	78,3	3-6	0,8

Tab. 5.6: Naměřené hodnoty kabelu Belden, UTP CAT 6.

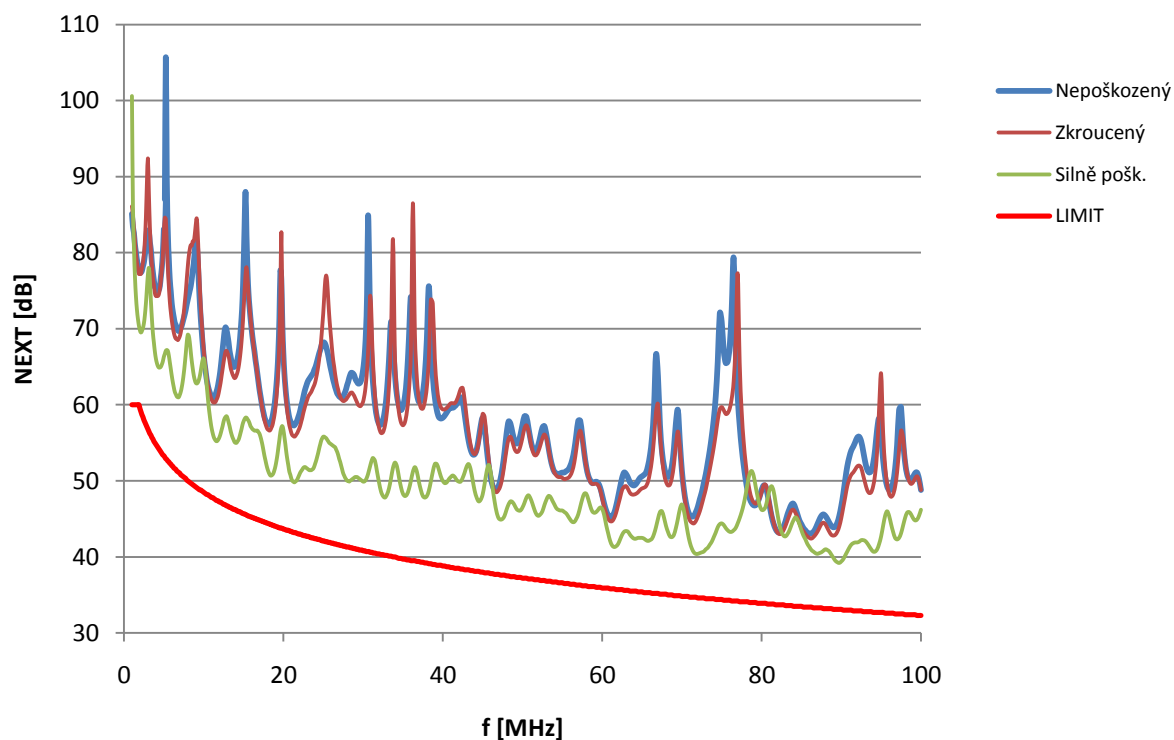
Poškození	NEXT			ACR-N [dB]			Útlum odrazu		
	f [Mhz]	Nejhorší pár	odchylka od limitu [dB]	f [Mhz]	Nejhorší pár	odchylka od limitu [dB]	f [Mhz]	Nejhorší pár	odchylka od limitu [dB]
žádné	26,8	36 - 45	3,4	26,6	36 - 45	8,7	76,3	1-2	4,2
zkroucení	26,8	36 - 45	2,6	26,8	36 - 45	7,9	76,3	1-2	3,8
silné	27	36 - 45	0,9	26,9	36 - 45	6,1	247,5	1-2	3,2

Tab. 5.7: Naměřené hodnoty kabelu IBM, SFTP CAT 6.

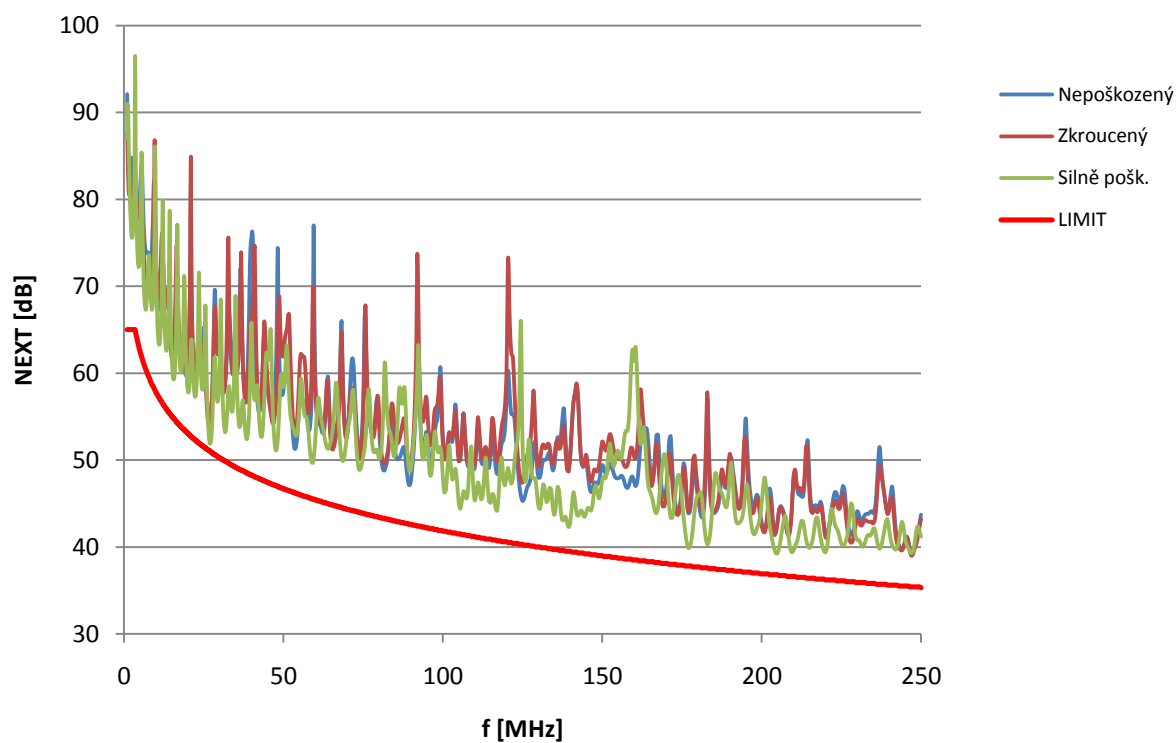
Poškození	NEXT			ACR-N [dB]			Útlum odrazu		
	f [Mhz]	Nejhorší pár	odchylka od limitu [dB]	f [Mhz]	Nejhorší pár	odchylka od limitu [dB]	f [Mhz]	Nejhorší pár	odchylka od limitu [dB]
žádné	204	36 - 45	10,2	24,6	36 - 45	19,6	16,6	1-2	6,6
zkroucení	204,5	36 - 45	7,1	22	36 - 45	15,1	132,5	3-6	6,1
silné	204,5	36 - 45	9,5	51,5	36 - 45	17,2	78,3	3-6	-0,6

Z naměřených hodnot je patrné, jak jednotlivé poškození ovlivňují parametry kabelů, grafické zobrazení závislosti NEXT na frekvenci mezi páry 36-45 je na obr. 5.9 pro CAT 5e, na obr. 5.10 pro UTP CAT 6 a na obr. 5.11 pro SFTP CAT 6.

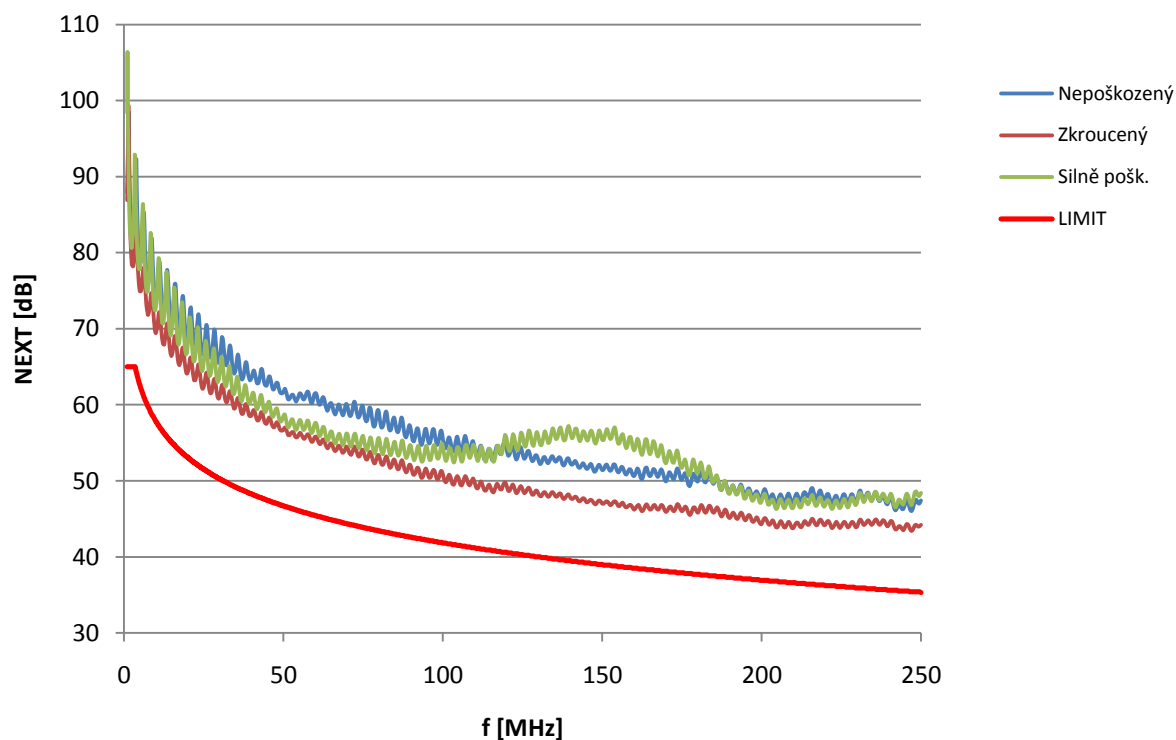
Při porovnání parametrů u stíněné a nestíněné kabeláže pro CAT 6 je vidět, jak kabel SFTP vykazuje mnohem lepší parametry přeslechů než FTP kabel, což je dáno samostatným stíněním jednotlivých párů. Názorné zobrazení závislosti NEXT na frekvenci pro kabel SFTP a UTP je na obr. 5.12.



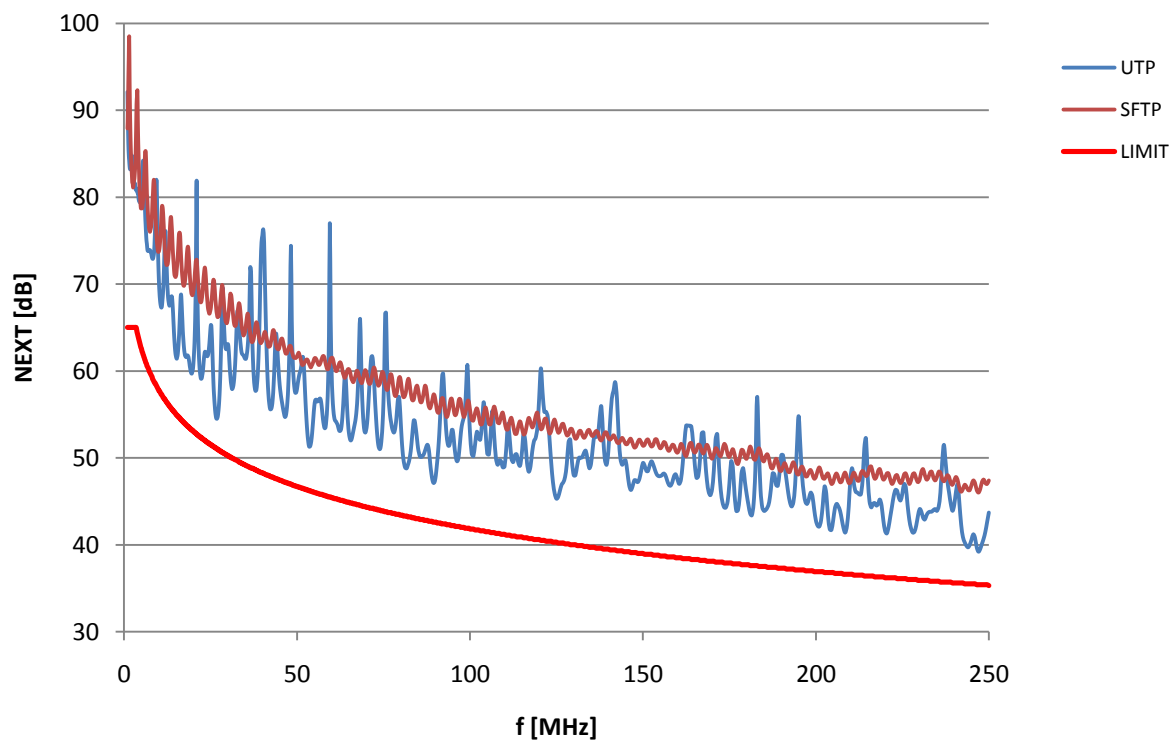
Obr. 5.9: Závislost NEXT na frekvenci poškozeného kabelu mezi páry 36-45, CAT 5e.



Obr. 5.10: Závislost NEXT na frekvenci poškozeného kabelu mezi páry 36-45, CAT 6 UTP.



Obr. 5.11: Závislost NEXT na frekvenci poškozeného kabelu mezi páry 36-45, CAT 6 SFTP.



Obr. 5.12: Závislost NEXT na frekvenci SFTP a UTP kabelu mezi páry 36-45, CAT 6.

5.4 Délka kabelu

Pro účely měření byly použity komponenty zobrazené v tab. 5.8, měření probíhalo postupným zkracováním délky kabelu o 5 m z délky přesahující povolený limit 90 m. Naměřené hodnoty pro CAT 5e jsou v tab. 5.9 a pro CAT 6 v tab. 5.10.

Tab. 5.8: Použité komponenty při měření závislosti parametrů na délce kabelu.

Limit testu	Konektor	Kabel	Délka kabelu [m]
D	R&M, cat 5e	Belden, UTP cat 5e, 100MHz	120
E	R&M, cat 6	RIT, SFTP cat 7, 600 MHz	105

Tab. 5.9: Naměřené parametry v závislosti na délce kabelu, CAT 5e.

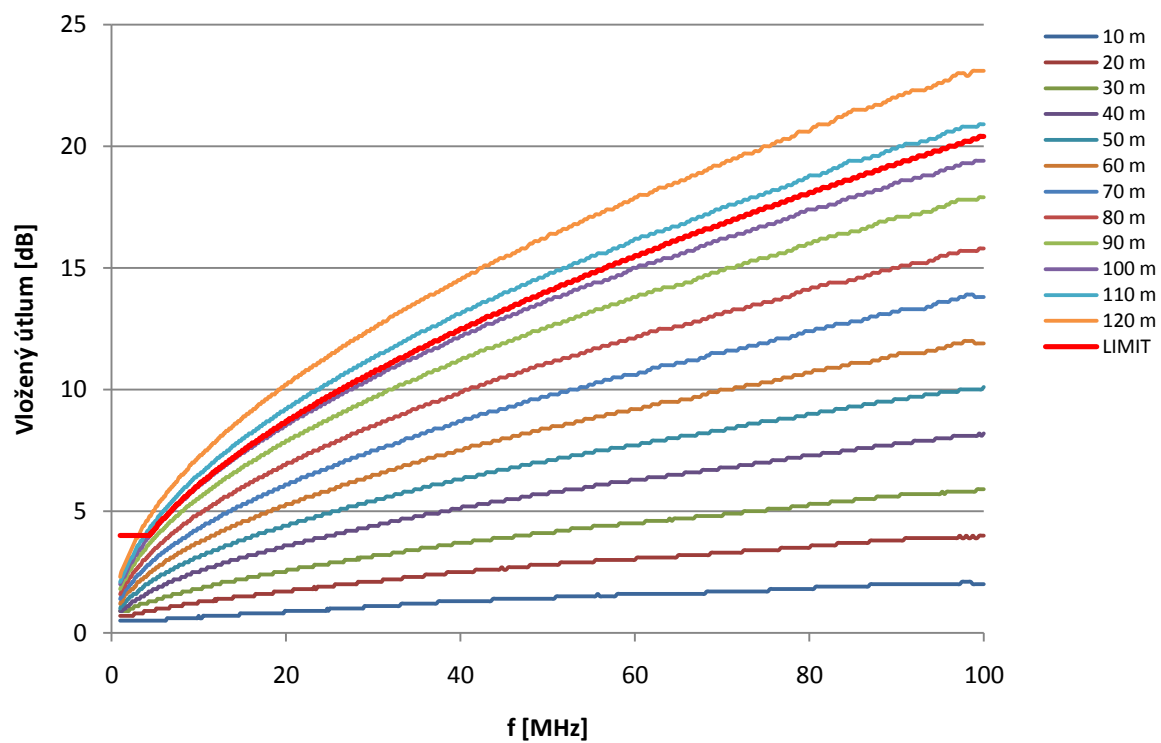
Délka kabelu [m]	NEXT			ACR-N [dB]			Útlum odrazu		
	f [Mhz]	Nejhorší pár	odchylka od limitu [dB]	f [Mhz]	Nejhorší pár	odchylka od limitu [dB]	f [Mhz]	Nejhorší pár	odchylka od limitu [dB]
5	96,3	36 - 45	10,3	1,9	36 - 45	17,2	93,8	3-6	2,8
10	78,3	36 - 45	11,7	1,5	36 - 45	17,5	66,5	3-6	3,4
15	80,5	36 - 45	10,3	1,9	36 - 78	17,3	88	3-6	4,2
20	98	36 - 45	14,4	98	36 - 45	30,5	82	3-6	4,1
25	64,8	36 - 45	11,7	64	36 - 45	23,8	64,8	3-6	4,7
30	61,5	36 - 78	9,6	61,5	36 - 78	20,7	79,3	3-6	5
35	79,3	36 - 45	8,9	32	36 - 45	18,5	71	3-6	4,6
40	78,8	36-45	11,2	28,6	36 - 78	17,4	66,5	3-6	4,9
45	57,3	36 - 78	11,1	22,6	36 - 78	19	66	3-6	4,8
50	76	36-45	10,4	35,3	36 - 78	18	80,5	3-6	5,4
55	46,3	12 - 45	11,9	16,9	36 -78	16,3	67,8	3-6	5,2
60	17,1	36 - 78	11,2	17,1	36 - 78	14,4	67,3	3-6	6
65	46,8	12 - 45	10,8	17,1	12 - 45	14,8	70,3	3-6	5,7
70	46,3	12 - 45	10,7	9,9	12 - 45	13,1	75,8	3-6	5,9
75	27,9	36 - 78	10,1	27,9	36 - 78	12,8	70,8	3-6	6,1
80	60,5	12 - 45	11,3	8,6	36 - 78	13,2	70,3	3-6	5,4
85	36,5	12 - 45	11,5	36,5	12 - 45	13,2	70,3	3-6	4,7
90	30,5	36 - 78	10,5	30,5	36 - 78	11,7	81,5	3-6	5,4
95	66,3	36 - 78	9,7	27,4	12 - 45	10,8	71,5	3-6	5,1
100	30,3	36 - 78	8	30,4	36 - 78	8,4	68	3-6	4,9
105	60,3	12 - 45	10,4	60,3	12 - 45	10,1	70,5	3-6	5,2
110	27	36 - 78	10,3	98,5	36 - 45	9,6	70,5	3-6	4,9
120	92,5	36 - 45	9,2	92,5	36 - 45	6,3	2	7-8	5,2

Tab. 5.10: Naměřené parametry v závislosti na délce kabelu, CAT 6.

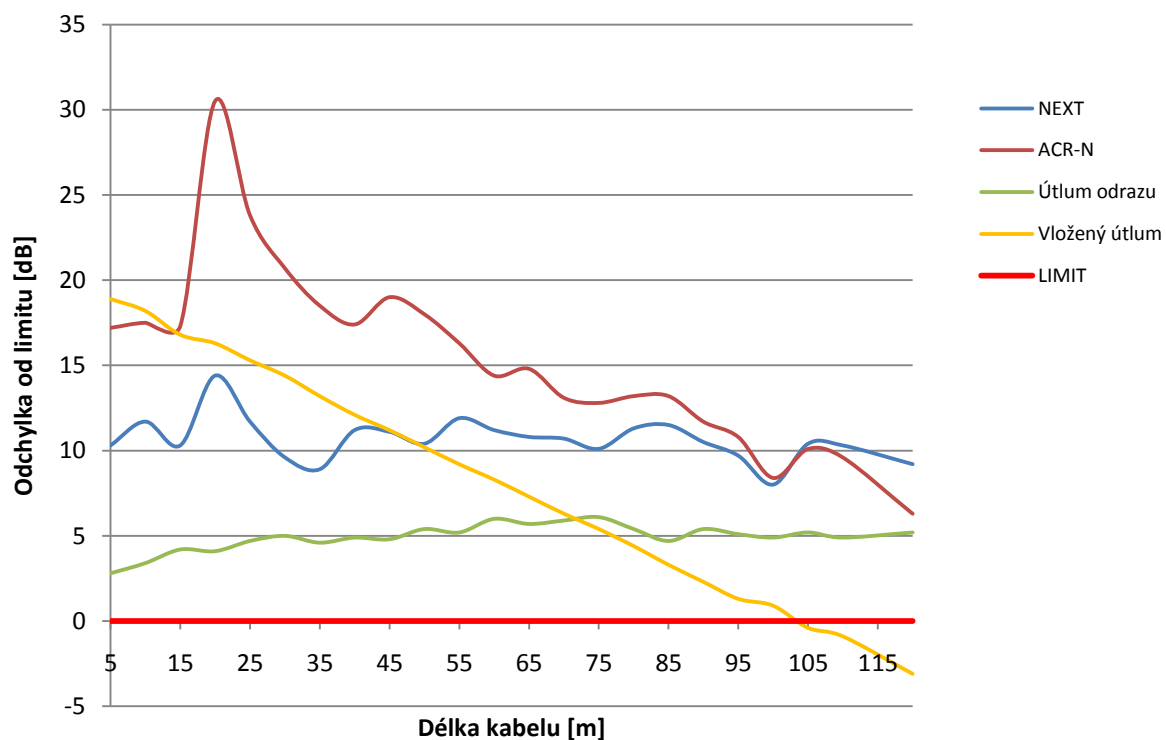
Délka kabelu [m]	NEXT			ACR-N [dB]			Útlum odrazu		
	f [Mhz]	Nejhorší pár	odchylka od limitu [dB]	f [Mhz]	Nejhorší pár	odchylka od limitu [dB]	f [Mhz]	Nejhorší pár	odchylka od limitu [dB]
5	247	36 - 45	5,9	19,9	12 - 36	20,5	3,3	1-2	3,7
10	201,5	36 - 45	6,6	9,3	36 - 45	18,1	195	7-8	8,4
15	248	36 - 45	8	162,5	36 - 45	30,1	130,5	7-8	6,9
20	139,5	12 - 36	8,5	101	36 - 45	25,6	86	7-8	6,7
25	152	12 - 36	7	82	12 - 36	21,3	28,9	1-2	3
30	210,5	36 - 45	8,9	51,3	36 - 45	19,3	78,5	7-8	7
35	205,5	36 - 45	8,3	39,5	36 - 45	17,9	73,8	7-8	6,7
40	206,5	36 - 45	9,1	29,9	36 - 45	17,14	75,5	7-8	7,2
45	248,5	36 - 45	10,8	23,4	12 - 45	23,2	82	7-8	6,7
50	212,5	36 - 45	8,6	19	36 - 45	15,5	74,8	7-8	6,7
55	206	36 - 45	10	16,9	36 - 45	16,4	81,5	7-8	7,5
60	204	12 - 36	11	14,1	36 - 78	17,1	74,8	7-8	8,1
65	215,5	36 - 45	10,1	14,4	36 - 45	17	80	7-8	8,3
70	216	36 - 45	10,4	10,4	36 - 45	15,8	75,5	7-8	7,9
75	235,5	36 - 45	10,9	8,5	36 - 78	15,8	84	7-8	7,6
80	210	36 - 45	9,3	19,8	36 - 45	14,6	75,8	7-8	6,9
85	201	36 - 45	10,4	149	36 - 45	14,5	70,8	7-8	7,6
90	205	36 - 45	12,6	44,3	36 - 78	15,5	70,3	7-8	7,3
95	210,5	36 - 45	9,9	211	36 - 45	11,7	2,8	7-8	6,6
100	216	36 - 45	10,4	214	36 - 45	11	2,4	1-2	5
105	214,5	36 - 45	10,8	214,5	36 - 45	11,3	2,4	1-2	5

Podle očekávání délka kabelu výrazněji neovlivnila hodnoty přeslechů ani homogenity vedení avšak parametr, který byl ovlivněn délkou kabelu je ACR-N, neboť je odvozen z přeslechu na blízkém konci (NEXT) a vloženého útlumu, přičemž u vloženého útlumu roste frekvenční závislost s délkou kabelu, viz obr. 5.13.

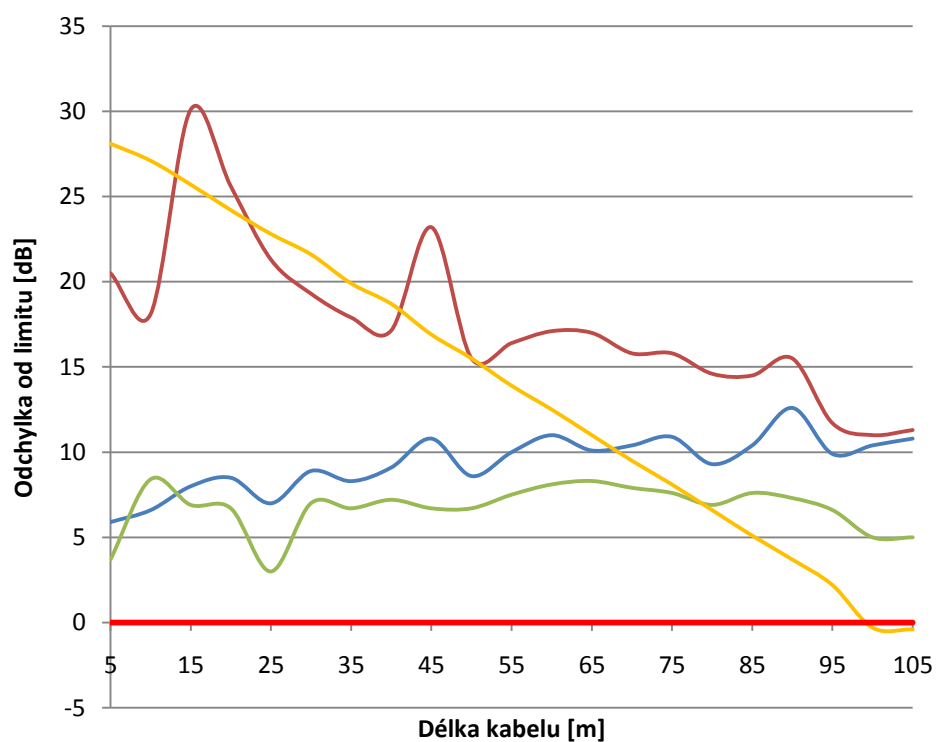
Názorná ukázka závislosti odchylky od limitu na délce kabelu pro nejhorší pár je na obr. 5.14 pro CAT 5e a na obr. 5.15 pro CAT 6. [9]



Obr. 5.13: Závislost vloženého útlumu na frekvenci pro různé délky kabelu pro pár 3-6, CAT 5e.



Obr. 5.14: Závislos odchylky od limitu na délce kabelu pro CAT 5e.



Obr. 5.15: Závislost odchylky od limitu na délce kabelu pro CAT 6.

ZÁVĚR

Dokument popisoval zásady a pravidla používané při montáži strukturované kabeláže, které se neustále zpříšňují vlivem vývoje kabelů s vyšší frekvenční šířkou pásma. Tyto kabely jsou náchylnější na různé druhy mechanické námahy, proto je nutné, aby montáž byla kvalitně provedena dle příslušných norem a předpisů.

Z naměřených hodnot praktické části bakalářské práce je patrné, jak zvyšující se frekvence výrazně snižuje odolnost kabelů vůči mechanickému poškození a jak zvyšuje nároky na přesnost instalace zakončujících prvků a kabeláže.

Dále je vidět z výsledků měření, jak stínění snižuje přeslechy mezi páry, z tohoto důvodu je u nově zavedené kategorie 6A a 7A nutností použít stíněný kabel a to hlavně kvůli přeslechům mezi sousedícími datovými kabely ve svazku (Alien Crosstalk).

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ČSN EN 50173-1 ed.2. *Informační technologie : Univerzální kabelážní systémy*. Praha : Český normalizační institut, 2008. 118 s.
- [2] ČSN EN 50173-1 ed.2 ZMĚNA A1. *Informační technologie : Univerzální kabelážní systémy*. Praha : Český normalizační institut, 2010. 40 s.
- [3] ČSN EN 50174-2 ed.2 . *Informační technologie : Instalace kabelových rozvodů*. Praha : Český normalizační institut, 2010. 60 s.
- [4] *DTX Series CableAnaliser* [online]. [s.l.] : [s.n.], 2004 [cit. 2011-05-24]. Dostupné z WWW: <http://www.fluketestery.cz/produkty/pdf/dtx_cableanalyzer_um_cz.pdf>.
- [5] *Průvodce řešením závad na metalické kabeláži* [online]. [s.l.] : [s.n.], 2008 [cit. 2011-05-24]. Dostupné z WWW: <<http://www.fluketestery.cz/pdf/Pruvodce-resenim-zavad-na-metalicke-kabelazi.pdf>>.
- [6] JORDÁN, Vilém. Jak na to ? : profesionální datové komunikace - strukturované a multimediální kabeláže. In *B.I.P. Program*. [s.l.] : [s.n.], 2008. s. 56.
- [7] PTÁČEK, Josef. *Svět sítí : Technologie* [online]. 5.8.2005 [cit. 2010-12-16]. Co můžeme očekávat od nové kabeláže category 6 a 7?. Dostupné z WWW: <<http://www.svetsiti.cz/view.asp?rubrika=Technologie&clanekID=278>>.
- [8] *Siemon* [online]. 1995 [cit. 2010-12-17]. Common outlet configurations. Dostupné z WWW:<http://www.siemon.com/us/standards/1325_common_outlet_configurations.as>
- [9] TRULOVE, James. *Sítě LAN : hardver, instalace a zapojení*. první vydání. Praha : Grada Publishing, a.s., 1999. 384 s. ISBN 978-80-247-2098-2.
- [10] VANĚK, David, et al. *Kabely včera a dnes : Vývoj strukturovaných kabeláží a kritické hodnocení trhu*. Connect [online]. 2010, č.3, [cit. 2010-12-16]. Dostupný z WWW: <<http://www.cabling.sk/photos/dokumenty/Connect201003.pdf>>.

POUŽITÉ ZKRATKY A SYMBOLY

$\alpha (i)$	- vložený útlum páru i v [dB].
ACR-F	- Attenuation to Crosstalk Ratio – Far.
ACR-N	- Attenuation to Crosstalk Ratio – Near.
CAT	- Category.
ČSN	- Česká státní norma.
EIA	- Electronic Industries Alliance.
EN	- European Norm.
F/UTP	- Foil shielded / Unshielded Twisted Pair.
GG 45	- GigaGate 45.
i	- číslo rušícího páru.
k	- číslo rušeného páru.
IBM	- International Business Machines.
IDC 110	- Insulation Displacement Connector 110.
NEXT	- Near End Crosstalk.
PSAACR-F	- Power Sum Alien Attenuation to Crosstalk Ratio – Far.
PSAACR-Favg	- Power Sum Alien Attenuation to Crosstalk Ratio – Far average.
PSACR-F	- Power Sum Attenuation to Crosstalk Ratio – Far.
PSACR-N	- Power Sum Attenuation to Crosstalk Ratio – Near.
PSANEXT	- Power Sum Alien Near End Crosstalk.
PSANEXTavg	- Power Sum Alien Near End Crosstalk average.
PSNEXT	- Power Sum Near End Crosstalk.
R&M	- Reichle & De – Massari.
S/FTP	- Shielded / Foil shielded Twisted Pair.
SF/UTP	- Shielded Foil shielded / Unshielded Twisted Pair.
TDR	- Time Domain Reflectometers.
TIA	- Telecommunications Industry Association.
U/FTP	- Unshielded / Foil shielded Twisted Pair.
USB	- Universal Serial Bus.
UTP	- Unshielded Twisted Pair.

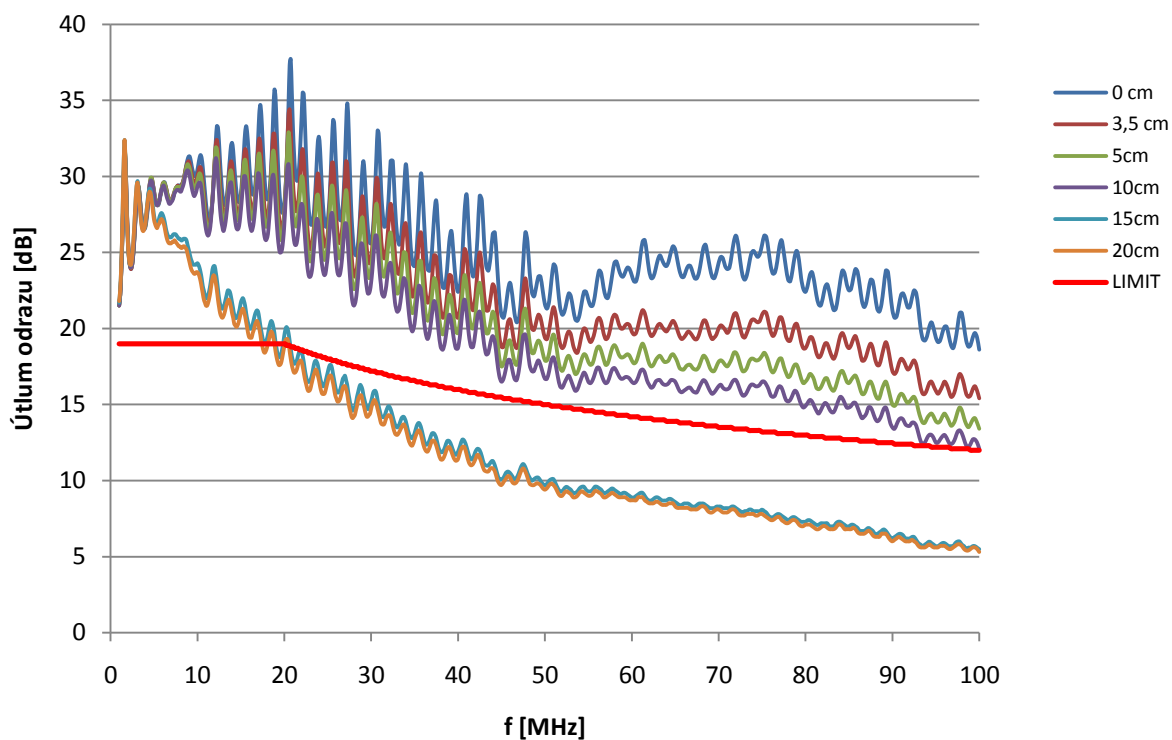
SEZNAM PŘÍLOH

A.	Závislost útlumu odrazu na frekvenci různých délek rozpadu symetrie.....	54
A 1.	Pár 3-6, CAT 5e.....	54
A 2.	Pár 4-5, CAT 5e.....	55
A 3.	Pár 7-8, CAT 5e.....	55
A 4.	Pár 3-6, CAT 6.....	56
A 5.	Pár 4-5, CAT 6.....	56
A 6.	Pár 7-8, CAT 6.....	57

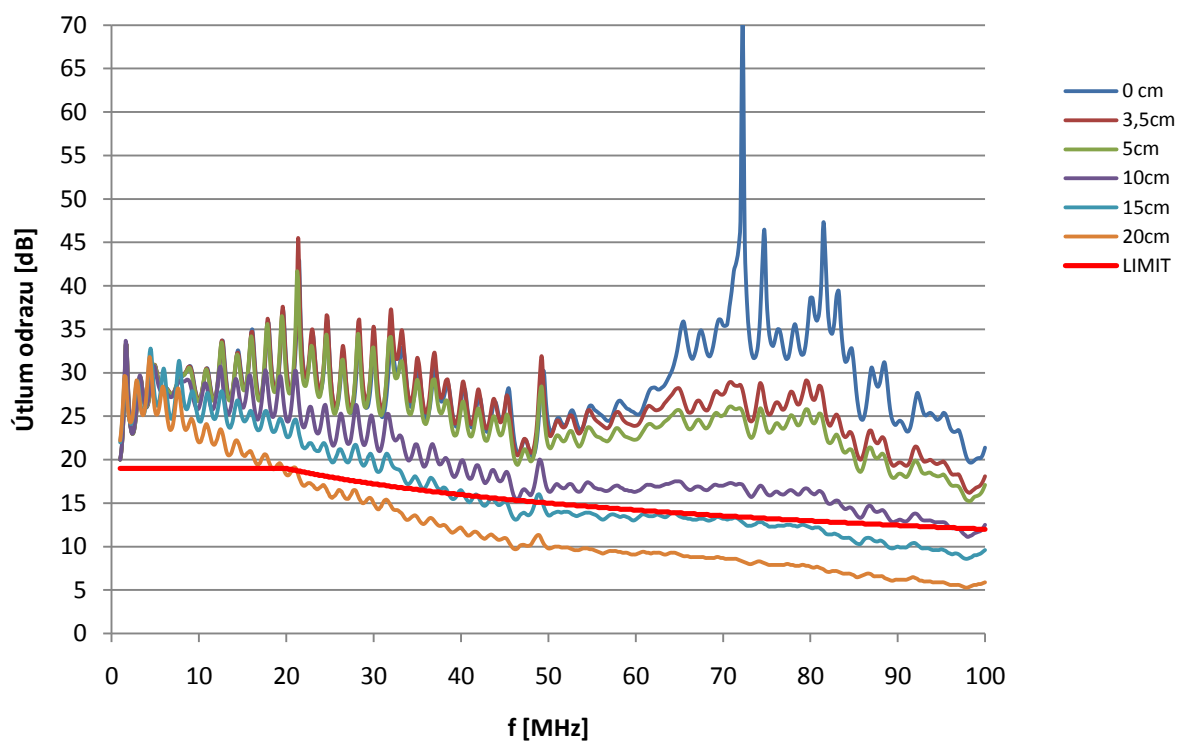
PŘÍLOHY

A. Závislost útlumu odrazu na frekvenci různých délek rozpadu symetrie.

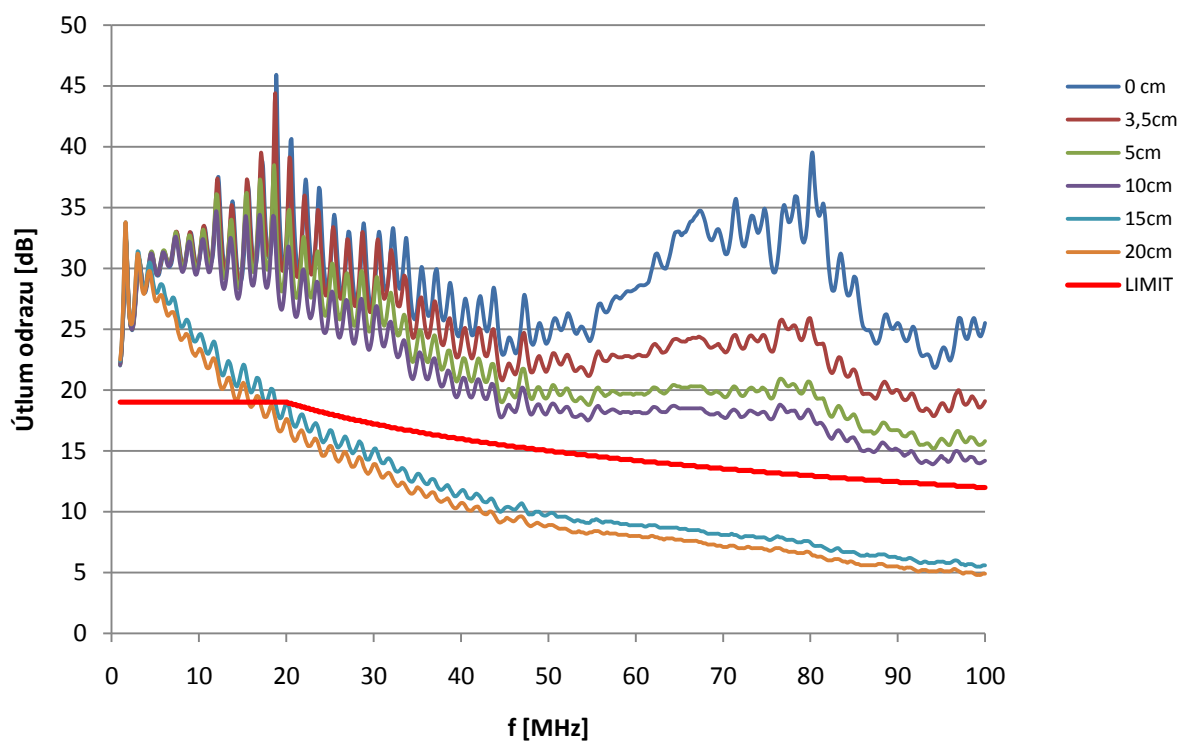
A 1. Pár 3-6, CAT 5e.



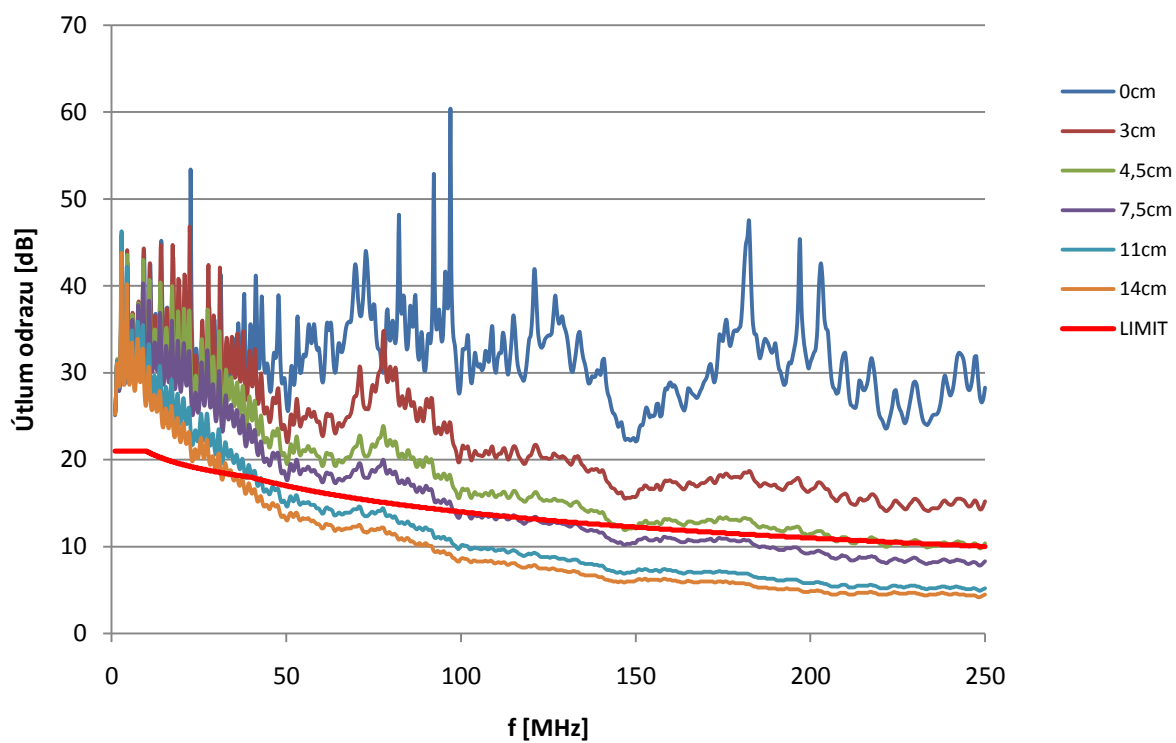
A 2. Pár 4-5, CAT 5e



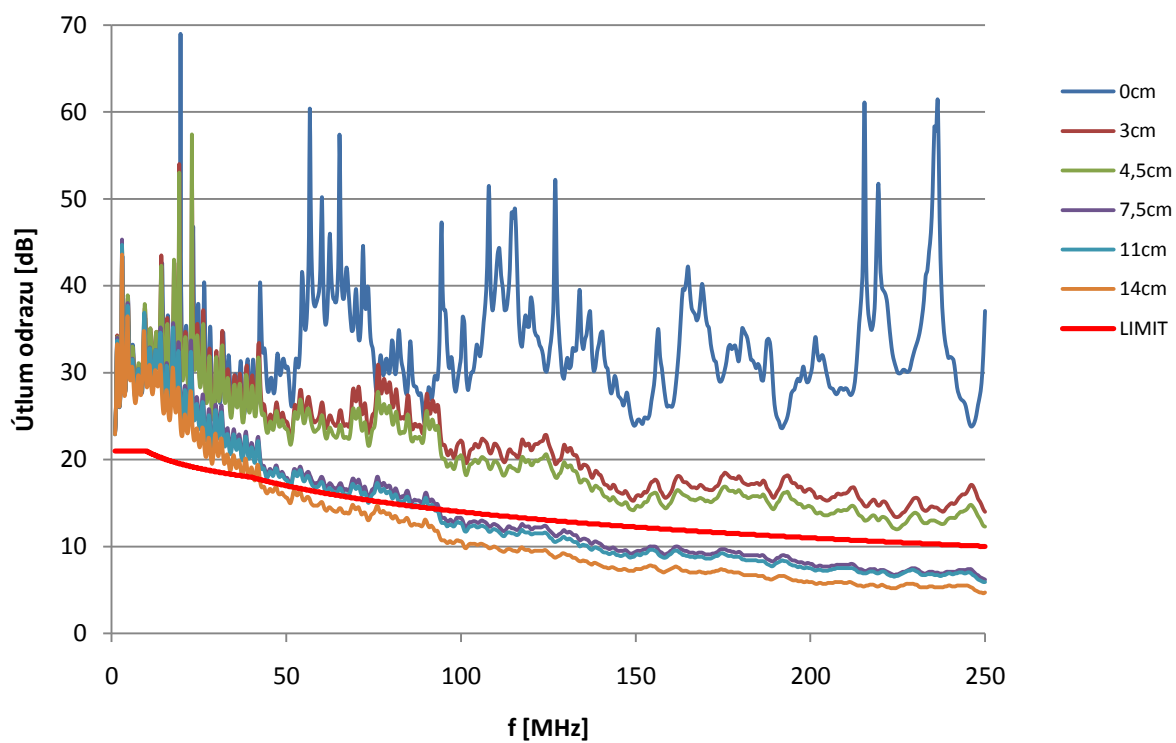
A 3. Pár 7-8, CAT 5e.



A 4. Pár 3-6, CAT 6.



A 5. Pár 4-5, CAT 6



A 6. Pár 7-8, CAT 6.

