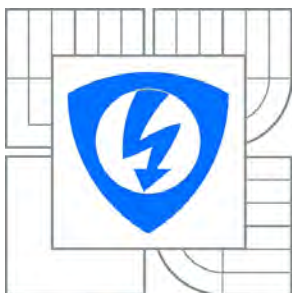




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

PROJEKT DATOVÉHO CENTRA - STRUKTUROVANÁ KABELÁŽ

DATA CENTRE PROJECT - STRUCTURED CABLING

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. ONDŘEJ HEJTMÁNEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. MILOSLAV FILKA, CSc.

BRNO 2012



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav telekomunikací

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Telekomunikační a informační technika

Student: Bc. Ondřej Hejtmánek

ID: 106459

Ročník: 2

Akademický rok: 2011/2012

NÁZEV TÉMATU:

Projekt datového centra - strukturovaná kabeláž

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Úkolem práce je navrhnout a vyprojektovat profesi strukturované kabeláže pro středně velké datové centrum s cca 40 rozvaděči. Použít aktuální normy a technologie, zaměřit se na problematiku předkonektorované trasy versus konektorování "on field". Zpracovat výkaz výměr pro oba typy tras. Vyhodnotit investiční náklady CAPEX. Změřit parametry metalických kabelů používaných v DC při působícím rušení.

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] HELÁN, R. Optické areálové sítě. Network Group, Brno 2009.
- [4] KUCHARSKI, M., DUBSKÝ, P. Měření přenosových parametrů optických vláken, kabelů a tras. Mikrokom, Praha 2001.

Termín zadání: 6.2.2012

Termín odevzdání: 24.5.2012

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

Konzultanti diplomové práce:

prof. Ing. Kamil Vrba, CSc.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové 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.

Výzkum popsáný v této diplomové práci byl realizován v laboratořích podpořených z projektu SIX; registrační číslo CZ.1.05/2.1.00/03.0072, operační program Výzkum a vývoj pro inovace.

ANOTACE

Tato diplomová práce se zabývá rozbořem kabeláže a kabelážních systémů v datových centrech a následným projektováním. Část práce se věnuje měření parametrů metalických kabelů používaných v datových centrech při působícím rušení.

První část práce je zaměřena na rozbor struktury datového centra a kabeláže v něm využívané. Struktura datového centra vychází z modelu TIA-942 a skládá se ze vstupní místnosti, hlavní distribuční oblasti MDA, horizontální distribuční oblasti HDA, zóny distribuční oblasti ZDA a zařízení distribuční oblasti EDA. Kabeláž dělíme na páteřní a horizontální a využíváme standardní i předkonektorované kabeláže.

V následující části jsou rozebrány výsledky měření strukturované metalické kabeláže při působícím rušení. Jednalo se o kabely typu UTP, FTP a S/FTP. Měření probíhalo v rozvodně el. proudu a laboratoři elektromagnetické kompatibility.

Poslední část této práce se zabývá samotným návrhem strukturované kabeláže pro datové centrum. V prvním návrhu využíváme standardních instalací, ve druhém předkonektorované kabeláže. Pro oba typy instalace je zpracován výkaz výměr a vypracovány CAPEX náklady. Práce je také doplněna výkresy návrhu DC a výkresy s obsazením jednotlivých racků.

KLÍČOVÁ SLOVA

Datové centrum, metalická kabeláž, optická kabeláž, MPO, MRJ-21, UTP, FTP, S/FTP, předkonektorovaný systém, standardní instalace.

ABSTRACT

This master's thesis is concerned with analysis of cabling and cabling systems in data center and with their projection as follows. The part of the work is aimed at the measurement parameters of metal cables which are used in data center with noise.

The first part is focused on analyzing the structure of the data center and cabling used in it. The structure of the data center is based on the TIA-942 and consists of an entrance room, main distribution area MDA, horizontal distribution area HDA , zone distribution area ZDA and the equipment distribution area EDA. Divided into backbone cabling and horizontal cabling and use standard and pre-terminated cabling.

The measurement results of structured metal cabling with noise are discussed in the next part. There were used these types of cables UTP, FTP and S/FTP. The measurement was performed in the electricity substation and in the laboratory of electromagnetic compatibility.

The third part of this work deals with the actual design of structured cabling for the data center. In the first design we use the standard installation, the second pre-terminated cabling. For both types of installation cost statement is processed (CAPEX). Thesis is also completed with DC design drawings and rack drawings.

KEYWORDS

The data center, metallic cables, optical cables, MPO, MRJ-21, UTP, FTP, S/FTP pre-terminated system, standard installation.

CITACE PRÁCE

HEJTMÁNEK, O. *Projekt datového centra - strukturovaná kabeláž*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2012. 74 s. Vedoucí semestrální práce prof. Ing. Miloslav Filka, CSc.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „Projekt datového centra – strukturovaná kabeláž“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne

.....

podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu diplomové práce prof. Ing. Miloslavu Filkovi CSc., za užitečnou metodickou pomoc a cenné rady při zpracování diplomové práce. Zvláštní poděkování patří Ing. Jiřímu Kapounovi ze společnosti CATEGORY a.s. za poskytnutí zázemí, odborných informací a zapůjčení měřicí techniky potřebné pro zpracování diplomové práce.

OBSAH

ÚVOD.....	13
1 DATOVÉ CENTRUM.....	14
1.1 Hlavní požadavky spojené s kabeláží.....	14
2 STRUKTURA DATACENTRA.....	15
2.1 Hlavní prvky datového centra.....	16
2.1.1 MDA – Main Distribution Area.....	16
2.1.2 HDA – Horizontal Distribution Area.....	17
2.1.3 ZDA – Zone Distribution Area.....	17
2.1.4 EDA – Equipment Distribution Area.....	17
3 HORIZONTÁLNÍ A PÁTEŘNÍ KABELÁŽ.....	18
3.1 Horizontální kabeláž.....	18
3.1.1 Topologie horizontální kabeláže.....	19
3.1.2 Vzdálenosti kabeláže.....	20
3.2 Páteřní kabeláž.....	21
3.2.1 Topologie páteřní kabeláže.....	22
3.2.2 Podporovaná přenosová média.....	22
3.2.3 Vzdálenosti kabeláže.....	23
4 DATACENTRUM TIERING.....	24
4.1 Tier I. level.....	24
4.2 Tier II. level.....	24
4.3 Tier III. level.....	24
4.4 Tier IV. level.....	25
5 KABELÁŽ V DATOVÝCH CENTRECH.....	26
5.1 Metalická kabeláž.....	26
5.1.1 PiMF.....	27
5.1.2 Kategorie metalické kabeláže používané v DC.....	28
5.2 Optická kabeláž.....	30
5.2.1 Multimode vlákna.....	30
5.2.2 Singlemode vlákna.....	31
6 KABELÁŽNÍ SYSTÉMY.....	32
6.1 MPO.....	33
6.2 MRJ-21.....	34

7 MĚŘENÍ PARAMETRŮ METALICKÝCH KABELŮ PŘI PŮSOBÍCÍM RUŠENÍ	36
7.1 Parametry metalických kabelů	36
7.2 Měření parametrů metalických kabelů v rozvodně el. proudu	43
7.3 Měření parametrů metalických kabelů při generovaném rušení	51
7.4 Měření impulzního šumu.....	56
8 NÁVRH STRUKTUROVANÉHO KABELÁŽNÍHO SYSTÉMU STANDARDNÍ INSTALACE	58
8.1 MDA	58
8.2 HDA.....	58
8.3 EDA	59
8.4 Kabeláž výsledný stav – standardní instalace	60
8.5 Výkaz výměr – standardní instalace	61
9 NÁVRH STRUKTUROVANÉHO KABELÁŽNÍHO SYSTÉMU PŘEDKONEKTOROVANÝ SYSTÉM.....	64
9.1 MDA	64
9.2 HDA.....	65
9.3 EDA	65
9.4 Kabeláž výsledný stav – předkonektorovaný systém.....	66
9.5 Výkaz, výměr – předkonektorovaný systém.....	67
10 ZÁVĚR	69
POUŽITÁ LITERATURA.....	70
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	72
SEZNAM PŘÍLOH.....	74

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2-1: Model DC dle TIA-942	15
Obr. 3-1: Topologie horizontální kabeláže.....	19
Obr. 3-2: Topologie páteřní kabeláže.....	21
Obr. 5-1: U/UTP kabel	26
Obr. 5-2: F/UTP kabel.....	27
Obr. 5-3: PiMF kabel.....	27
Obr. 6-1: MPO konektor – 72 vláken.....	33
Obr. 6-2: MPO konektor – 12 vláken.....	33
Obr. 6-3: MPO kazeta	33
Obr. 6-4: Patch panel pro MPO kazety	34
Obr. 6-5: Přímý 1U patch panel	35
Obr. 6-6: Úhlový 1U patch panel	35
Obr. 6-7: Snap-in kazeta.....	35
Obr. 6-8: Panel na Snap-in kazety	35
Obr. 6-9: MRJ-21 páteřní kabel	35
Obr. 6-10: MRJ-21 rozvětvený svazek.....	35
Obr. 7-1: Grafické znázornění limitu pro parametr ACR-N	38
Obr. 7-2: Delay skew.....	43
Obr. 7-3: Graf závislosti NEXT na frekvenci (bez rušení) pro UTP	45
Obr. 7-4: Graf závislosti NEXT na frekvenci (rušení 3) pro UTP	45
Obr. 7-5: Graf závislosti RL na frekvenci (bez rušení) pro UTP	46
Obr. 7-6: Graf závislosti RL na frekvenci (rušení 3) pro UTP.....	46
Obr. 7-7: Graf závislosti RL na frekvenci (bez rušení) pro FTP.....	48
Obr. 7-8: Graf závislosti RL na frekvenci (rušení 3) pro FTP	48
Obr. 7-9: Graf závislosti ACR-N na frekvenci (bez rušení) pro S/FTP	50
Obr. 7-10: Graf závislosti ACR-N na frekvenci (rušení 3) pro S/FTP.....	50
Obr. 7-11: Princip generování rušivých impulzů	51
Obr. 7-12: Generátor impulzů s kapacitní kleštinou	52
Obr. 7-13: Graf závislosti RL na frekvenci (bez rušení) pro S/FTP	54
Obr. 7-14: Graf závislosti RL na frekvenci (rušení 1kV) pro S/FTP	55
Obr. 7-15: Graf závislosti RL na frekvenci (rušení 4kV) pro FTP	55
Obr. 7-16: Graf závislosti prahu impulzního šumu na rušivých impulzech pronikajících do jednotlivých kabelů.....	57
Obr. 7-17: Práh impulzního šumu UTP kabelu při rušení 4 kB	57

SEZNAM TABULEK

Tabulka 7-1: Minimální hodnoty NEXT	37
Tabulka 7-2: Minimální hodnoty PS NEXT	37
Tabulka 7-3: Minimální hodnoty ACR-N	39
Tabulka 7-4: Minimální hodnoty PSACR-N	39
Tabulka 7-5: Minimální hodnoty ACR-F	40
Tabulka 7-6: Minimální hodnoty PSACR-F	41
Tabulka 7-7: Minimální hodnoty RL	41
Tabulka 7-8: Maximální vložný útlum	41
Tabulka 7-9: Parametry kabelu UTP bez rušení	44
Tabulka 7-10: Parametry kabelu UTP – rušení 3	44
Tabulka 7-11: Parametry kabelu FTP bez rušení	47
Tabulka 7-12: Parametry kabelu FTP – rušení 3	47
Tabulka 7-13: Parametry kabelu S/FTP bez rušení	49
Tabulka 7-14: Parametry kabelu S/FTP – rušení 3	49
Tabulka 7-15: Přehled nejhorších odchylek od limitu pro jednotlivé parametry ..	53
Tabulka 7-16: Parametry kabelu S/FTP bez rušení	53
Tabulka 7-17: Parametry kabelu S/FTP při rušení impulzy o velikosti 1 kV	53
Tabulka 7-18: Parametry kabelu S/FTP při rušení impulzy o velikosti 4 kV	54
Tabulka 8-1: Výkaz výměr – komponenty	61
Tabulka 8-2: Výkaz výměr – montáž	62
Tabulka 8-3: Výkaz výměr – nastavení a oživení	62
Tabulka 8-4: Celkové shrnutí nákladů pro standardní instalaci	63
Tabulka 9-1: Výkaz výměr – komponenty	67
Tabulka 9-2: Výkaz výměr – montáž	68
Tabulka 9-3: Celkové shrnutí nákladů pro předkonektorovanou instalaci	68

ÚVOD

V současném světě IT jsou DATOVÁ CENTRA jednou z nejaktuálnějších oblastí. Jsou považována za jednu z nejdůležitějších součástí informačních systémů a právě proto se řada světových výrobců zaměřuje na vývoj a řešení této problematiky. Hlavní požadavky spojené s kabeláží v datových centrech jsou rozepsány v úvodní kapitole.

Struktura datového centra vychází z modelu TIA-942. Typické prostory nacházející se v datovém centru obecně zahrnují vstupní místnost, hlavní distribuční oblast MDA, horizontální distribuční oblast HDA, zónu distribuční oblasti ZDA a zařízení distribuční oblasti EDA. Podrobný popis těchto zón nalezneme ve druhé kapitole.

Další kapitola se zabývá horizontální a pátevní kabeláží. V datových centrech využíváme metalické i optické kabeláže, které jsou dostupné v mnoha řešeních. Horizontální kabeláž je část kabelového systému, která sahá od mechanického zakončení v EDA až po HDA. Na pátevní kabeláž jsou kladeny vysoké nároky na kvalitu a spolehlivost. Její funkcí je zajistit spojení mezi hlavním distribučním bodem MDA, horizontálním bodem HDA a tzv. vstupní místností, která je napojena na síť WAN.

Obsahem dalších dvou kapitol je rozbor nejčastěji používaných optických a metalických kabelů a následných kabelážních systémů.

Krátce se také zmíníme o tieringu, který je klíčovým parametrem posuzovaným při návrhu řešení libovolného datového centra. Můžeme říct, že jde o dostupnost všech provozovaných technologií a aplikací v datových centrech DC.

Hlavní náplň této práce, měření parametrů metalických kabelů při působícím rušení a návrh strukturovaného kabelážního systému pro dva typy instalace, jsou popsány v závěrečných kapitolách.

Měření probíhalo v rozvodně el. proudu s trafostanicí 630 kVA a v laboratoři elektromagnetické kompatibility, kde pomocí generátoru rušivých impulzů a kapacitní kleštiny byly měřeny jednotlivé parametry při rušivých impulzech. Testovány byly nejčastěji používané kabely v datových sítích a DC, konkrétně UTP, FTP a S/FTP.

Návrhy jsou realizované pro standardní instalaci a pro předkonektorovaný systém. Obsahují výkresy s návrhem požadovaného datového centra se 40 rozvaděči, osazení jednotlivých RACKů, výsledný stav kabeláže, výkaz výměr a vyhodnocení CAPEX nákladů.

1 DATOVÉ CENTRUM

V současné době ve světě IT se datová centra považují za jednu z nejdůležitějších součástí informačních systémů a řada světových výrobců se zaměřuje na vývoj nových řešení. Datové centrum soustřeďuje mnoho různých zařízení, např. servery, switche, routery, disková pole atd., na jedno místo pro poskytování různorodých IT služeb. Díky koncentraci všech služeb na jedno místo je tedy nutná vysoká spolehlivost a dostupnost. Není-li tomu tak, může dojít k vážným obchodním výpadkům, které jsou poté spojeny s obrovskými náklady. Z těchto důvodů je velmi důležitý centrální datový kabelový systém. Požadavky se soustřeďují na přenos vysokými rychlostmi a na dlouhodobé a kvalitní propojení jednotlivých částí datacenter. Mezinárodní standard vyčlenil pro toto kabelážní řešení samostatnou normu označující se EN 50173-5 Datová centra.[6]

1.1 Hlavní požadavky spojené s kabeláží

- **Vysoká kvalita a spolehlivost**

V případě strukturovaných kabelážních systémů pro LAN sítě hraje kvalita kabelážních řešení důležitou roli pro celkovou spolehlivost datových center. Pouze kvalitní řešení jsou základem minimálních výpadků a prostojů.

- **Služby podporovány vysokým výkonem**

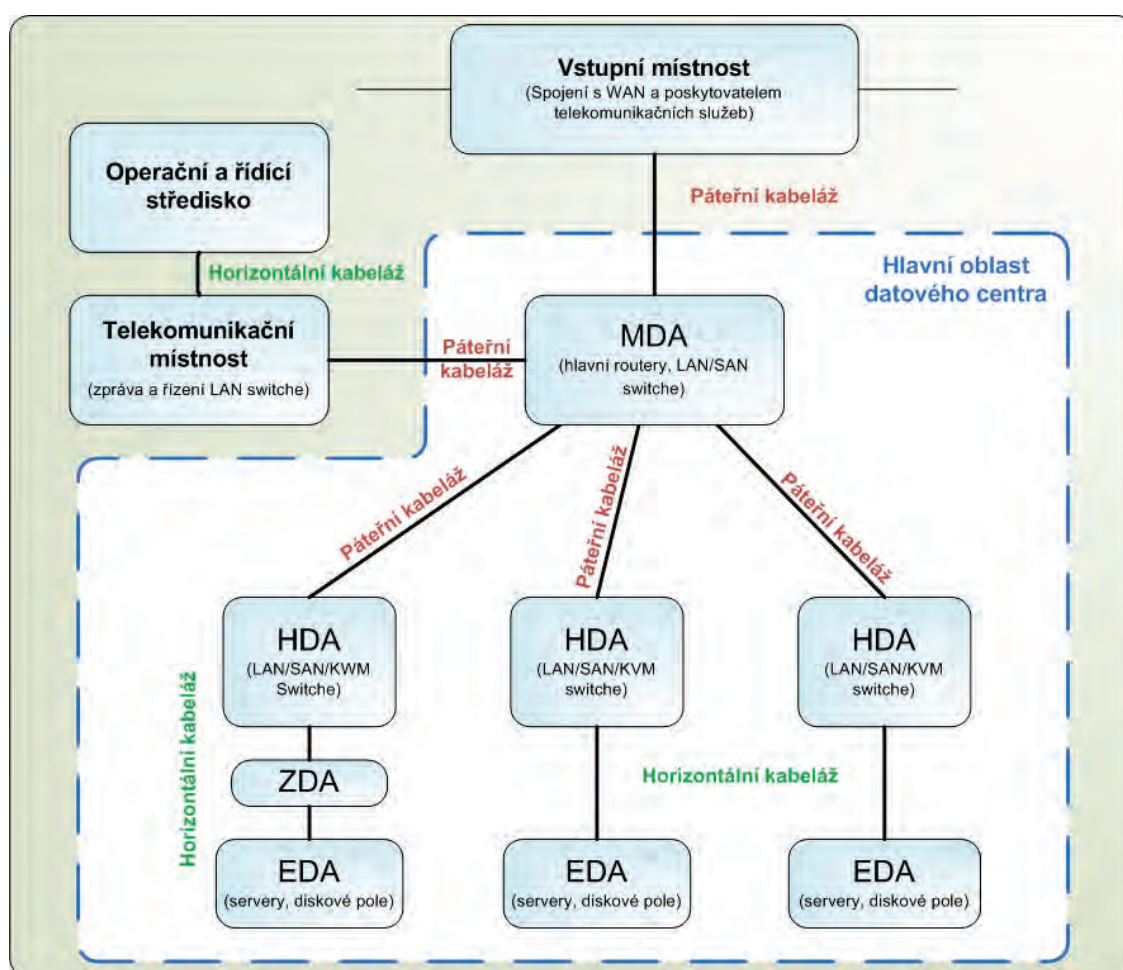
Datová centra musí sloužit všem druhům služeb. Tím pádem potřebují i podporovanou kabelážní infrastrukturu. Je nutné splňovat požadavky aplikací používaných v současné době, ale také těch, které přijdou v budoucnu.

- **Čas potřebný při stěhování a změnách**

Čas potřebný k zapojení serverů a zařízení pro ukládání dat je důležitým faktorem při vzniku datových center. S tím jsou spojené i pozdější požadavky při stěhování a změnách aktivních zařízení. Čas pro tyto operace musí být co nejkratší a musí dojít k co nejkratšímu výpadku poskytovaných služeb.

2 STRUKTURA DATACENTRA

Datové centrum musí splňovat velmi přísné normy z hlediska integrity a funkčnosti výpočetní techniky, která je v něm umístěna. Důležitost datových center je potvrzena existencí mezinárodní normy TIA-942 stanovující požadavky na jejich návrh a konstrukci. Proto se při návrhu struktury datového centra vychází z modelu TIA-942. (Obr. 2-1)[13]



Obr. 2-1: Model DC dle TIA-942

Datové centrum vyžaduje prostor vyhrazený na podporu telekomunikační infrastruktury. Telekomunikačním prostorům musí být věnována podpora telekomunikačních kabelů a vybavení. Typické prostory nacházející se v datovém centru, obecně zahrnují vstupní místnost, hlavní distribuční oblast MDA, horizontální distribuční oblast HDA, zónu distribuční oblasti ZDA a zařízení distribuční oblasti EDA.

V závislosti na velikosti datového centra nemohou všechny tyto prostory být použity v rámci jedné struktury. Tyto prostory by měly být plánovány, aby při růstu a přechodu na vyvíjející se technologie byly změny do infrastruktury co nejmenší.

2.1 Hlavní prvky datového centra

Do datového centra telekomunikačních prostorů je zahrnuta vstupní místnost, hlavní distribuční oblast MDA, horizontální distribuční oblast HDA, zóna distribuční oblasti ZDA a zařízení distribuční oblasti EDA.

Vstupní místnost je prostor využitý pro rozhraní mezi datovým centrem strukturované kabeláže a vnějším světem. Slouží k přístupu poskytovatele telekomunikačních služeb a samotného zákazníka. Neslouží jen k přívodu tel. služeb, ale i ke sledování hardwaru. Datová centra mohou mít více vstupních místností z důvodu možnosti více poskytovatelů tel. služeb, vytvoření rezervních linek a tímto způsobem se lze vyhnout i překročení maximální délky použitých kabelů. Vstupní místnost může být v blízkosti nebo v kombinaci s hlavní distribuční oblastí. [15]

2.1.1 MDA – Main Distribution Area

Hlavní distribuční oblast MDA je centrální místo, kde se nachází hlavní bod strukturované kabeláže v datovém centru, tzv. „Main Cross-Connect“, v překladu jako centrální bod, hlavní rozvaděč. Datové centrum musí mít alespoň jednu hlavní distribuční oblast. Jádra směrovačů a prepínačů pro centrum datových sítí jsou přímo v MDA nebo se nachází v blízkosti hlavní distribuční oblasti. MDA by měla být umístěna ve středu datacentra, aby se zabránilo překročení maximální vzdálenosti mezi podporovanými zařízeními. Zároveň nesmíme překročit délku kabeláže ze vstupní místnosti. MDA zastřešuje také spojení s WAN a s poskytovatelem telekomunikačních služeb přes vstupní místnost. Je zde vyžadována pevná a stabilní infrastruktura a vysoce výkonová kabeláž. [17]

2.1.2 HDA – Horizontal Distribution Area

Horizontální distribuční oblast je prostor, ve kterém se zakončuje kabeláž z EDA. Jedná se tedy o distribuční bod kabeláže pro přístrojovou oblast. Právě proto se zde většinou instalují LAN, SAN a KVM switche, které podporují koncová zařízení. HDA je připojena k hlavnímu rozvaděči pomocí výkonných datových kabelů kategorie 6A a vyšší a pomocí multivídrových optických kabelů OM3, OM3+. Uzly HDA jsou umístěny do samotných center konektivity, případně jsou distribuovány do prvních rozvaděčů řad EDA. HDA může také sloužit k rozdělení oblastí ve více patrových datových centrech či datových místnostech. V každém patře by pak měl být instalován minimálně jeden HDA rozvaděč. Maximální počet kabelových připojení z HDA do EDA je omezen kapacitou HDA rozvaděče a kabelového žlabu. Tyto oblasti by měly být umístěny v zabezpečených prostorech. [15] [17]

2.1.3 ZDA – Zone Distribution Area

Můžeme jej nazvat jako konsolidační bod spojující mezi sebou uzly HDA a EDA. Tohoto bodu se využívá hlavně při realizaci velkých datových center, která jsou rozdělena do jednotlivých uliček. Aby se z každého serveru nemusely tahat jednotlivé kabely do HDA, jsou jednotlivé servery a různá síťová zařízení připojeny nejdříve do ZDA a odtud pomocí moderních kabelových systémů vedeny společně do HDA. [17]

2.1.4 EDA – Equipment Distribution Area

Oblast zařízení je poslední část datového centra, kde se připojují koncová zařízení, jakými jsou např. servery či disková pole. Koncové zařízení je většinou samostatně stojící nebo umístěné v serverových rozvaděcích. Je zde zakončena horizontální kabeláž z HDA rozvaděčů, na kterou jsou připojena koncová zařízení. Na tyto RACKy jsou vyžadovány největší požadavky ohledně napájení. V EDA jsou hojně využívané propojovací kabely mezi zařízeními tzv. „patch cordy“. Zařízení, která chceme propojit, by měla být umístěna ve stejném RACKu, případně v sousedních stojanech. Délka těchto kabelů by neměla přesáhnout 15 metrů. V menších datových centrech jsou EDA rozvaděče většinou přímo propojeny do HDA. [15] [17]

3 HORIZONTÁLNÍ A PÁTEŘNÍ KABELÁŽ

Datová kabeláž v DC je poskytována v mnoha řešeních a od mnoha výrobců. Rozlišujeme dva hlavní druhy kabeláže, horizontální a páteřní kabeláž. V datových centrech používáme fyzicky metalickou a optickou kabeláž. Ta může být vyráběna již v předkonektorovaném řešení nebo může být zakončena přímo v DC pomocí konektování či sváření. V této kapitole bylo čerpáno z normy TIA-942. [15]

Při výběru kabeláže do datového centra musíme pečlivě zvážit následující parametry:

- Flexibilitu s ohledem na podporované služby,
- požadovanou životnost kabelů,
- kapacitu kanálu v rámci kabelového systému,
- doporučení dodavatele zařízení,
- dodržení specifikací.

3.1 Horizontální kabeláž

Horizontální kabeláž je jednou z částí telekomunikačního kabelového systému v DC, která sahá od mechanického zakončení v EDA po horizontální crossconnect v oblasti HDA. Termín „horizontální“ se používá z důvodu vedení kabelů ve vodorovné poloze, buď ve zdvojené podlaze či v kabelovém žlabu nad RACKy.

Horizontální kabeláž zahrnuje horizontální kabely, mechanické ukončení a propojovací kabely nebo propojky. Může také obsahovat zásuvky nebo konsolidační bod v oblasti zóny distribuce ZDA, pokud je tato zóna částí datového centra.

Částečný seznam služeb a systémů, které využívají v DC horizontální kabeláž:

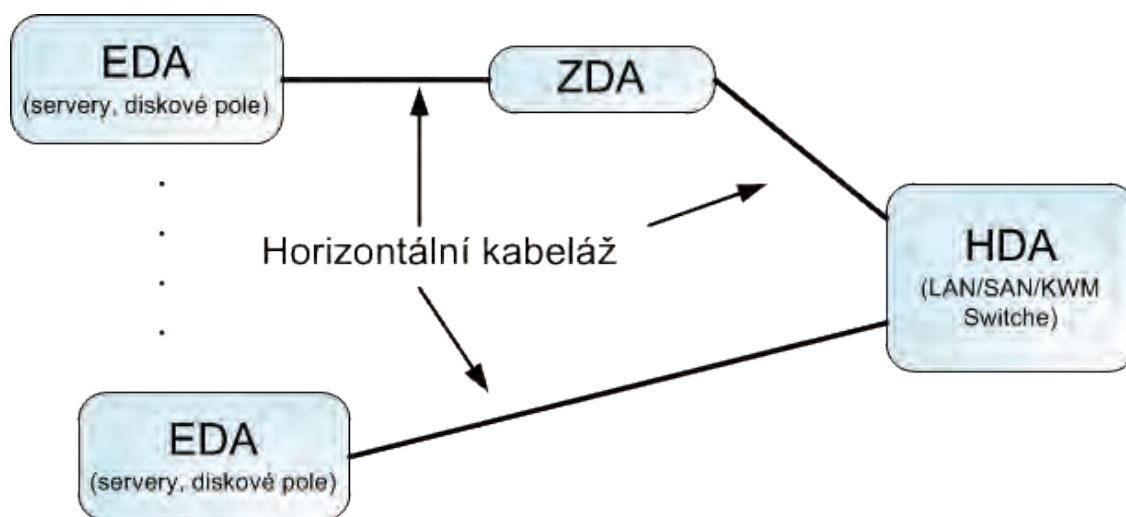
- Přenosy hlasu, dat, faxu a telekomunikačních služeb,
- přepínací zařízení, switche,
- části pro síťový a telekomunikační management a KVM,
- lokální síť LAN,

- SAN (*storage area networks*),
- bezpečnostní systémy (zabezpečovací, protipožární),
- napájecí systémy, HVAC, EMS, apod.

Kromě splnění současných telekomunikačních požadavků a norem by horizontální kabeláž měla odpovídat i nárokům na údržbu a budoucí změnu hardwaru. Proto je nutné co nejvíce minimalizovat změny kabeláže po počáteční instalaci. Ve výjimečných případech můžeme přistupovat ke kabelům přes kabelové lávky či žlaby v podhledech či v dvojité podlaze. Při správném plánování DC by k těmto změnám mělo docházet pouze tehdy, chceme-li přidat nové datové kabely.

3.1.1 Topologie horizontální kabeláže

Horizontální kabely se instalují v topologii hvězda, jak můžeme vidět na Obr. 3-1. Každé mechanické ukončení či ukončení pomocí předkonektorované kabeláže v oblasti EDA musí být napojeno na horizontální crossconnect v HDA. Ve výjimečných případech (převážně při instalaci velmi malých datových center) připojujeme kabeláž přímo do main crossconnect v MDA.



Obr. 3-1: Topologie horizontální kabeláže

3.1.2 Vzdálenosti kabeláže

Vzdálenost horizontální kabeláže určujeme mezi mechanickým ukončením medií v EDA a HDA. Maximální vzdálenost dle normy TIA-942 nesmí přesáhnout 90 metrů bez ohledu na typ média. Vzdálenost celkového kanálu včetně propojovacích kabelů mezi zařízeními stoupá na hodnotu maximálně 100 metrů. Pokud DC neobsahuje oblast ZDA, jsou maximální délky pro optickou kabeláž 300 metrů, pro metalickou 90 metrů.

Ve velkých datových centrech obsahujících zónu ZDA se doporučuje minimální délka měděných kabelů mezi ZDA a HDA 15 metrů s cílem snížit vliv více připojení, konkrétně tedy RETURN LOSS¹ a NEXT².

Strukturované datové kabely používané v zóně ZDA a HDA musí splňovat požadavky dle ANSI/TIA/EIA-568-B.2. Na základě minimalizování vloženého útlumu se určení maximální délky vypočítá dle vzorců:

$$C = \frac{(102-H)}{(1+D)}, \quad (1)$$

$$Z = C - T \leq 22 \text{ m, pro S/FTP AWG24 nebo} \quad (2)$$

$$Z = C - T \leq 17 \text{ m, pro S/FTP AWG26.} \quad (3)$$

Kde:

- C je maximální kombinovaná délka kabelů v metrech, ve které uvažujeme kabeláž zóny ZDA a propojovací patch cordy.
- H značí délku horizontální kabeláže za podmínky ($H + C \leq 100\text{m}$).
- D je faktor, který vychází z průměru vodiče propojovacího kabelu, pro kabel 24AWG S/FTP je $D = 0,2$ a pro 26AWG S/FTP je $D = 0,5$.
- Z je maximální délka v metrech od ZDA.
- T značí celkovou délku kabelů od propojovacích patch cordů.

¹ **RETURN LOSS** – útlum odrazu – míra odražené energie způsobená nehomogenitou impedance (ozvěna signálu)

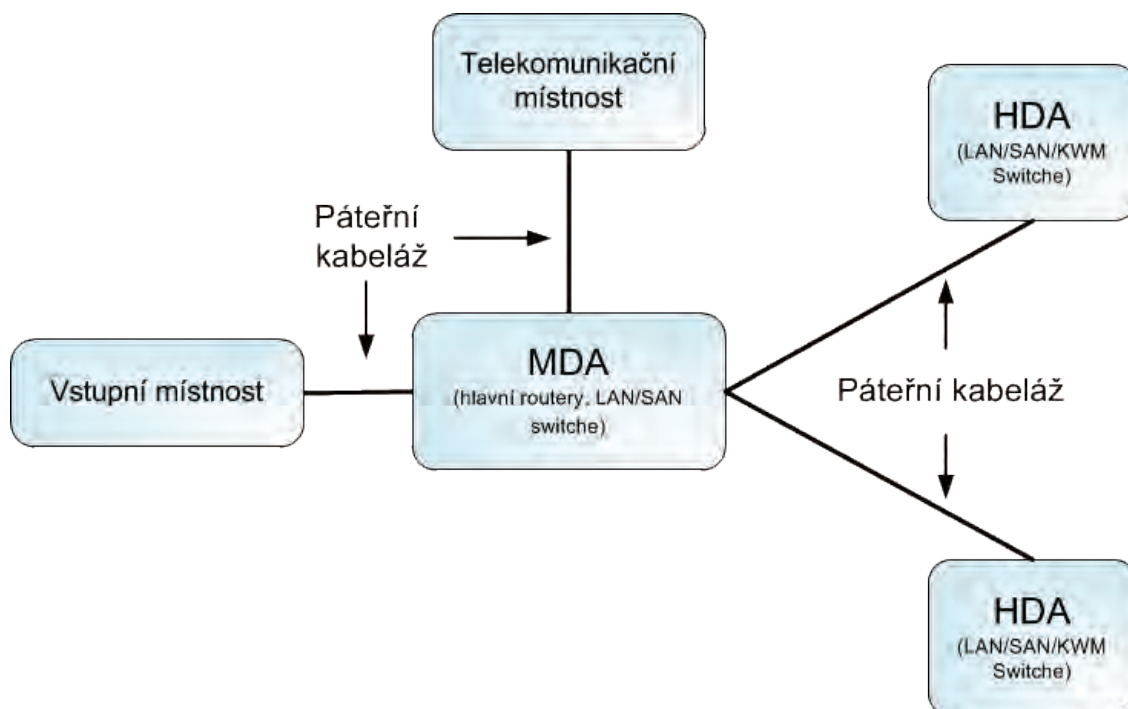
² **NEXT** – přeslech na blízkém konci – množství energie přenesené z jednoho páru do druhého. (rušení mezi páry)

Kabely, spojovací hardware, jumpy, patch cordy, propojovací kabely apod., které lze používat v DC, jsou uvedené v normě ANSI/TIA/EIA-568-B.2 a ANSI/TIA/EIA-568-B.3. Tato norma specifikuje přenosová média, která mohou být použita buď samostatně či v kombinaci s horizontální kabeláží.

3.2 Páteřní kabeláž

Funkcí páteřní kabeláže je zajistit spojení mezi hlavním distribučním bodem MDA, horizontálním bodem HDA a tzv. vstupní místností, která je napojena na síť WAN. Páteřní síť se skládá z páteřních kabelů, hlavního crossconnect, horizontálního crossconnect, mechanického zakončení a propojovacích páteřních kabelů.

Páteřní kabeláž by měla plně sloužit potřebám datového centra, proto je její plánování rozděleno na několik fází. V průběhu každého plánovacího období by se měla páteřní kabeláž přizpůsobit růstu a změnám požadavků na služby bez nutnosti instalace dalších datových kabelů. Délka toho období záleží na designové logistice, konkrétně tedy na nákupu materiálu, dopravě, montáži a kontrole funkčnosti.



Obr. 3-2: Topologie páteřní kabeláže

Pátevní kabeláž musí umožňovat možnost překonfigurování sítě a její budoucí růst bez zásahu do kabeláže. Měla by také podporovat různé způsoby připojení, jak fyzické, tak síťové. Např. LAN, WAN, SAN, dohledové kanály a připojení různých typů zařízení.

3.2.1 Topologie páteřní kabeláže

Pro páteřní kabeláž (Obr. 3-2), obdobně jako pro horizontální kabeláž, volíme hierarchickou topologii hvězda³, kde každý horizontální crossconnect v HDA je přímo napojen do hlavního crossconnect v MDA. Horizontální crossconnect však není v datovém centru povinnou položkou. Když tento přístupový bod nepoužijeme, je kabeláž z MC (*Main Cross-connect*) přímo vedena až do oblasti zařízení EDA. Této metody se využívá velmi zřídka, např. při přívodu přímé páteřní linky do určitého zařízení. Páteřní crossconnect se umísťuje buď v telekomunikační místnosti, MDA, HDA nebo ve vstupní místnosti. Tento bod se většinou umísťuje v zóně MDA.

3.2.2 Podporovaná přenosová média

Vzhledem k široké škále služeb používaných v DC se využívá více přenosových médií. V normách ANSI/TIA/EIA-568-B.2 a ANSI/TIA/EIA-568-B.3 jsou specifikována přenosová média, kterými jsou např. páteřní kabely, jumpry, propojovací kabely apod.

Příklady uznávaných médií:

- 100 ohmová kroucená dvojlinka cat.6 dle ANSI/TIA/EIA-568-B.2-1,
- vícevidové optické kabely 62,5/125 a 50/125 dle ANSI/TIA/EIA-568-B.3,
- vícevidové optické vlákno optimalizované pro laser 850 nm dle doporučení,
- ANSI/TIA-568-B 0,3-1,
- jednovidové optické kabely ANSI/TIA/EIA-568-B.3,
- koaxiální kabely 75 ohmů typu 734 a 735,
- a další.

³ S využitím vhodných zařízení a propojení může být struktura páteřní kabeláže zapojena i v jiných topologiích než hvězda. Např. kruh, sběrnice či strom.

3.2.3 Vzdálenosti kabeláže

Pro minimalizaci délky kabeláže umístíme hlavní crossconnect co nejblíže do středu DC. Délka kabelů kategorie 5e a 6 sto ohmové páteřní kabeláže by měla být omezena na 90 metrů. K délce 90 metrů můžeme přidat dalších 5 metrů na každé straně na propojovací kabely a na kabely k připojení do páteřní sítě. V DC se však používají propojovací kabely, které jsou delší než 5 metrů. Proto u těchto kabeláží musí být maximální délka 90 metrů zkrácena, aby celková délka nebyla překročena.

4 DATACENTRUM TIERING

Je klíčovým parametrem, který je posuzován při návrhu řešení libovolného datového centra. Můžeme říct, že jde o dostupnost všech provozovaných technologií a aplikací v DC. Dělí se na čtyři úrovně dostupnosti na tzv. Tier Level 1 až 4. Hodnoty dostupnosti byly definovány institutem Uptime ve standardu „Industry Standard Tier Classifications Define Site Infrastructure Performance“. Hodnoty dostupnosti technologie se udávají v procentech za rok. Obecně platí, čím větší Tier Level, tím vyšší dostupnost. V této kapitole je čerpáno z normy TIA-942. [15]

4.1 Tier I. level

Tier I pro datová centra je náchylný k výpadkům, jak plánovaných, tak neplánovaných. Má jednoduché „non-redundant“ připojení a propojení. To znamená, že má pouze jedinou cestu připojení pro napájení, klimatizaci a neobsahuje žádné zdvojené komponenty. Klimatizace, UPS a generátory jsou v systému pouze jednou a tedy při poruše jakéhokoli z nich může dojít k výpadku DC. Stejně tak při vzniku chyby nebo selhání místní infrastruktury může mít za následek výpadek DC.

4.2 Tier II. level

Datová centra odpovídající Tier II jsou méně náchylná k poruchám, jak plánovaným, tak neplánovaným, než základní level Tier I. Ve standardu Tier II jsou již zahrnuty redundantní komponenty, ale pouze s jednou cestou. Není zde možnost provádět servis za provozu u všech částí systému. Doba chodu IT infrastruktury je v případě výpadku napájení ze sítě omezena součtem kapacit baterií u systémů UPS.

4.3 Tier III. level

Tier III má oproti předešlým parametrům již duální napájení provozovaných komponentů, avšak pouze jedna cesta je aktivní. Vzhledem k tomu, že redundantní komponenty nejsou na jedné cestě, je systém možný údržby bez omezení či přerušení provozu. Mezi jednotlivými komponenty musí být vysoká vzájemná kompatibilita. Selhání určitých komponentů může mít za následek krátký výpadek datového centra. Tato datová centra by měla být v provozu nepřetržitě 24 hodin denně.

4.4 Tier IV. level

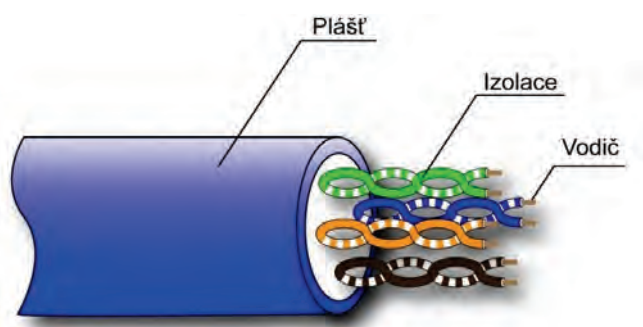
Veškeré technologické prostředky podílející se na provozu musí být zálohovány nezávislým napájením (klimatizace, ventilace, topení apod.). Nechybí zde samozřejmě ani duální napájení provozovaných komponentů a duální, někdy i vícenásobné připojení a propojení provozovaných komponentů. Všechny komponenty, počítače a telekomunikační zařízení by měly mít více napájecích vstupů. Při výpadku jednoho vstupu by zařízení měla bez problému fungovat. Zařízení, které nemá více vstupů, musí být realizováno pomocí automatického přepínače. Infrastruktura je kompletně odolná proti chybám tzv. „Fault Tolerant“ technologie, která umožňuje provoz systému po výpadku jednoho nebo více komponentů. Při správném provedení by DC nemělo obsahovat žádné kritické místo SPOF (*single point of failure*). Tato datová centra mají nepřetržitý provoz 24 hodin denně po celý rok.

5 KABELÁŽ V DATOVÝCH CENTRECH

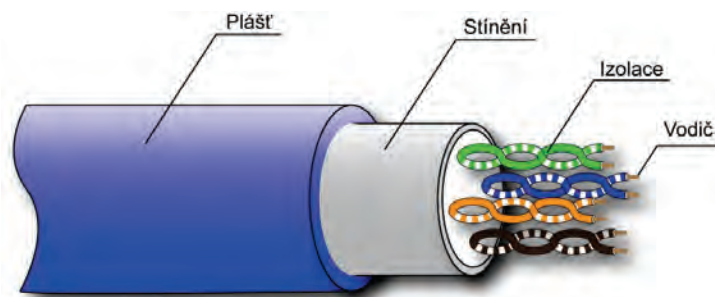
Fyzicky pro horizontální a páteřní kabeláž využíváme optické kabely OM3, OM3+ a do budoucna i OM4 nebo stíněnou metalickou kabeláž PiMF plně podporující 10 Gigabit aplikace.

5.1 Metalická kabeláž

Při návrhu datových center volíme metalickou kabeláž na bázi kroucené dvojlinky. Dříve se používaly kabely označované UTP (*Unshielded Twisted Pair*), tedy nestíněný kabel ve formě kroucené dvojlinky a kabely FTP (*Foiled Twisted Pair*), folií stíněný kabel. UTP kabely jsou nejvíce rozšířené v počítačových sítích, ale také se využívají pro zabezpečovací služby. V datových centrech se už téměř neobjevují. Výhody těchto kabelů spočívají v malém průměru, snadné manipulaci a také v nižší ceně. Hlavní nevýhodou v současné době je náchylnost k elektromagnetickému rušení. Proto většina firem zabývajících se montáží DC začala používat kabely označované jako PiMF. Rozhraním metalických kabeláží jsou konektory RJ-45, GG-45 a TERA. Pro více párové propojení a dvojitou reprezentaci využíváme konektory MRJ-21 se sdruženými kabely.[16]



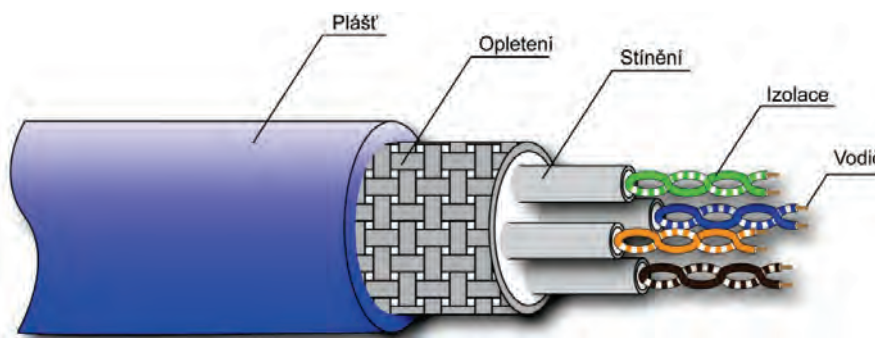
Obr. 5-1: U/UTP kabel



Obr. 5-2: F/UTP kabel

5.1.1 PiMF

Kabely PiMF (*Pair in Metal Folio*) označované také jako S/FTP (*Screened Foiled Twisted Pair*). Tyto kabely jsou v dnešní době nejvíce využívány při návrhu datového centra. Jedná se o kabel, kdy jsou jednotlivé páry stíněny fólií a pak i všechny páry dohromady jsou stíněny opředanou síťkou (Obr. 5-3).



Obr. 5-3: PiMF kabel

Tento kabel je určen pro kabeláže kategorie 6A (třída E_A) a vyšší. Nejnovější technologie využívající PiMF dosahují frekvenční pásma až 2000 MHz. Kabely umožňují provoz všech aktuálních i připravovaných verzí Ethernetu včetně 10 gigabitového. Odolnost proti rušení je neodmyslitelně hlavní výhodou. Vnější průměr kabelu přesahující 8 mm komplikuje manipulaci při instalaci v datových centrech, toto můžeme společně s vyšší cenou zahrnout do nevýhod. [6]

5.1.2 Kategorie metalické kabeláže používané v DC

- **Category 6**

Category 6 vznikla po Category 5e, která nedokázala splňovat požadavky nově vznikajících sítí. Cat. 5e má šířku pásma 100 MHz, což v dnešní době řadí Cat. 5e mezi nejpoužívanější kabeláž v LAN sítích, ale podporuje přenosy pouze do rychlosti 1 Gb/s. Tato rychlost se v současnosti pro datová centra ukázala jako nedostačující.

Cat. 6 vznikla v roce 2002 a plně splňuje požadavky gigabitového Ethernetu. Pracuje s více než dvojnásobnou šířkou přenosového pásma a to 250 MHz. Co se týče podpory protokolu 10 GBase-T, tedy deseti gigabitového Ethernetu, nejsou výsledky tak jasné. Dle organizace TIA pro 1000 Base-T dosahují kabeláže vzdálenosti min 100 metrů bez omezení kvality přenosu, pro 10 GBase-T jsou dosažitelné vzdálenosti pouze okolo 55 metrů. Tento problém se přisuzuje počátečnímu testování kabeláže do 250 MHz, ale provoz po desetigigabitovém Ethernetu vyžaduje testování na šířce pásma 500 MHz. Dalším závažným problémem je výskyt tzv. cizích přeslechů ANEXT⁴ a AFEXT⁵, tedy přeslechy pocházející z prostředí mimo kabel. Z těchto důvodů přichází TIA s předpisem TSB-155, který podporuje 10 GBase-T pro vzdálenosti do 55 metrů. Tato délka je garantovaná, při správné instalaci se můžeme blížit k hodnotám 80 až 100 metrů. [16]

- **Category 6a**

Jde o rozšíření Category 6, nazývané také třídou EA. Plně podporuje kabeláž a konektory. Testování je realizováno pro šířku pásma 250 MHz a 500 MHz. Zvýšení šířky pásma na dvojnásobek má za následek zvýšení datové propustnosti. V desátém dodatku ke standardu TIA-568-B2 se také objevila specifikace nových parametrů, např. výše zmíněných přeslechů. Cizí přeslechy pocházejí z prostředí mimo kabel, a jelikož je většina kabelů Cat. 6 nestíněna, jsou tyto kabely chráněny pouze kroucením vodičů uvnitř kabelu. V Cat. 6a mohou být kabely již plně stíněny. Pro snížení přeslechů se doporučuje, aby jednotlivé kabely nebyly příliš u sebe, což v datovém centru s obrovskou koncentrací kabelů není takřka možné. Všechny komponenty a kabely Cat. 6a jsou zpětně kompatibilní s předcházejícími standardy. [16]

⁴ ANEXT – přeslech na blízkém konci pocházející z prostředí mimo kabel

⁵ AFEXT – přeslech na vzdáleném konci pocházející z prostředí mimo kabel

- **Category 7**

Kabeláž kategorie 7, druhým názvem třída F, nabízí zcela nové rozpětí podporovaných služeb a výkonu, což do této doby nedokázala žádná jiná kabeláž. Mezi tyto služby patří podpora více technologií na jednom kabelu, jako jsou například hlas, data, více datových linek, kabelová televize či přenos videa. Tato kabeláž již plně podporuje deseti gigabitový Ethernet na vzdálenosti do 100 metrů. U této kategorie nastal problém s použitím stávajících konektorů typu RJ. Již u předchozích kategorií tyto konektory značně omezovaly výkon, čemuž se také přisuzuje omezení vzdálenosti do 100 metrů. V Cat. 7 již norma povoluje více typů konektorů, jedním z nich je speciálně upravený stíněný konektor RJ, který je i zpětně kompatibilní s Cat. 6a a nižší. Tyto konektory jsou označovány pod názvem GG45 (*GigaGate 45*). Tyto konektory jsou plně stíněny a k osmi kontaktům jsou přidány ještě 4 nové. Když do konektoru připojíme druhý konektor Cat 6a a nižší, aktivuje se pouze 8 kontaktů. V případě propojení dle Cat 7 jsou aktivovány všechny kontakty a komunikace probíhá přes Cat 7. Druhým typem konektorů jsou konektory TERA od firmy Siemon Company. V tomto konektoru jsou všechny páry stíněny zvlášť. Právě stínění párů po celé délce kabelu, včetně konektorů, nám dovolu je mít v jednom kabelu data, hlasové služby či kabelovou televizi zároveň. Většina z těchto konektorů podporuje přenosovou šířku pásma 1200 MHz, některé dokonce 1500 MHz. Tyto konektory již nejsou kompatibilní s předchozími kategoriemi. Všechny kabely a konektory Cat 7 jsou testovány pro přenosovou šířku pásma 600 MHz. Oproti kabeláži Cat 6a jsou méně náchylné na cizí přeslechy díky většímu stínění konektorů. Kabeláž tvoří plně stíněné kabely S/FTP. [16]

- **Category 7a**

Kabeláž kategorie 7a se od kabeláže Cat. 7 takřka neliší. Jediným požadavkem je přenosová šířka pásma 1000 MHz, což většina kabelů Cat 7 již podporuje. Na této kabeláži již také funguje kabelová televize CATV na frekvenci 862 MHz. Tu do současné doby podporovaly pouze koaxiální kabely. Komponenty této kategorie zvládají 40 Gb Ethernet na vzdálenosti až 50 metrů. Primárně je však určena pro deseti gigabitové přenosy na plné vzdálenosti 100 metrů. Schválení této normy proběhlo v roce 2010 změnou normy Cat. 7 pod názvem ISO/IEC 11801:2002/Amd 2:2010. Díky neú-

plně kompatibilním konektorům nejsou Cat. 7 a Cat. 7a uznávané normami TIA/EIA-568. [16]

5.2 Optická kabeláž

Hlavními výhodami optických kabelů je požadovaná šířka pásma, odolnost vůči elektromagnetickému rušení, zvýšená bezpečnost proti odposlechům, nižší energetická náročnost a v neposlední řadě v současnosti tolik diskutovaná ekologičtější výroba. Optická vlákna rozdělujeme do dvou hlavních odvětví, a to do Multimode (multividových vláken) a Singlemode (jednovidová vlákna).

5.2.1 Multimode vlákna

Vícevidové optické vlákno označované MM (*MultiMode*) je nejčastěji používané vlákno pro kratší vzdálenosti. Rychlosti přenosu dosahují od 10 Mb/s do 10 Gb/s, u novějších standardů se počítá s rychlostmi 40 Gb/s a 100 Gb/s. Vzdálenosti se pohybují v maximálních délkách kolem 600 metrů.[3]

Vícevidová vlákna jsou označována podle průměru jádra a pláště, ale také pomocí určeného standardu ISO 11801 – OM1, OM2, atd. Tedy optické vlákno značené jako 62,5/125 má průměr jádra 62,5 μm a průměr pláště 125 μm . Dříve se hojně používala vlákna 62,5/125 μm označovaná také jako OM1 a vlákna 50/125 μm (OM2). Jsou využívána hlavně pro přenos od 10 Mbit Ethernetu do Gigabit Ethernetu s využitím LED diodových vysílačů. Díky požadavku na zvyšování přenosových rychlostí byla vyvinuta vlákna označovaná jako OM3 a nově připravované vlákno OM4.[10]

• OM3

Přechod na vícevidové vlákno OM3 (*On Multimode*) nastal při požadavku na vyšší přenosové rychlosti. Průměr jádra a pláště je stejný jako u předešlého standardu OM2 a to 50/125 μm . Bývá také označován jako LaserWave 300, kde 300 značí maximální délku vlákna v metrech pro 10 Gbit Ethernet. Pro gigabit Ethernet se maximální délka pohybuje okolo 550 metrů. Vícevidové vlákno je navrženo pro použití s VCSEL lasery. VCSEL pracují na vlnové délce 850 nm a jsou schopny dosáhnout modulační rychlosti převyšující 10 Gb/s, a proto se používají v mnoha sítích s vysokými rychlostmi. OM3 je optimalizováno pro 50 μm vlákno s 2000 MHz-km efektivní modální šířkou pásma EMB (*Effective Modal Bandwidth*) a vyrobeno pro 10 Gbit přenosy. EMB

se také někdy nazývá jako laserová šířka pásma. V dnešní době je nejpoužívanějším vláknem v datových centrech.[3]

- **OM4**

Nejnovější připravovaný standard se nazývá OM4. Je to laser optimalizované vlákno s rozšířenou šířkou pásma, EMB je rovno 4700 MHz – km. Stejně jako OM3 využívá 850 nm VCSEL lasery, které jsou relativně levným řešením pro vyšší přenosové rychlosti. 850 nm je jediná specifikovaná vlnová délka.[6] Vláknem je primárně určeno pro 40 Gbit a 100 Gbit přenosy, převážně je plánováno právě pro datová centra a vysoce výkonné výpočetní aplikace.[3]

5.2.2 Singlemode vlákna

O jednovidovém optickém vlákně SM (*Single Mode*) se zmíním jen obecně, protože toto vlákno se v datových centrech používá hlavně k dálkovým spojům a propojením s jinými celky DC. Jedná se zejména o pevně a dlouhodobě instalované kabely, kde není vyžadována flexibilita konektivity. SM přenáší pouze jediný vid, nejběžnější typy mají průměr jádra od 8 do 10 μm a 125 μm průměr pláště. Tato vlákna dosahují nejvyšších přenosových rychlostí a velkých vzdáleností, řádově až desítky km. Pro své buzení vyžadují laserové diody. V datových centrech se používají v omezené míře, protože jsou určena na delší trasy v řádu kilometrů, a ne na trasy maximálně stovky metrů. [2]

6 KABELÁŽNÍ SYSTÉMY

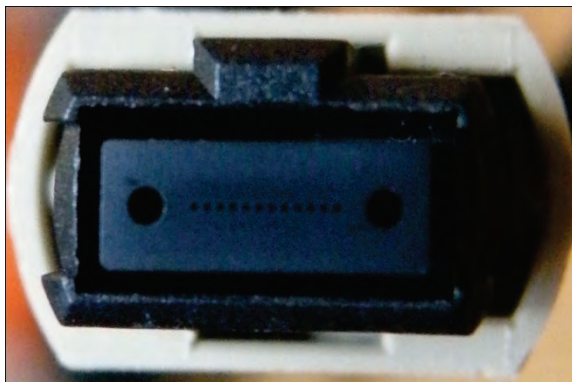
Kabelážní systémy jsou dalším z velmi důležitých prvků v datových centrech. Dokud tyto systémy neexistovaly, bylo třeba velké množství jednotlivých kabelů. To způsobovalo velkou nepřehlednost a nesystematičnost. Dalším důvodem vzniku kabelážních systémů byly nároky kladené na čas instalace. Pro zakončení optických vláken se obecně používají metody lepení, popř. krimpování optických konektorů nebo navaření předkonektorovaných pig-tailů. Toto řešení má jednu hlavní nevýhodu, a to čas instalace. Výkonný technik je schopen za den svařit kolem 60 až 80 vláken. Při budování velkých datových center, kde jsou např. tisíce vláken, by instalace trvala týdny. Tyto metody nejsou proto v DC z časových a technických důvodů prakticky použitelné. Z tohoto důvodu byly vyvinuty technologie předkonektorovaných optických kabelů, tedy hotových optických linek konkrétní vzdálenosti.

Mezi průkopníky těchto systémů patří produkty OSI Rosenberger s předkonektorovanými kabely osazenými konektory SC, LC, apod. Tyto kabely jsou vybaveny instalačními punčoškami, pomocí kterých se kabel nainstaluje do DC a následně se jednotlivé konektory zapojí v optické vaně do barelspojek a vznikne tak plnohodnotný optický propoj. Nevýhodou tohoto řešení je mechanická neodolnost jednotlivých vláken. Právě proto byly vyvinuty kabelážní systémy s vícevláknovými konektory MTP/MPO, které tuto nevýhodu značně eliminují a také několikanásobně zrychlují instalaci.

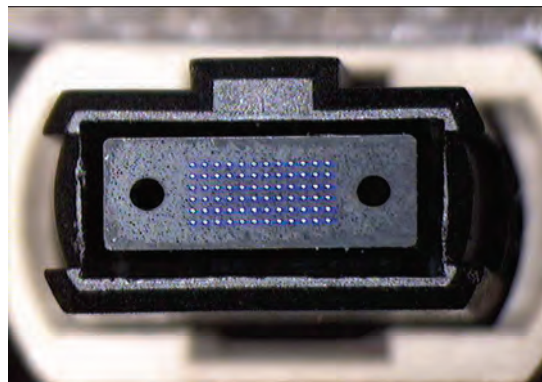
Výhody jsou značné v čase budování, přehlednosti, jednoduchosti, ale také v přenosových vlastnostech, protože systémy jsou ve výrobě testovány a jsou stoprocentně funkční.

6.1 MPO

MPO (*Multifiber Pull Off*) řešení bylo speciálně vyvinuto pro optické kabely, jak pro singlemode, tak pro multimode. Systém je volitelný se všemi standardními vlákny, pro multimode to jsou vlákna OM2, OM3, OM4 a pro singlemode OS1, OS2. Základní komponenty systému jsou základem pro rychlou instalaci, rozmístění a flexibilitu. Předkonektorované trunk kabely, univerzální kazety a příslušenství jsou základní komponenty pro kompletní kabelážní systém. Trunk kabely jsou již z výroby předkonektorované s vysokohustotními konektory MPO a jsou stoprocentně testovány před dodáním. Kabely jsou dlouhé od 10 do 300 metrů a jsou dodávány s ochranou pro zatahování. MPO konektor spojuje standardně 12 optických vláken v jednom konektoru (Obr. 6-2), ale k dispozici jsou i konektory MPO spojující až 72 optických vláken (Obr.



Obr. 6-2: MPO konektor – 12 vláken



Obr. 6-1: MPO konektor – 72 vláken

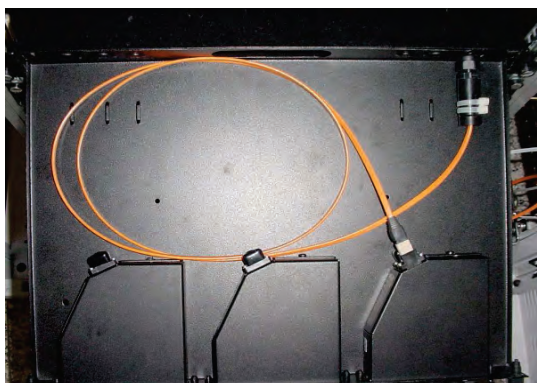
6-1)[17]. Design MPO vychází z konektoru MTP (*Mechanical Transfer Pull Off*). Velikost konektoru je na počet vláken velmi malá, ve srovnání jsou podobné rozměry jako u konektoru SC, který spojuje pouze jedno vlákno. MPO optické kazety (Obr. 6-3) jsou



Obr. 6-3: MPO kazeta

dostupné za účelem přechodu na jiné standardní konektory, jako jsou například SC, LC, MT-RJ.

Jsou v provedení jak pro singlemode, tak pro multimode, a to až do 10 Gigabit aplikací v přímých i křížených verzích. Patch panely jsou buď prázdné 1U panely standardně pro 3 MPO kazety (Obr. 6-4) nebo pevné MPO panely se zadním kabelovým managementem.[1][13]



Obr. 6-4: Patch panel pro MPO kazety

6.2 MRJ-21

Systém MRJ-21 (*Modular Registered Jack 21*) je řešení pro metalickou kabeláž a stejně jako MPO byl speciálně vyvinut pro datová centra a SAN prostředí. Konektor MRJ-21 je optimalizovaný pro vysokorychlostní přenosy dat, jako je například Gigabit Ethernet. MRJ-21 kabely, kazety, panely jsou základní součásti této modulární propojitelnosti konceptů. Všechny součásti jsou továrně testované a ukončené. Propojovací patch panely a jednotlivé Snap-in moduly poskytují přenosy až 6-ti Gigabit Ethernetů nebo 12-ti Fast Ethernetů, pomocí jednoho kabelu s konektorem MRJ-21. Gigabit Ethernet využívá pro přenos 4 páry, na rozdíl od Fast Ethernetu, který využívá pouze 2 páry. Největší hustota v jednom 1U panelu je až 48 portů RJ-45 pro Gigabit Ethernet, které jsou propojeny s 8 MRJ-21 konektory v zadní části. Všechny MRJ-21 propojovací panely jsou vysokohustotní s konektory RJ-45 zepředu a MRJ-21 konektory zezadu. Panely o velikosti 1U jsou k dispozici jak v přímém (Obr. 6-5)[13], tak v úhlovém provedení (Obr. 6-6) [13] a pro 24 nebo 48 portů. Úhlové panely jsou vytvořeny hlavně pro zjednodušení kabelového managementu. Snap-in kazety jsou 6 nebo 12 portové (Obr. 6-7)[13] a můžeme je vkládat také do 1U panelu (Obr. 6-8) [13], maximálně však 3.[1][13]



Obr. 6-5: Přímý 1U patch panel



Obr. 6-6: Úhlový 1U patch panel



Obr. 6-7: Snap-in kazeta



Obr. 6-8: Panel na Snap-in kazety

Co se týče propojovacích kabelů, jsou vyráběny jak kabely páteřní (Obr. 6-9) [13], tak kabely větvené do svazků (Obr. 6-10) [13]. Jako páteřní jsou používány kabely MRJ-21 na MRJ-21, mají podle potřeby udělaný kabelový vývod z konektoru. Kabelové vývody se používají přímé označované 180°, kabelový vývod pod úhlem 45° a boční vývod. Další páteřní kabel je s konektory MRJ-21 na RJ-21. Větvené kabelové svazky se vyrábějí pro 1000 Base-T v provedení 6x RJ-45 na MRJ-21 a pro 100 Base-T v provedení 12x RJ-45 na MRJ-21.



Obr. 6-9: MRJ-21 páteřní kabel



Obr. 6-10: MRJ-21 rozvětvený svazek

7 MĚŘENÍ PARAMETRŮ METALICKÝCH KABELŮ PŘI PŮSOBÍCÍM RUŠENÍ

V úvodu kapitoly jsou rozebrány měřené parametry metalických kabelů. Hlavními parametry jsou útlumy přeslechů na blízkém konci NEXT a PS NEXT, odstup přeslechů na blízkém a vzdáleném konci ACR a jejich výkonové součty PS ACR. Důležité jsou také útlumové parametry zpětný odraz a vložný útlum. Poslední dva měřené parametry jsou zpoždění signálu a rozdíl zpoždění signálu mezi páry.

V druhé části kapitoly jsou rozebrány výsledky měření. Testovány byly kabely UTP a FTP kategorie 5e a nejpoužívanější kabel v datových centrech S/FTP kategorie 7. První měření probíhalo v rozvodně elektrického proudu 0,4 kV s trafostanicí 630 kVA ve společnosti BIBUS. Druhá část měření se uskutečnila na ústavu UREL v laboratoři elektromagnetické kompatibility, kde pomocí generátoru rušivých impulzů a kapacitní kleštiny byly měřeny jednotlivé parametry při rušivých impulzech $U_{\max} = 0,5 \text{ kV}, 1 \text{ kV}, 2 \text{ kV}$ a 4 kV . Pomocí generátoru rušivých impulzů a kabelového analyzátoru DTX byl změřen práh impulzního šumu na jednotlivých kabelech při rušení s maximálním napětím 1 kV a 4 kV .

7.1 Parametry metalických kabelů

- **NEXT – Útlum přeslechu na blízkém konci (*Near End Cross Talk*)**

Parametr NEXT udává množství rušivého signálu, který je přenesen z jednoho páru do jiného páru. Měření přeslechu na blízkém konci probíhá na stejném konci kabelu na jakém je umístěn zdroj signálu. K největším přeslechům totiž dochází na začátku kabelu, jelikož vysílací signál vlivem útlumu nestačí zeslábnout. U tohoto parametru měříme všechny kombinace párů v rámci jednoho kabelu tj. 12-36, 12-45, 12-78, 36-45, 36-78, 45-78, a to na obou jeho koncích. [24] V tabulce 7-1 jsou vypsány minimální hodnoty NEXT pro testované kabely dle normy [20] [21].

Tabulka 7-1: Minimální hodnoty NEXT

	Minimální hodnoty NEXT [dB]			
f [MHz]	1	100	250	600
Cat5e	63	30	N/A	N/A
Cat7	65	62,9	56,9	51,2

- **PS NEXT – Výkonový součet NEXT (*Power Sum NEXT*)**

PSNEXT je teoretická hodnota počítaná z již naměřeného parametru NEXT. PSNEXT je důležitý především pro protokoly, které používají k přenosu signálu všechny čtyři páry (v současné době tedy takřka pro všechny). Výkonový součet přeslechu na blízkém konci vyjadřuje kolik rušivého signálu se v rámci jednoho kabelu dostává ze tří párů do zbývajících čtvrtého páru. Zdroj signálu a měření přeslechu probíhá na stejném konci kabelu. [24] Minimální hodnoty PS NEXT v tabulce 7-2 [21].

Tabulka 7-2: Minimální hodnoty PS NEXT

	Minimální hodnoty PS NEXT [dB]			
f [MHz]	1	100	250	600
Cat5e	60,3	27,1	N/A	N/A
Cat7	62	62	56,1	50,6

Možné příčiny nesplnění limitu parametrů NEXT a PSNEXT:

- Rozpletení jednotlivých párů je příliš velké,
- nedodržení původní kroucení jednotlivých párů (u každého páru je zkrut jiný),
- kabel byl napojen pomocí spojky (napojení kabelů pomocí spojek nezaručuje splnění parametru NEXT, proto se u kabelů vyšších kategorií doporučuje nahradit kabel vodičem delším),
- špatně „spárovaný“ kabel s konektorem (např. konektor kategorie 5e, kabel kategorie 7),
- přílišný ohyb kabelu,
- zdroj silného šumu v blízkosti měření. [23]

- **ACR-N – Odstup přeslechu na blízkém konci (Attenuation to Crosstalk Ratio – Near End)**

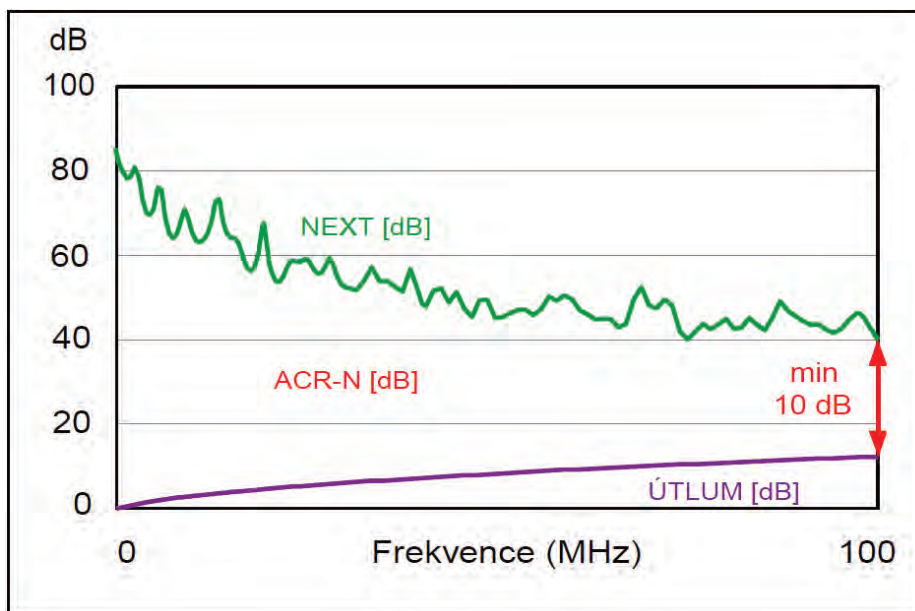
ACR-N je teoretický parametr, který se odvozuje z již změřených hodnot, a to rozdílu mezi parametrem NEXT a útlumem [21]:

$$ACR_N_{[dB]} = NEXT [dB] - A [dB], \quad (4)$$

kde:

- *NEXT* je útlum přeslechu na blízkém konci [dB],
- *A* je vložný útlum [dB].

Pokud se úroveň útlumu potká nebo přiblíží k úrovni přeslechu, dojde ke ztrátě signálu. Odstup parametru NEXT a útlumu musí být alespoň 10 dB (Obr. 7-1) [24]. Ve starších vydáních norem je tento parametr označován jako ACR (Attenuation to Crosstalk Ratio). S rostoucím ACR-N se nám zvyšuje i kvalita přenosových vlastností strukturované kabeláže, ovšem se zvyšující frekvencí se ACR-N snižuje. Minimální hodnoty najdeme v tabulce 7-3. [21]



Obr. 7-1: Grafické znázornění limitu pro parametr ACR-N

- **PS ACR-N – Výkonový součet ACR-N (*Power Sum ACR-N*)**

Parametr PSACR-N udává hodnotu ACR-N mezi jedním rušeným párem a zbylými třemi rušícími páry. PSACR-N je vyjádřen nepřímo z PSNEXT a vloženého útlumu podle rovnice [24]:

$$PS\ ACR_N[dB] = PS\ NEXT\ [dB] - A\ [dB], \quad (5)$$

kde:

- $PS\ NEXT$ je výkonový součet NEXT,
- A je vložený útlum [dB].

Požadavky na PSACR-N musí být splněny na obou koncích kabeláže. Minimální hodnoty pro PS ACR-N jsou zapsány v tabulce 7-4. [21]

Tabulka 7-3: Minimální hodnoty ACR-N

	Minimální hodnoty ACR-N [dB]			
f [MHz]	1	100	250	600
Cat5e	59,3	6,1	N/A	N/A
Cat7	61	44,7	23,1	0,7

Tabulka 7-4: Minimální hodnoty PSACR-N

	Minimální hodnoty PSACR-N [dB]			
f [MHz]	1	100	250	600
Cat5e	56,3	3,1	N/A	N/A
Cat7	58	39,1	20,1	-6,4

- **ACR-F – Odstup přeslechu na vzdáleném konci (*Attenuation to Crosstalk Ratio - Far End*)**

ACR-F odpovídá mnohem lépe skutečné situaci při přenosu dat než parametr FEXT. Přeslech uvnitř kabelu se totiž snižuje spolu se zvyšujícím se útlumem. Stejně jako v případě ACR-N se jedná o teoretický parametr (tj. neměří se, ale počítá z jiných již naměřených hodnot) [24]:

$$ACR_F[dB] = FEXT [dB] - A [dB], \quad (6)$$

kde:

- $FEXT$ je útlum přeslechu na vzdáleném konci [dB],
- A je vložný útlum [dB].

Odstup přeslechu na vzdáleném konci je tedy FEXT snížený o útlum. Ve starších vydáních norem je tento parametr označován jako ELFEXT (Equal Level Far End Cross Talk). [24]

Tabulka 7-5: Minimální hodnoty ACR-F

	Minimální hodnoty ACR-F [dB]			
f [MHz]	1	100	250	600
Cat5e	57,3	17,4	N/A	N/A
Cat7	65	47,4	39,4	31,3

- **PSACR-F – Výkonový součet odstupu přeslechu na vzdáleném konci (Power Sum ACR-F)**

PSACR-F se počítá z hodnoty ACR-F. Stejně jako PSNEXT je tento parametr důležitý pro protokoly, které používají pro přenos signálu všechny čtyři páry. PSACR-F vyjadřuje kolik rušivého signálu ve stejném kabelu se dostává ze tří párů do zbývajících párů. Zdroj signálu a měření přeslechu probíhá na opačných koncích kabelu. Ve starších vydáních norem je PSACR-F označován jako PSELFEXT (Power Sum Equal Level Far End Cross Talk). [21]

$$PS\ ACR_F[dB] = -10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{\frac{FEXT [dB]}{10}} - A [dB], \quad (7)$$

kde:

- $FEXT$ je útlum přeslechu na vzdáleném konci [dB],
- A je vložný útlum páru i [dB],
- i je rušící pár.

Tabulka 7-6: Minimální hodnoty PSACR-F

	Minimální hodnoty PSACR-F [dB]			
f [MHz]	1	100	250	600
Cat5e	57,3	17,4	N/A	N/A
Cat7	65	47,4	39,4	31,3

Možné příčiny nesplnění limitu parametrů typu ACR:

- Navazují na parametry NEXT (po odstranění problémů s NEXT ve většině případů dojde k vyřešení problému s ACR),
- vedení s mnoha pevně utaženými kabely. [22].
- **RL – Zpětný odraz (Return Loss)**

Return Loss určuje zpětný odraz signálu z důvodu rozdílné impedance. Kvůli těmto impedančním nevyváženostem se část energie vrátí zpět k vysílači, což může způsobit rušení původního signálu. [24]

Tabulka 7-7: Minimální hodnoty RL

	Minimální hodnoty RL [dB]			
f [MHz]	1	100	250	600
Cat5e	17	10	N/A	N/A
Cat7	19	12	8	8

- **Vložný útlum (Insertion Loss)**

Vložný útlum (ztráty na vstupu) je rozdíl mezi velikostí vstupního signálu na počátku vedení a velikostí signálu na konci vedení. Útlum je způsobován především odporem, který vodič klade přenášenému signálu. Se vzrůstající frekvencí útlum roste. Útlum rovněž stoupá se zmenšujícím se průměrem kabelu. [24]

Tabulka 7-8: Maximální vložný útlum

	Maximální vložný útlum [dB]			
f [MHz]	1	100	250	600
Cat5e	4	24	N/A	N/A
Cat7	4	20,8	33,8	54,6

Vložný útlum je ovlivňován velkou škálou parametrů, například:

- Nešetrné zacházení během instalace (rozpletení kabelu nebo smyčky – originální kroucení každého páru by mělo být v maximální možné míře zachováno). Častou příčinou narušení kroucení párů je nadměrné natahování kabelů při instalaci,
 - vadný konektor,
 - nejednotná impedance kabelů nebo impedance kabelů nedosahuje 100 ohmů,
 - příliš dlouhé servisní smyčky v rozvodné skříni,
 - atd. [22]
- **Zpoždění signálu (Propagation Delay)**

Tato hodnota vyjadřuje zpoždění signálu z jednoho konce kabelu na druhý. Typické zpoždění signálu u kabelu kategorie 5E se pohybuje kolem 5 ns na metr. Propagation Delay slouží i jako základ pro zjištění hodnoty Delay Skew. [24]

- **Rozdíl zpoždění (Delay Skew)**

Delay Skew (Obr. 7-2) určuje rozdíl zpoždění signálu mezi nejrychlejším a nejpomalejším párem. Na tento parametr má vliv především rozdílná délka jednotlivých párů, odlišnosti v materiálu (odpor, impedance atd.) a působení okolního rušení. Pokud je rozdíl příliš velký, může dojít k chybné interpretaci dat v aktivním prvku. [24]

Zpoždění je ovlivňováno především:

- Příliš velkou délkou kabelu, při níž vzniká přenosová prodleva,
- když páry jednoho kabelu používají rozdílné izolanty. [22]



Obr. 7-2: Delay skew

7.2 Měření parametrů metalických kabelů v rozvodně el. proudu

Nejdříve jsme změřili kabely UTP, FTP a S/FTP bez rušení ve venkovním prostředí a poté jsme měřili v rozvodně el. proudu ve 3 krocích a zkoumali vliv rušivých signálů na parametry přenosu. Kabely UTP a FTP byly dlouhé přibližně 35 metrů, S/FTP kabel přibližně 22 metrů. První měření bylo realizováno u přívodních kabelů do rozvodny, u druhého měření byla kabeláž natažena kolem trafostanice 630 kVA a přívodních kabelů. Poslední měření bylo realizováno v celé rozvodně včetně zmíněné trafostanice a přívodních kabelů. Kvůli velkému počtu výsledků budeme porovnávat parametry kabelů měřených bez rušení s parametry kabelů ze třetího měření. Všechny výsledky jsou však přiloženy v protokolech o měření na CD.

UTP kabely by podle odborné literatury a katalogu výrobce měly vykazovat nejhorší parametry. Ten předpoklad se částečně potvrzuje, jak můžeme vidět v tabulkách 7-9 a 7-10. Avšak když porovnáme naměřené parametry UTP kabelu s parametry kabelu FTP (Tabulky 7-11 a 7-12), dosahujeme velmi podobných výsledků. Nejdříve byly parametry FTP kabelu měřeny bez uzemnění, což mohlo způsobit podobné výsledky jako u UTP kabelu, ale i po jeho uzemnění jsme dosáhli naprosto stejných výsledků. Druhým faktorem mohlo být, že toto měření bylo realizováno v rozvodně, kde nikdy přesně nevíme, jak silné rušení na kabel působí. Testy kabelů byly prováděny pomocí analyzátoru DTX-1800R od firmy FLUKE NETWORKS do frekvence 100 MHz.

Tabulka 7-9: Parametry kabelu UTP bez rušení

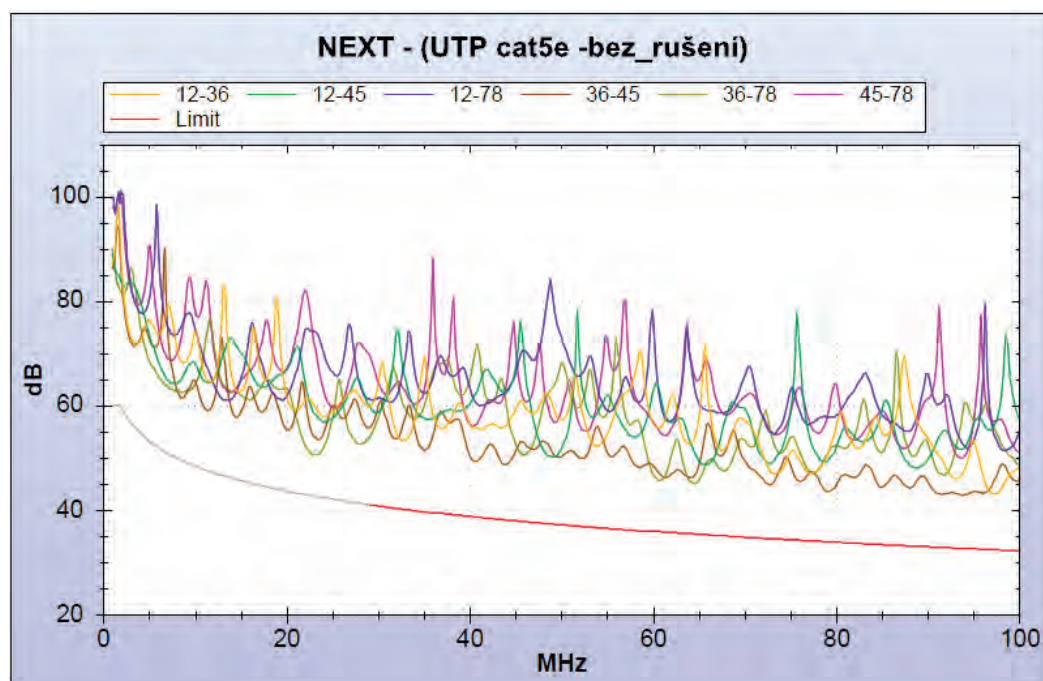
UTP - bez rušení	Hodnota [dB]	frekvence [MHz]	limit [dB]	odchylka [dB]
Nejhorší hodnota NEXT	42,8	93,8	32,8	10
Nejhorší odchylka NEXT	43,6	79	34	9,6
Nejhorší hodnota ACR-N	35,5	93,8	13,1	22,4
Nejhorší odchylka ACR-N	44,7	40,5	26,2	18,5
Nejhorší hodnota ACR-F	31,1	99,5	18,7	12,4
Nejhorší odchylka ACR-F	67,1	1,5	55,1	12
Nejhorší hodnota RL	22,1	73,5	13,3	8,8
Nejhorší odchylka RL	23,3	37,5	16,3	7

Tabulka 7-10: Parametry kabelu UTP – rušení 3

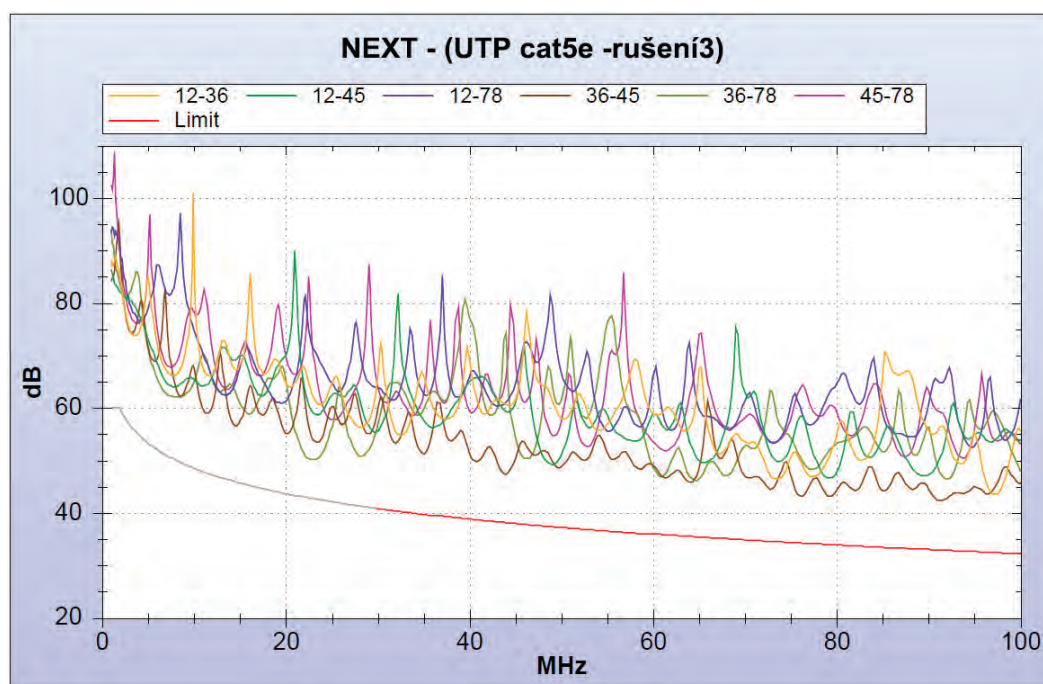
UTP - rušení 3	Hodnota [dB]	frekvence [MHz]	limit [dB]	odchylka [dB]
Nejhorší hodnota NEXT	42,3	91,3	33	9,3
Nejhorší odchylka NEXT	41,2	91	33	8,2
Nejhorší hodnota ACR-N	35,2	91,3	13,5	21,7
Nejhorší odchylka ACR-N	42,7	43,8	25,1	17,6
Nejhorší hodnota ACR-F	31,6	97,3	18,9	12,7
Nejhorší odchylka ACR-F	35,2	61,3	22,9	12,3
Nejhorší hodnota RL	21,1	73,3	13,4	7,7
Nejhorší odchylka RL	24,4	31,5	17	7,4

V tabulkách je vždy zaznamenána nejhorší naměřená hodnota daného parametru na určité frekvenci a jejich nejhorší odchylka od dané normy. Dále největší změřená odchylka od referenční hodnoty (dána normou dle kategorie) na určité frekvenci. Tedy čím máme větší hodnotu odchylku v posledním sloupci tabulky, tím dostáváme lepší hodnoty od minimální stanovené hodnoty dle normy. Všechny naměřené hodnoty prošly bez problému u všech parametrů. V tabulce nejsou uvedeny parametry typu zpoždění, které bylo pro daný kabel stejné jak bez rušení, tak při působícím rušení a ztráty na vstupu, které se v závislosti na rušení neměnily. Z důvodu velkého počtu naměřených hodnot nejsou v tabulkách udávány ani výkonové součty, které jsou však uvedeny v příložených protokolech o měření na CD. Působení rušení můžeme nejvíce vidět na parametrech NEXT a RETURN LOSS jak na nejhorší změřené hodnotě, tak na nejhorší odchylce. Např. nejhorší odchylka NEXT bez rušení dosahuje hodnotu 9,6 dB, hodnota naměřená v rozvodně 8,2 dB. Dostáváme rozdíl 1,4 dB. Všechny měřené parametry kabelu UTP prošly bez problému dle normy ISO 11801 PL Class D [23].

Grafické zobrazení závislosti parametru NEXT na frekvenci bez rušení a s rušícím působícím v rozvodně můžeme vidět na obrázcích 7-3 a 7-4. Nejhorší hodnoty od povoleného limitu vykazují páry 36-45 a 36-78. Na obr. 7-4 je vidět pokles hodnoty NEXT převážně mezi páry 36-45.

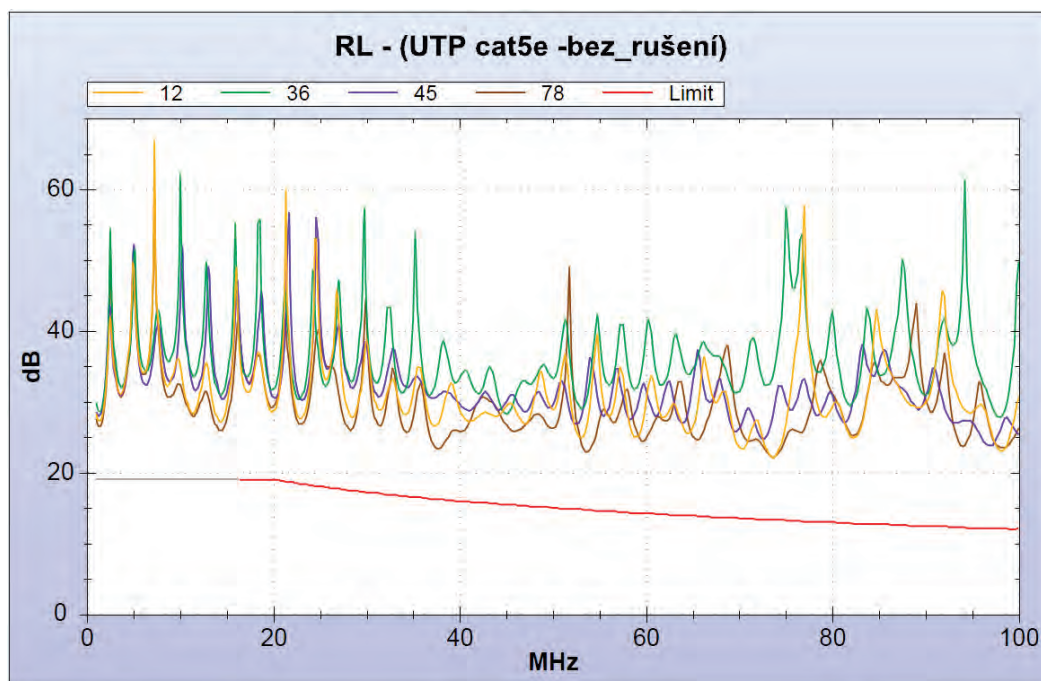


Obr. 7-3: Graf závislosti NEXT na frekvenci (bez rušení) pro UTP

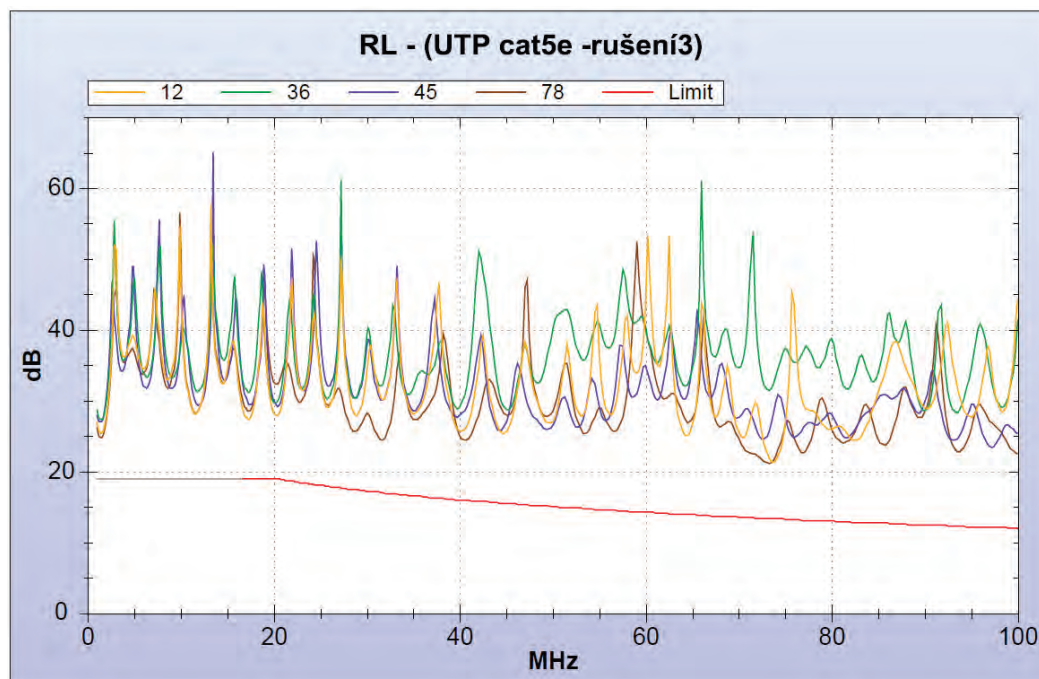


Obr. 7-4: Graf závislosti NEXT na frekvenci (rušení 3) pro UTP

Grafické znázornění pro RETURN LOSS vidíme na obr. 7-5 a obr. 7-6. Nejhorší naměřenou hodnotu vidíme na páru 78 přibližně na 73 MHz u obou grafů. Nejhorší odchylku opět na páru 78 na 37,5 MHz na grafu bez rušení a na grafu měření v rozvodně na frekvenci 31,5 MHz.



Obr. 7-5: Graf závislosti RL na frekvenci (bez rušení) pro UTP



Obr. 7-6: Graf závislosti RL na frekvenci (rušení 3) pro UTP

Jak již bylo zmíněno dříve, FTP kabel dosahuje podobných výsledků jako kabel UTP. Při měření parametrů FTP kabelů jsme dostali překvapivé výsledky z pohledu rušení, kde parametry typu přeslechů vykazovaly lepší hodnoty při plném rušení než bez rušení, rozdíly však nebyly velké. Naopak u parametru RETURN LOSS je nejhorší hodnota od limitu vzdálena 10,2 dB bez rušení, s rušením nám vychází hodnota 7,4 dB, což dělá rozdíl necelé 3 dB. U nejhorší odchylky RL se dostáváme také na nemalý rozdíl 2,3 dB. Ztráty na vstupu se při působícím rušením vůbec neměly nebo se měnily v rozmezí desetin dB.

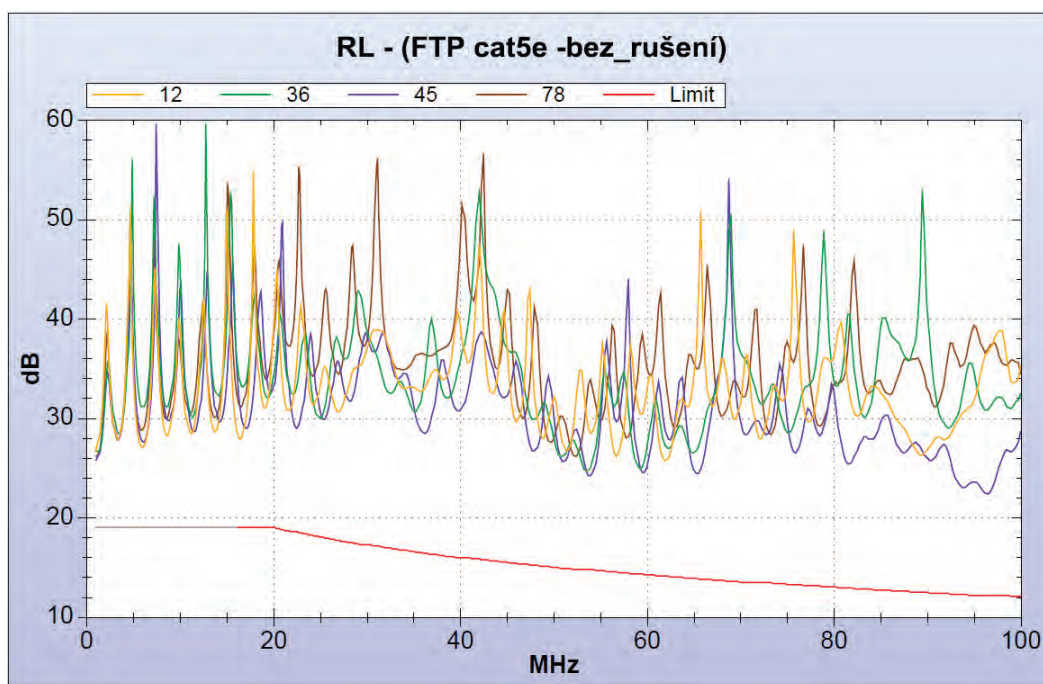
Tabulka 7-11: Parametry kabelu FTP bez rušení

FTP - bez rušení	Hodnota [dB]	frekvence [MHz]	limit [dB]	odchylka [dB]
Nejhorší hodnota NEXT	42,2	100	32,3	9,9
Nejhorší odchylka NEXT	47,2	47,8	37,6	9,6
Nejhorší hodnota ACR-N	34,8	100	11,9	22,9
Nejhorší odchylka ACR-N	42,4	47,8	23,9	18,5
Nejhorší hodnota ACR-F	38,3	97,8	18,8	19,5
Nejhorší odchylka ACR-F	68,2	2,5	50,7	17,5
Nejhorší hodnota RL	22,4	96,5	12,2	10,2
Nejhorší odchylka RL	27,9	16,4	19	8,9

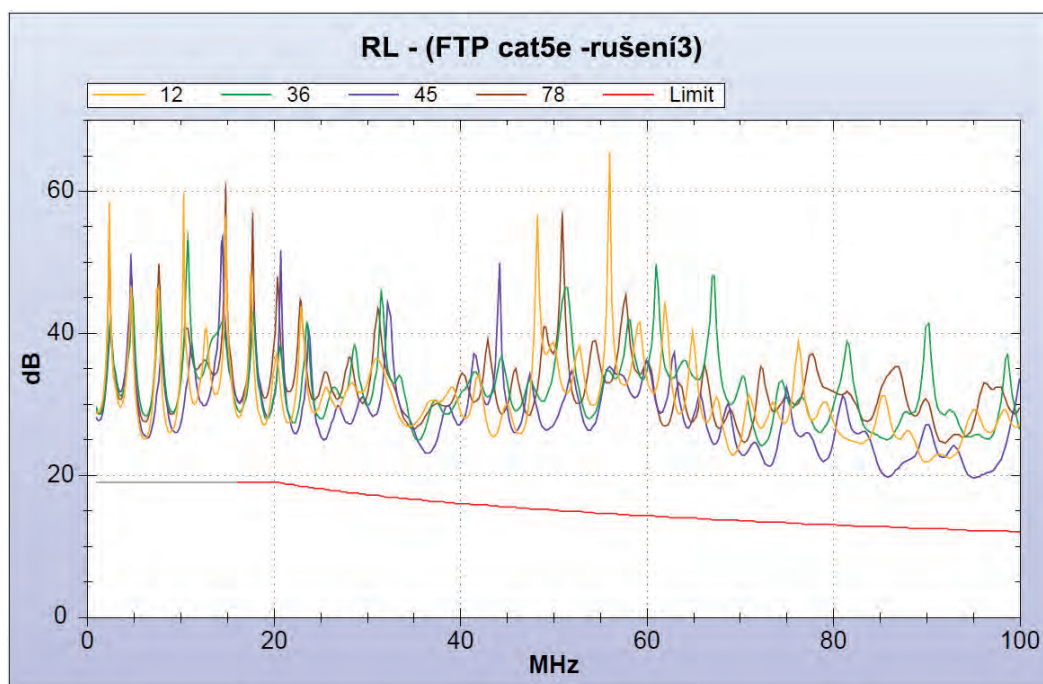
Tabulka 7-12: Parametry kabelu FTP – rušení 3

FTP - rušení 3	Hodnota [dB]	frekvence [MHz]	limit [dB]	odchylka [dB]
Nejhorší hodnota NEXT	43,2	100	32,3	10,9
Nejhorší odchylka NEXT	43,4	75	34,4	9
Nejhorší hodnota ACR-N	35,9	100	11,9	24
Nejhorší odchylka ACR-N	43,1	47	24,1	19
Nejhorší hodnota ACR-F	39	98,3	18,8	20,2
Nejhorší odchylka ACR-F	67,5	3	49,1	18,4
Nejhorší hodnota RL	19,6	95	12,2	7,4
Nejhorší odchylka RL	23	36,5	16,4	6,6

Na grafickém zobrazení RL na frekvenci (Obr. 7-7 a Obr. 7-8) vidíme jasný pokles RL na celém rozsahu frekvence při zarušení kabelu. Nejhorších hodnot dosahuje pár 45. Výsledek je překvapivý převážně tím, že při zarušení prostředí dosahuje parametr RL horších výsledků než nestíněný kabel UTP.



Obr. 7-7: Graf závislosti RL na frekvenci (bez rušení) pro FTP



Obr. 7-8: Graf závislosti RL na frekvenci (rušení 3) pro FTP

Posledním testovaným kabelem v rozvodně byl kabel S/FTP cat7, který má garantovaný šířku přenosového pásma 600 MHz. Bohužel přístroj zapůjčený na toto měření přímo kategorii 7 nepodporuje⁶. Limit pro minimální hodnoty je nastaven pro cat5e. Tento způsob nám lépe pomůže porovnat o kolik je S/FTP kabel lepší než předšlé dva kabely. Např. hned první hodnota NEXT v tabulce 7-13 má nejhorší odchylku od limitu vysokých 22,6 dB. V porovnání s hodnotou 10 dB u FTP a UTP kabelů dostáváme dvakrát vyšší hodnotu. Při působícím rušení se parametry zhoršily maximálně o 1 dB, většinou jsou však parametry velmi podobné v nezarušeném prostředí parametrům v zarušeném prostředí. Např. nejhorší odchylka ACR-N změřena bez rušení nese hodnotu 38,7 dB, s rušením se hodnota snížila na 37,7 dB. Tyto hodnoty jsou, jak už bylo zmíněno, pouze orientační, jelikož S/FTP cat7 kabely musí splňovat normy pro kategorii 7.

Tabulka 7-13: Parametry kabelu S/FTP bez rušení

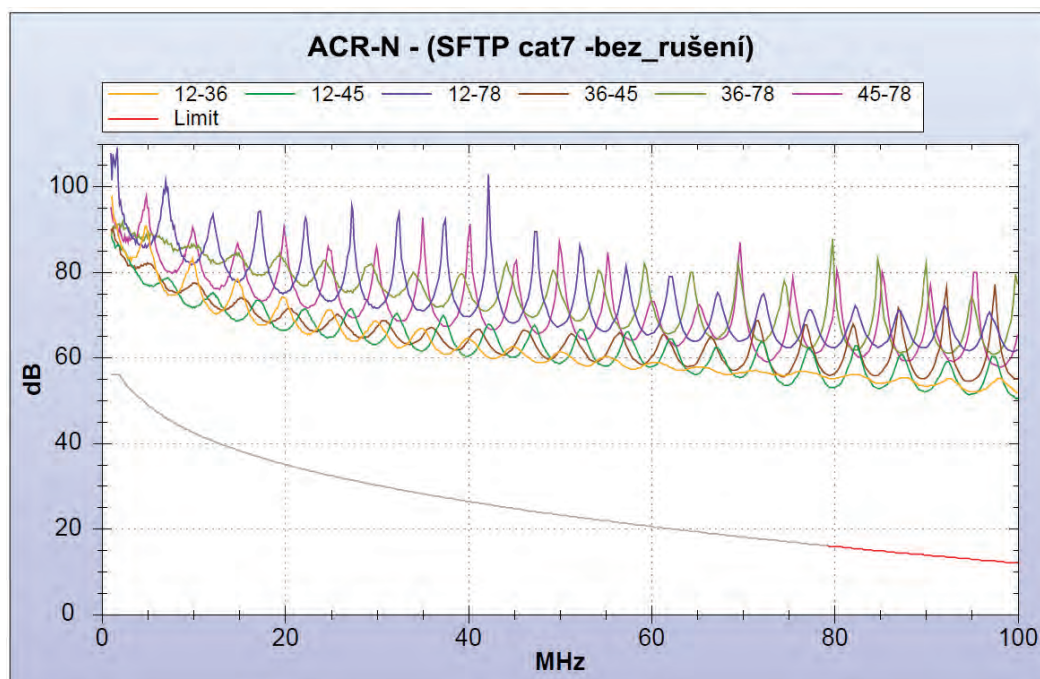
S/FTP - bez rušení	Hodnota [dB]	frekvence [MHz]	limit [dB]	odchylka [dB]
Nejhorší hodnota NEXT	54,9	99,8	32,3	22,6
Nejhorší odchylka NEXT	54,9	99,8	32,3	22,6
Nejhorší hodnota ACR-N	50,6	99,8	11,9	38,7
Nejhorší odchylka ACR-N	52,7	84,8	14,8	37,9
Nejhorší hodnota ACR-F	42,7	97,8	18,8	23,9
Nejhorší odchylka ACR-F	69	4,6	45,3	23,7
Nejhorší hodnota RL	23,4	79,5	13	10,4
Nejhorší odchylka RL	23,4	79,5	13	10,4

Tabulka 7-14: Parametry kabelu S/FTP – rušení 3

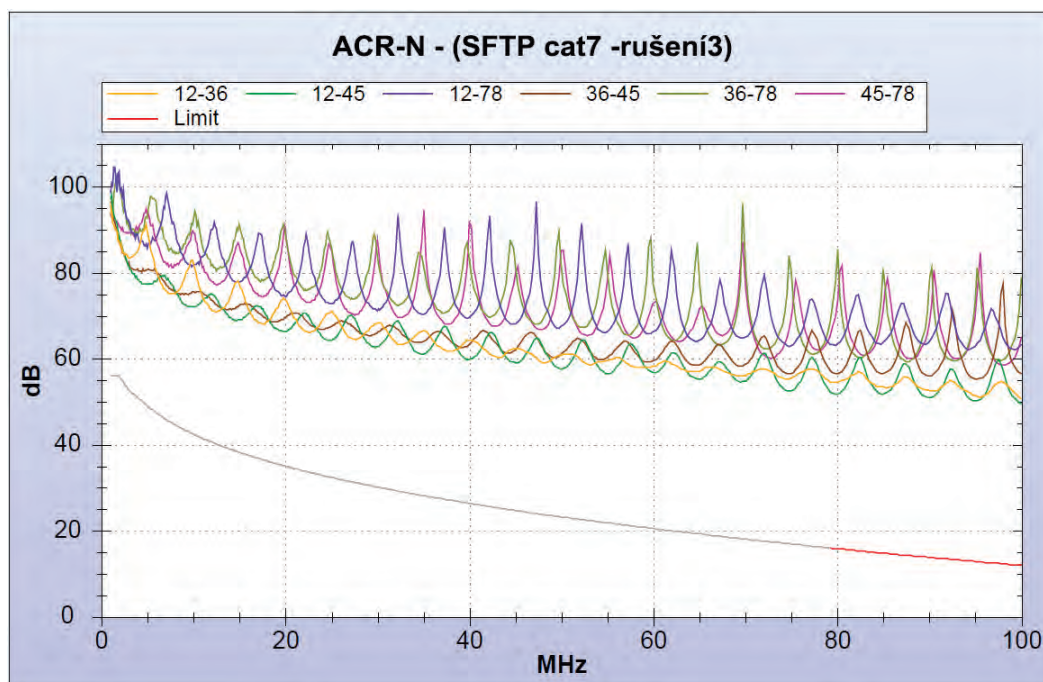
S/FTP - rušení 3	Hodnota [dB]	frekvence [MHz]	limit [dB]	odchylka [dB]
Nejhorší hodnota NEXT	53,9	100	32,3	21,6
Nejhorší odchylka NEXT	53,9	100	32,3	21,6
Nejhorší hodnota ACR-N	49,6	100	11,9	37,7
Nejhorší odchylka ACR-N	51,8	84,8	14,8	37
Nejhorší hodnota ACR-F	42,3	97,8	18,8	23,5
Nejhorší odchylka ACR-F	69	4,5	45,5	23,5
Nejhorší hodnota RL	23,9	75	13,2	10,7
Nejhorší odchylka RL	23,9	75	13,2	10,7

⁶ V současnosti je velice málo měřicích přístrojů podporující přímo cat7, druhé měření je již realizováno přístrojem DTX s podporou cat6.

Poslední grafické zobrazení je zaměřeno na parametr ACR-N, který patří mezi novější parametry. Na obr. 7-9 je znázorněn průběh ACR-N v závislosti na frekvenci bez rušení, na obr. 7-10 s rušením. Při rušení vykazuje nejhorší vlastnosti pár 12-45. Další grafy nalezneme na přiloženém CD.



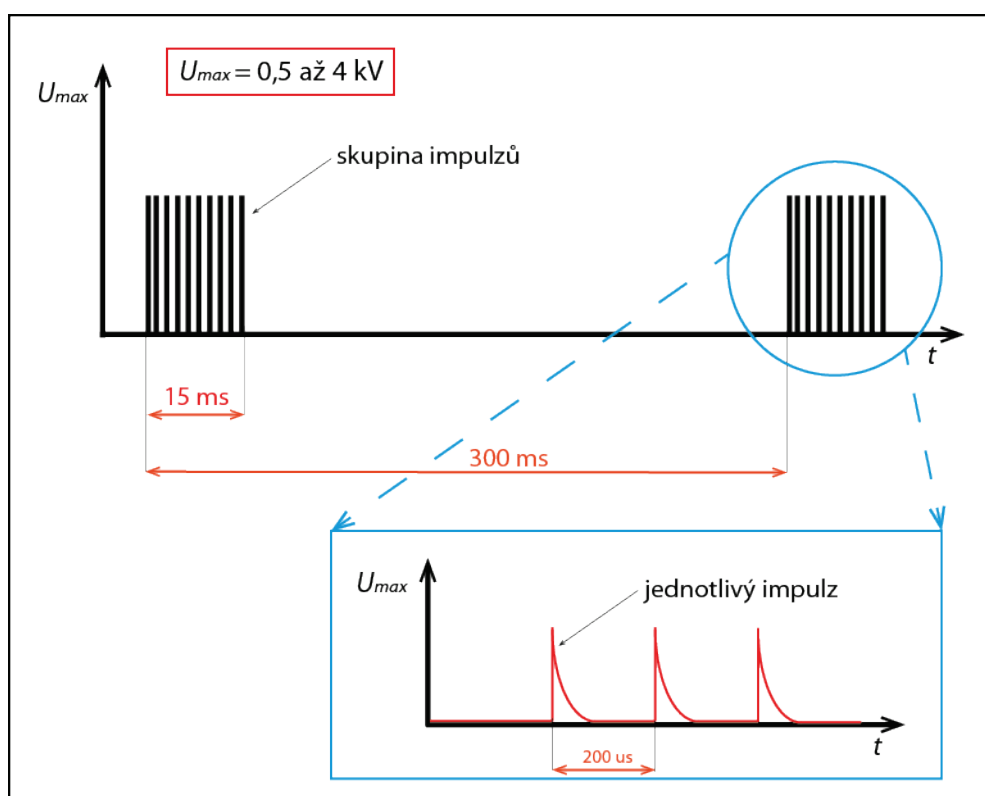
Obr. 7-9: Graf závislosti ACR-N na frekvenci (bez rušení) pro S/FTP



Obr. 7-10: Graf závislosti ACR-N na frekvenci (rušení 3) pro S/FTP

7.3 Měření parametrů metalických kabelů při generovaném rušení

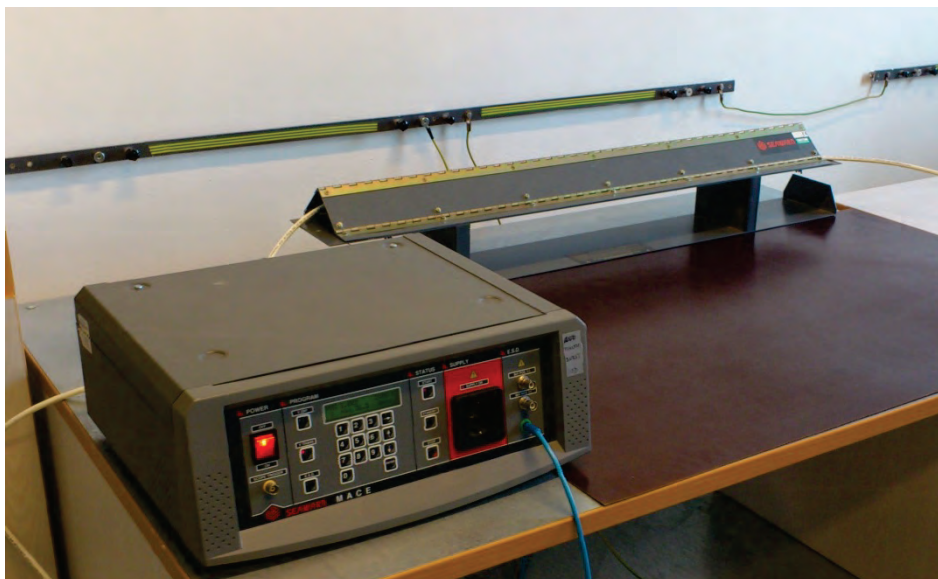
Měření probíhalo v laboratoři elektromagnetické kompatibility na ústavu UREL. Pomocí generátoru rušivých impulzů a kapacitní kleštiny, kterou jsme protáhli měřený kabel, jsme měřili přístrojem DTX-1800R vliv průniku rušení do kabelu. Generátor Seaward Mace produkuje každých 300 ms skupinu impulzů trvající 15 ms. Mezi jednotlivými impulzy je vzdálenost 200 μ s (Obr. 7-11) [19]. Maximální napětí se nastavuje ve čtyřech krocích od 0,5 kV, 1 kV, 2 kV do 4 kV.



Obr. 7-11: Princip generování rušivých impulzů

Samotné měření probíhalo pro všechny čtyři úrovně napětí, prezentované výsledky na následujících stranách jsou pro rušivé impulzy 1 kV a 4 kV. Protokoly z celého měření opět najdeme na příloženém CD. Měření probíhalo obousměrně, jak z hlavní jednotky, tak z vedlejší jednotky. Oproti měření v rozvodně se výsledky lišily převážně v hodnotách změřených hlavní jednotkou přístroje DTX a v hodnotách změřených vedlejší jednotkou. Rozdíl se v některých parametrech pohyboval od 0 do 5 dB, což je vysoká hodnota. V tabulkách jsou zaznamenána vždy data s nejhoršími výsledky z obousměrného měření.

Na obrázku 7-12 vidíme generátor rušivých impulzů, do něhož je zapojená kapacitní kleština, přes kterou se vniká do vedení rušení.



Obr. 7-12: Generátor impulzů s kapacitní kleštinou

V tabulce 7-15 jsou zaznamenány nejhorší možné odchylky pro kabely UTP a FTP od limitu definovaného normou ISO 11801 PL Class D. Z výsledků vyplývá, že kabely jsou náchylné na rušení impulzy ve velmi malé míře. V některých případech jsou parametry lepší při rušení než při měření bez rušení. Při porovnání kabelů UTP s FTP vidíme přibližně stejnou hodnotu přeslechu NEXT, který se liší v řádu desetin dB. Hodnoty RL jsou příznivější pro stíněný FTP přibližně o 1,5 dB. Parametr ACR-N je téměř stejný pro oba kabely, naopak odstup přeslechu na vzdáleném konci ACR-F vychází daleko lépe pro FTP kabel. Při měření nebylo možné změřit hodnoty při rušení 4 kV na UTP kabelu. Vzdálená jednotka měla problém s připojením k jednotce hlavní a z důvodu velké ceny zapůjčených měřicích přístrojů bylo měření raději přerušeno.

Nejhorší naměřené hodnoty a odchylky včetně frekvencí a limitů najdeme na příloženém CD, kde jsou opět umístěny i protokoly z měření a grafy jednotlivých průběhů parametrů na konkrétních párech kabelu.

Kabel S/FTP cat7 byl měřen pro limit daný normou ISO 11801 PL Class E [23], která odpovídá kategorii 6. Srovnání výsledků pro kabel S/FTP je znovu pouze informativního charakteru.

Tabulka 7-15: Přehled nejhorších odchylek od limitu pro jednotlivé parametry

		NEXT [dB]	RL [dB]	ACR-N[dB]	ACR-F[dB]
UTP	bez rušení	8,5	4,8	19,2	11,8
	0,5 kV	8,2	4,7	18,7	11,8
	1 kV	8,3	4,7	18,8	12
	2 kV	8,2	4,7	18,7	11,9
	4 kV	N/A	N/A	N/A	N/A
FTP	bez rušení	7,8	6,4	19	17,8
	0,5 kV	8	6	18,5	18,3
	1 kV	7,7	6	18,8	18,2
	2 kV	7,7	6	18,8	18,2
	4 kV	7,9	6	18,9	18

U kabelu S/FTP nemělo rušení téměř žádný vliv na měřené parametry, menší změnu pozorujeme na RL, kde se odchylka od minimální hodnoty limitu přiblížila. Hodnoty z měření kabelu S/FTP jsou zaznamenány v tabulkách 7-16, 7-17 a 7-18.

Tabulka 7-16: Parametry kabelu S/FTP bez rušení

S/FTP - bez rušení	Hodnota [dB]	frekvence [MHz]	limit [dB]	odchylka [dB]
Nejhorší hodnota NEXT	43,2	246,5	35,4	7,8
Nejhorší odchylka NEXT	45,4	159	38,6	6,8
Nejhorší hodnota ACR-N	36,5	246,5	5	31,5
Nejhorší odchylka ACR-N	46,4	87,3	25,6	20,8
Nejhorší hodnota ACR-F	34,4	250	16,2	18,2
Nejhorší odchylka ACR-F	35,5	212	17,7	17,8
Nejhorší hodnota RL	17,2	207	10,8	6,4
Nejhorší odchylka RL	19,2	131,5	12,8	6,4

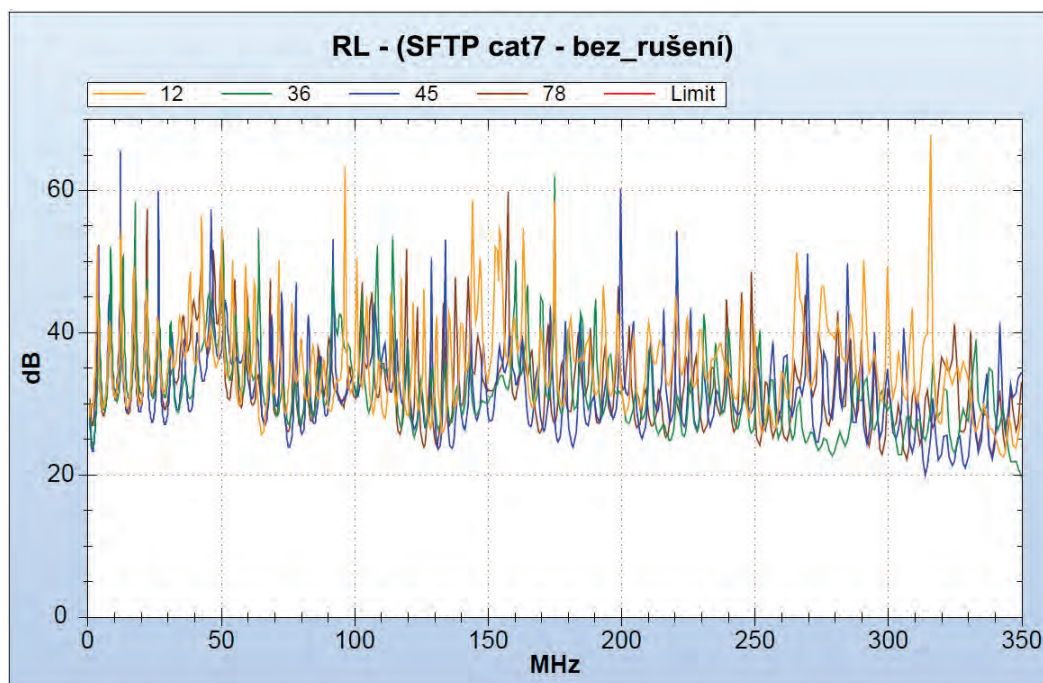
Tabulka 7-17: Parametry kabelu S/FTP při rušení impulzy o velikosti 1 kV

S/FTP - rušení 1kV	hodnota [dB]	frekvence [MHz]	limit [dB]	odchylka [dB]
Nejhorší hodnota NEXT	43,2	246	35,5	7,9
Nejhorší odchylka NEXT	47,1	145,5	39,2	7,9
Nejhorší hodnota ACR-N	36,7	246	5,1	31,6
Nejhorší odchylka ACR-N	47,5	87,3	25,6	21,9
Nejhorší hodnota ACR-F	34,8	245,5	16,4	18,8
Nejhorší odchylka ACR-F	56,3	19,8	38,3	18
Nejhorší hodnota RL	16,9	207,5	10,8	6,1
Nejhorší odchylka RL	16,9	207,5	10,8	6,1

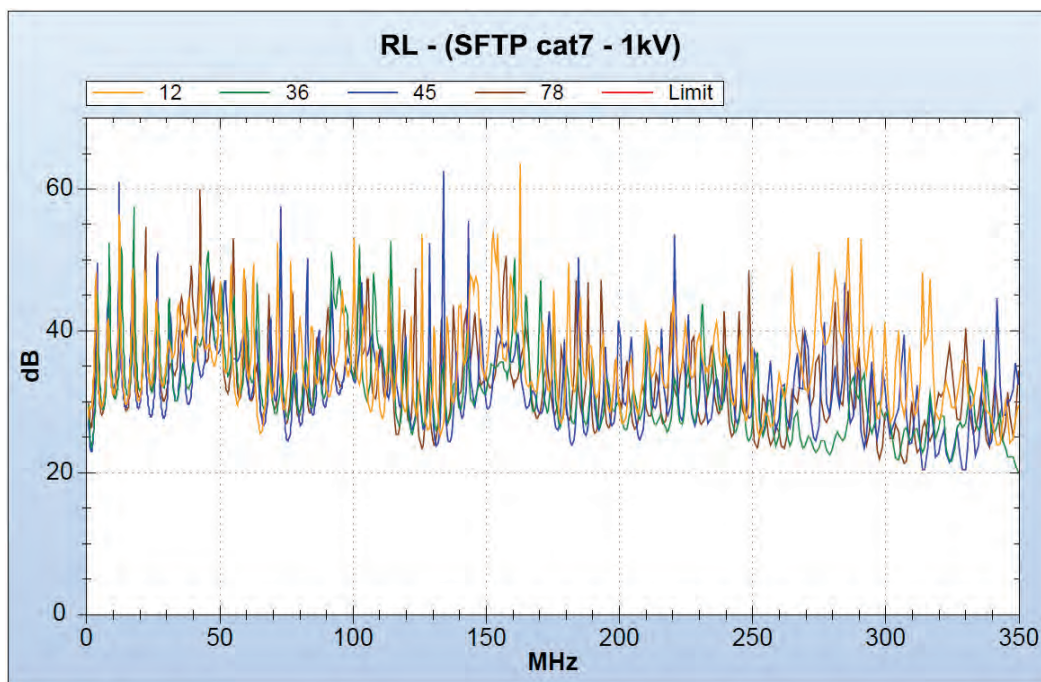
Tabulka 7-18: Parametry kabelu S/FTP při rušení impulzy o velikosti 4 kV

S/FTP - rušení 4kV	hodnota [dB]	frekvence [MHz]	limit [dB]	odchylka [dB]
Nejhorší hodnota NEXT	43,3	246,5	35,4	7,9
Nejhorší odchylka NEXT	47	145,5	39,2	7,8
Nejhorší hodnota ACR-N	36,6	246,5	5	31,6
Nejhorší odchylka ACR-N	47,5	87,3	25,6	21,9
Nejhorší hodnota ACR-F	34,8	245,5	16,4	18,4
Nejhorší odchylka ACR-F	56,3	19,8	38,3	18
Nejhorší hodnota RL	16,9	207,5	10,8	6,1
Nejhorší odchylka RL	16,9	207,5	10,8	6,1

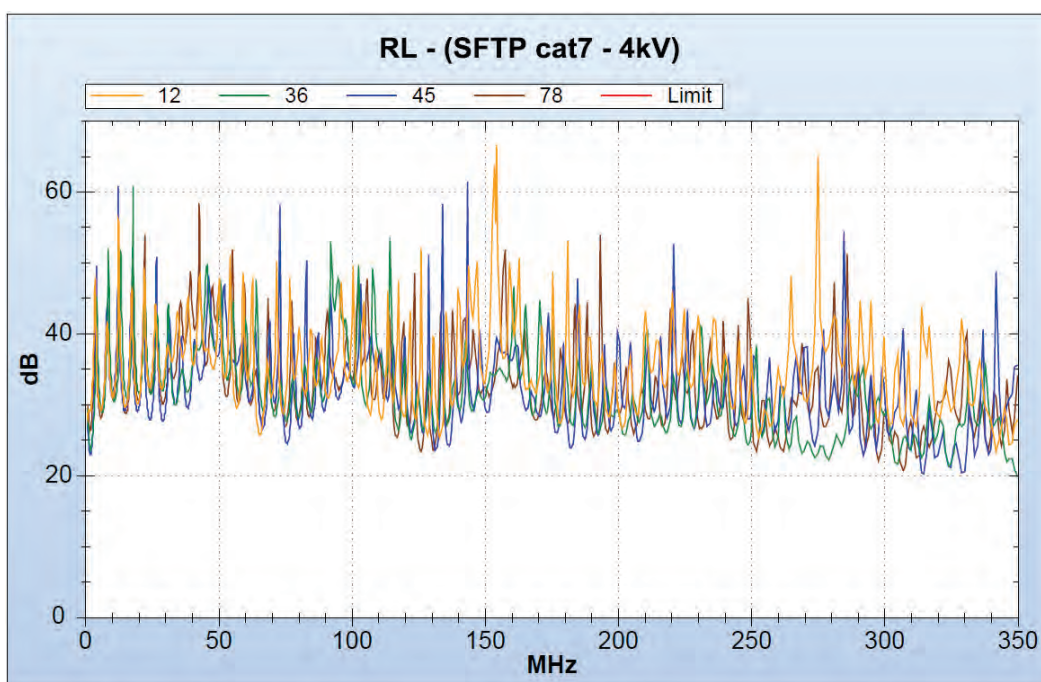
Na následujících grafických zobrazeních (Obr. 7-13, Obr. 7-14 a Obr. 7-15) můžeme vidět závislost parametru return loss (zpětného odrazu) na frekvenci až do 350 MHz. Na všech třech grafech vidíme menší pokles RL až na 300 MHz a to na hodnotu okolo 20 dB. Normou stanovená hodnota je na 250 a 600 MHz stanovena minimálně na 8 dB. Odstup od minimální hodnoty zpětného odrazu je tedy v nejhorším místě stále 12 dB. Z měření S/FTP kabelu na závislosti na rušení tedy vyplývá, že tyto kabely jsou odolné proti rušení, a když už je kabel rušením ovlivněn, tak ve velmi malé míře.



Obr. 7-13: Graf závislosti RL na frekvenci (bez rušení) pro S/FTP



Obr. 7-14: Graf závislosti RL na frekvenci (rušení 1kV) pro S/FTP



Obr. 7-15: Graf závislosti RL na frekvenci (rušení 4kV) pro FTP

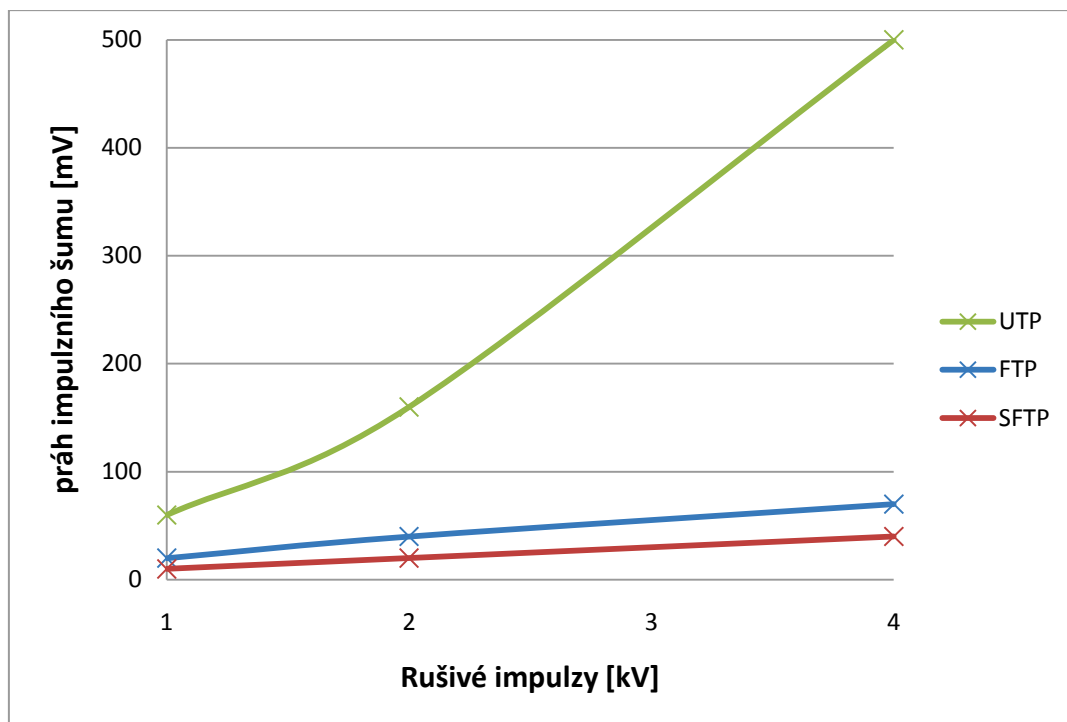
7.4 Měření impulzního šumu

Pomocí kabelového analyzátoru DTX-1800R jsme měřili, kolik impulzního šumu pronikne do datových kabelů při rušení 1 kV, 2 kV a 4 kV. Na měřené parametry neměl rušivý šum takřka žádný vliv. K problému došlo až při navazování spojení mezi jednotkami měřicího přístroje při rušení 4 kV na UTP kabelu, kdy hlavní jednotka měla problém najít vzdálenou jednotku. Nejhorších hodnot dle předpokladů dosahuje nestíněný kabel UTP, kde práh impulzního šumu dosahuje hodnoty 500 mV, což byla poslední možná hodnota pro nastavení na měřicím přístroji. Změřené hodnoty odpovídají předpokladům i u zbývajících kabeláže FTP a S/FTP, kde se naměřené hodnoty pohybovaly maximálně do 70 mV. Naměřené hodnoty a přehledný graf můžeme vidět v tabulce 7-19 respektive na obrázku 7-16.

Tabulka 7-19: Měření impulzního šumu

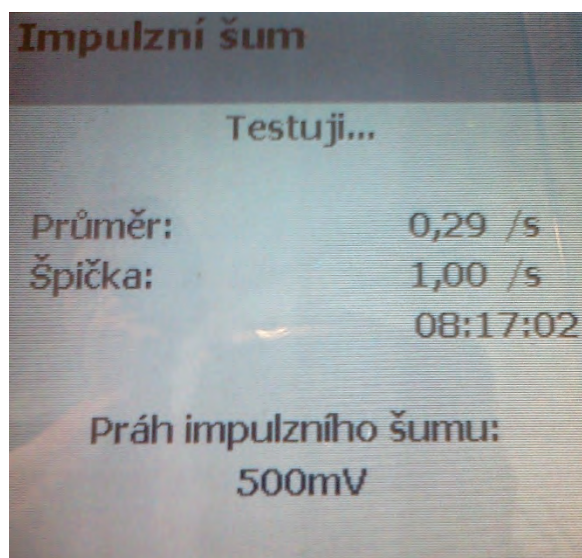
Rušivé impulzy	Práh impulzního šumu pro jednotlivé kabely		
	UTP	FTP	S/FTP
1kV	60 mV	20 mV	10 mV
2kV	160 mV	40 mV	20 mV
4kV	500 mV	70 mV	40 mV

Na obrázku 7-16 vidíme grafické znázornění závislosti prahu impulzního šumu na rušivých impulzech pronikajících do jednotlivých kabelů. Práh impulzního šumu u stíněné kabeláže FTP a S/FTP stoupá úměrně s hodnotou rušivých impulzů. U nestíněného UTP kabelu tato hodnota roste daleko rychleji.



Obr. 7-16: Graf závislosti prahu impulzního šumu na rušivých impulzech pronikajících do jednotlivých kabelů

Práh impulzního šumu šel na měřicím přístroji nastavovat pouze po 10 mV, proto nemusí být změřená hodnota vždy úplně přesná. Na obrázku 7-17 můžeme vidět fotografii z měření, kde je hodnota prahu impulzního šumu téměř přesná. Přes tento práh se dostane v průměru 0,29 impulzu za sekundu. Jedná se o měření UTP kabelu při působení rušivých impulzů o hodnotě 4 kV.



Obr. 7-17: Práh impulzního šumu UTP kabelu při rušení 4 kV

8 NÁVRH STRUKTUROVANÉHO KABELÁŽNÍHO SYSTÉMU – STANDARDNÍ INSTALACE

V navrhovaném datovém centru se nainstaluje metalická a optická kabeláž AMP NETCONNECT od firmy TE Connectivity. Jako topologii volíme jednoúrovňovou hvězdu s jedním hlavním datovým bodem. Tento bod se nazývá zóna MDA. Jedná se o středně velké datové centrum o čtyřiceti rozvaděčích. Rozvaděče umístíme do čtyř řad po deseti (viz. výkres A.1 v příloze A). Propojení rozvaděčů bude realizováno přes kabelové žlaby v podhledech. DC rozdělíme do tří zón: MDA, HDA, EDA. Podrobný popis jednotlivých zón nalezneme v následujících podkapitolách. Plán osazení jednotlivých RACKů pro standardní instalaci najdeme v příloze C.

8.1 MDA

Uzel MDA se nachází ve druhé řadě RACKů datového centra. Je umístěn v samotném centru konektivity. V rozvaděči MDA budou porty zakončené optické přírůdky WAN. Z rozvaděče MDA povedou čtyři optické trasy do HDA1, HDA2, HDA3 a HDA4. Tyto optické trasy budou realizovány pomocí optického kabelu OM3+ s 12 vlákny kabelem MM12G50/125, zakončené v optickém patch panelu s konektory SC. Bude zde také zakončená metalická část kabeláže S/FTP cat. 6a pomocí patch panelu osazeného konektory RJ45 cat. 6a, tato část kabeláže povede do zón HDA. Přímě v MDA budou zakončeny metalické kabely S/FTP cat.6a z administrátorských pracovišť v patch panelu 24 port 10Gbit Ethernet. Tyto linky slouží k řízení DC, pro ovládání klimatizace, KVM apod. Kabely budou ukončeny porty RJ-45 kategorie 6a a budou umístěny nad pracovními stoly zakončené v datové dvojzásuvce. Dále se datové porty umístí v místnosti elektro, UPS a v místnosti chlazení a klimatizace u jednotky MaR.

8.2 HDA

Zónu HDA navrhují řešit přímě v rozvaděčích HDA1, HDA2, HDA3, HDA4 dle TIA-942. To znamená, že každý rozvaděč bude mít svůj aktivní komunikační uzel, tedy Ethernet switch pro metalickou část kabeláže a FC switch pro optickou část kabeláže. Ethernet switch je osazen konektory RJ-45 a FC switch optickými konektory LC.

Do každého rozvaděče v zóně HDA v datovém centru povede z hlavního datového centra zóny MDA 24x metalické propojení určené pro 10Gbit Ethernet (4 páry).

Rozvody budou realizovány pomocí metalických kabelů S/FTP kategorie 6a, 10Gbit Ethernet. Metalická část kabeláže z MDA bude zakončena v patch panelu s konektory RJ-45 cat. 6a.

Optickou část z MDA zakončíme v patch panelu (optické vaně) svařením přívodního optického kabelu multimode s optickými pigtaily SC. Svařená část bude pevně ukotvena v optické kazetě. Optický kabel volíme v provedení multimode OM3+ 50 μ m. Toto propojení tedy realizujeme celkem 12 vláken OM3+ v kabelu MM12G50/125, zakončeném v optickém patch panelu. K propojení patch panelů s FC switchem slouží optické patchcordy SC-LC.

8.3 EDA

Do každého serverového rozvaděče EDA přivedeme ze zóny HDA metalické vedení 24x S/FTP cat. 6a, 10Gbit Ethernet. Kabely budou opět ukončeny v patch panelu s konektory RJ-45 cat. 6a.

Serverové rozvaděče jsou vnitřně rozděleny. Na zónu konektivity, která se nachází v horní části rozvaděče a lze ji využít z obou stran rozvaděče. Tato zóna má dynamický rozsah, musí však být vždy doplněna patřičným množstvím air záslepek. Druhá se nazývá zóna serverů. Tato zóna slouží k umístění samotných serverů a obdobného zařízení. Čelo rozvaděče slouží k nasávání studeného vzduchu, a proto i všechna zařízení musí být do rozvaděče umístěna v tomto kontextu. Zada rozvaděče slouží k odsávání teplého vzduchu a konektivitě. Zde nesmí přípojné kabely (napájení, LAN, SAN) omezovat průtok vzduchu. V této části jsou také umístěny PDU pro napájení serverů.

8.4 Kabeláž výsledný stav – standardní instalace

MDA:	- 6x FO SM z WAN - 12x FO MM do HDA1 - 12x FO MM do HDA2 - 12x FO MM do HDA3 - 12x FO MM do HDA4 - 24x S/FTP kat. 6a do HDA1 - 24x S/FTP kat. 6a do HDA2 - 24x S/FTP kat. 6a do HDA3 - 24x S/FTP kat. 6a do HDA4 - 16x metalický port od zásuvek
HDA1:	- 1x 12vl. FO MM z MDA - 24x S/FTP kat. 6a z MDA - 216 x S/FTP kat. 6a do EDA1.1 - EDA 1.9
HDA2:	- 1x 12vl. FO MM z MDA - 24x S/FTP kat. 6a z MDA - 192 x S/FTP kat. 6a do EDA2.1 - EDA 2.8
HDA3:	- 1x 12vl. FO MM z MDA - 24x S/FTP kat. 6a z MDA - 216 x S/FTP kat. 6a do EDA3.1 - EDA 3.9
HDA4:	- 1x 12vl. FO MM z MDA - 24x S/FTP kat. 6a z MDA - 216 x S/FTP kat. 6a do EDA4.1 - EDA 4.9
EDA x.x	- 24x S/FTP kat. 6a z HDA

8.5 Výkaz výměr – standardní instalace

Výkaz výměr pro standardní instalaci byl zpracován od tří různých firem. Ceny jednotlivých položek jsou tedy zprůměrovány. Ceny komponentů se takřka nelišily, naopak v cenách za provedenou montáž a následující měření již byly patrné značné rozdíly. Výkaz výměr je rozdělen do tří skupin, na použité komponenty, jejich montáž a následné nastavení a oživení. Všechny ceny jsou udávány bez DPH. Ve výkazu výměr není zahrnuto připojení jednotlivých zásuvek a optický přívod z WAN, které jsou sice zakresleny v příložených plánech, ale tento projekt s nimi nepočítá. Projekt je zaměřen na kabeláž mezi MDA až EDA.

Tabulka 8-1: Výkaz výměr – komponenty

Dodávky				
Popis položky	Počet	MJ	Jedn. cena	Celkem
patch panel 24 port STP, kat. 6A – plech	78	ks	3 840,00 Kč	299 520,00 Kč
Štítek označovací dle TIA/EIA-606 na kabel, zásuvku, patch panel	3700	ks	3,60 Kč	13 320,00 Kč
Montážní sada do DR M5	78	ks	25,20 Kč	1 965,60 Kč
Kabel metalický kat. 7, S/FTP, PiMF 600 MHz, 4-pair, LSZH	8500	m	18,30 Kč	155 550,00 Kč
Optický kabel 12x50/125 MM OM3+	40	m	67,20 Kč	2 688,00 Kč
19' optická vana 1U pro max. 24 LC spojek duplexních	7	ks	2 268,00 Kč	15 876,00 Kč
Montážní sada do DR M5	7	ks	25,20 Kč	176,40 Kč
Spojka LC-LC, duplexní MM	48	ks	144,00 Kč	6 912,00 Kč
Pigtail LC, 50/125, délka 2 m OM3+	96	ks	144,00 Kč	13 824,00 Kč
Štítek označovací dle TIA/EIA-606 na kabel, zásuvku, patch p	192	ks	3,60 Kč	691,20 Kč
Ochrana optického sváru 60mm	96	ks	10,56 Kč	1 013,76 Kč
Optická kazeta pro 2 x 6 svárů bílá - kompletní	10	ks	180,00 Kč	1 800,00 Kč
Celkem				513 362,16 Kč

Tabulka 8-2: Výkaz výměr – montáž

Montáž				
Popis položky	Počet	MJ	Jedn. cena	Celkem
uložení kabelu FTP kat.6	8500	m	8,40 Kč	71 400,00 Kč
štítek označovací na kabel, zásuvku, patch panel	3700	ks	7,50 Kč	27 750,00 Kč
kabelová forma do 0.5m, 4 pár FTP, zařezání kabelu	1848	ks	52,50 Kč	97 020,00 Kč
instalace pasivního prvku do datového rozvaděče	78	ks	75,00 Kč	5 850,00 Kč
uložení optického kabelu do 8 vláken	40	m	18,00 Kč	720,00 Kč
instalace pasivního prvku do datového rozvaděče	7	ks	75,00 Kč	525,00 Kč
příprava a čištění kabelu do 16 vláken, ochrana svárů	8	ks	525,00 Kč	4 200,00 Kč
štítek označovací na kabel, zásuvku, patch panel	192	ks	7,50 Kč	1 440,00 Kč
instalace pasivního prvku do datového rozvaděče	10	ks	75,00 Kč	750,00 Kč
Celkem				209 655,00 Kč

Tabulka 8-3: Výkaz výměr – nastavení a oživení

Nastavení a oživení				
Popis položky	Počet	MJ	Jedn. cena	Celkem
MET-6-11801 proměření metalického segmentu dle ISO/IEC 11801	924	ks	126,00 Kč	116 424,00 Kč
MM OF zalomení, svaření MM vlákna na vlák./kab. pig-tail	96	ks	192,00 Kč	18 432,00 Kč
MM OF výkonové obousměrné měření optického vlákna	48	ks	192,00 Kč	9 216,00 Kč
Celkem				144 072,00 Kč

Celkové shrnutí a kompletní cenu bez DPH nalezneme v tabulce 8-4. V porovnání ceny komponentů, montáže a následného měření a oživení, nám vychází relativně nízká cena komponentů. Naopak ceny montáže a oživení jsou vysoké. Z těchto důvodů většina firem zabývajících se instalacemi v datových centrech stále dává přednost standardní instalaci. Cenu zde výrazně zvyšuje proměření jednotlivých portů, cena za změření jednoho portu se pohybuje od 100 do 200 Kč, což ve větších datových centrech, kde jsou portů tisíce, dělá nemalou část rozpočtu. Jak uvidíme v následující kapitole, měření předkonektorovaných systémů již není zapotřebí.

Tabulka 8-4: Celkové shrnutí nákladů pro standardní instalaci

Celkové shrnutí nákladů	
Dodávky	513 362,16 Kč
Montáž	209 655,00 Kč
Nastavení a oživení	144 072,00 Kč
Celkem	867 089,16 Kč

9 NÁVRH STRUKTUROVANÉHO KABELÁŽNÍHO SYSTÉMU–PŘEDKONEKTOROVANÝ SYSTÉM

V návrhu předkonektorované kabeláže pro DC budeme vycházet ze stejného modelu DC jako pro standardní instalaci. Pro tuto instalaci volíme opět řešení od TE Connectivity, konkrétně se jedná o předkonektorované systémy MPO (optická kabeláž) a MRJ-21 (metalická kabeláž). Hlavní rozdíly spočívají ve způsobu instalace. Není již nutné téměř žádné konektování patch panelů, jedinou výjimkou je připojení optické kabeláže z WAN a metalické kabeláže od zásuvek. Výkres návrhu pro předkonektorovanou kabeláž nalezneme v příloze B. Plán osazení jednotlivých RACKů pro předkonektorovanou kabeláž najdeme v příloze D.

9.1 MDA

Uzel MDA se nachází ve druhé řadě RACKů datového centra. V rozvaděči MDA budou porty zakončené optické příklady WAN. Z MDA povedou čtyři optické předkonektorované kabely MPO multimode do HDA1, HDA2, HDA3 a HDA4.⁷ Fyzicky se jedná o kabel s dvanácti vlákny a na obou stranách zakončený konektorem MPO pod označením MPO/MPO, 50/125 OM3 (XG). Kabel vedoucí z MDA do HDA2 bude mít délku pět metrů, ostatní kabely budou připraveny v desetimetrovém provedení. V RACKu HDA připojíme kabeláž na optické kazety osazené duplexními konektory SC. Dále zde bude připojena předkonektorovaná metalická kabeláž MRJ-21 STP z HDA o stejných délkách jako optická kabeláž. Rozhraním mezi 48 port patch panelem a kabelem MRJ-21 STP bude konektor MRJ-21, který bude již z výroby nakonektorován na obou koncích kabelu. Tento kabel dokáže přenášet šest gigabitových připojení. K propojení mezi HDA a MDA nám budou stačit čtyři MRJ-21 STP kabely. Do jednoho patch panelu tedy přijde připojit osm těchto kabelů. Patch panel je z přední strany osazen 48 konektory RJ-45 cat. 6a. Přímě v MDA budou zakončeny metalické kabely S/FTP cat.6a z administrátorských pracovišť v patch panelu 24 port 10Gbit Ethernet. Instalace proběhne stejným způsobem jako u standardní instalace.

⁷ V případě požadavků na zvýšení redundancy by byla optická kabeláž mezi MDA a HDA zdvojnásobena. V RACKu by se do rámu na optické kazety umístila ještě jedna optická kazeta. V našem případě je však optická kabeláž jištěna metalickou.

9.2 HDA

Zónu HDA navrhují řešit přímo v rozvaděčích HDA1, HDA2, HDA3, HDA4 dle TIA-942. To znamená, že každý rozvaděč bude mít svůj aktivní komunikační uzel, tedy Ethernet switch pro metalickou část kabeláže a FC switch pro optickou část kabeláže. Ethernet switch je osazen konektory RJ-45 a FC switch optickými konektory LC. Tato část se tedy od standardní instalace neliší.

V rozvaděčích HDA bude připojena kabeláž z MDA. Konkrétně tedy 4x kabel MRJ-21 STP připojen do 24 port patch panelu a optický kabel MPO zapojený do optické kazety. Tato část kabeláže mezi HDA a MDA spadá do páteřního propojení a je zde vyžadována takřka stoprocentní spolehlivost.

Stejným systémem propojíme mezi sebou HDA mezi jednotlivými rozvaděči v zóně EDA. V každém rozvaděči HDA bude připojena celá řada rozvaděčů EDA. Na straně HDA připojíme kabeláž z EDA na 48 portový patch panel. Metalickou kabeláž volíme stejnou, tedy MRJ-21 STP v délkách od pěti do deseti metrů. Optické kabeláže do EDA již nebudeme využívat.

9.3 EDA

V každém serverovém rozvaděči v zóně EDA umístíme patch panel 24 port ve vrchní části rozvaděče. Patch panel v EDA bude připojen na patch panel v HDA pomocí kabelu MRJ-21 STP osazeného konektory MRJ-21. Jinak se tyto rozvaděče neliší od standardní instalace popsané v kapitole 8.3.

9.4 Kabeláž výsledný stav – předkonektorovaný systém

MDA:	- 6x FO SM z WAN - 12x FO MPO do HDA1 - 12x FO MPO do HDA2 - 12x FO MPO do HDA3 - 12x FO MPO do HDA4 - 4x MRJ-21 STP do HDA1 - 4x MRJ-21 STP do HDA2 - 4x MRJ-21 STP do HDA3 - 4x MRJ-21 STP do HDA4 - 16x metalický port od zásuvek
HDA1:	- 12vl. FO MPO z MDA - 4x MRJ-21 STP z MDA - 36x MRJ-21 STP do EDA 1.1 - EDA 1.9
HDA2:	- 12vl. FO MPO z MDA - 4x MRJ-21 STP z MDA - 32x MRJ-21 STP do EDA 2.1 - EDA 2.8
HDA3:	- 12vl. FO MPO z MDA - 4x MRJ-21 STP z MDA - 36x MRJ-21 STP do EDA 3.1 - EDA 3.9
HDA4:	- 12vl. FO MPO z MDA - 4x MRJ-21 STP z MDA - 36x MRJ-21 STP do EDA 4.1 - EDA 4.9
EDA x.x	- 4x MRJ-21 z HDA

9.5 Výkaz, výměr – předkonektorovaný systém

Výkaz výměr pro předkonektorovanou kabeláž je zpracován pro stejné datové centrum jako standardní instalace. Z následujících tabulek je jasné patrné, že cena komponentů je přibližně trojnásobná. S rostoucí cenou komponentů předkonektorované kabeláže však klesá cena montáže a odpadá již zmíněná nutnost měření. Tyto systémy jsou totiž změřené již při výrobě. V porovnání se standardní instalací je kompletní zřízení kabeláže v totožném datovém centru cca o 700 tisíc korun dražší. Uvedené ceny v tabulkách jsou bez DPH.

Tabulka 9-1: Výkaz výměr – komponenty

Dodávky				
Popis položky	Počet	MJ	Jedn. cena	Celkem
patch panel 24 port, 4x MRJ21, 10/100/1000BT	39	ks	13 200,00 Kč	514 800,00 Kč
patch panel 48 port, 8x MRJ21, 10/100/1000BT	21	ks	18 700,00 Kč	392 700,00 Kč
Štítek označovací dle TIA/EIA-606 na kabel, zásuvku, patch p	160	ks	3,60 Kč	576,00 Kč
Montážní sada do DR M5	60	ks	25,20 Kč	1 512,00 Kč
MRJ21 – MRJ21, 5 m	20	ks	2 840,00 Kč	56 800,00 Kč
MRJ21 – MRJ21, 10 m	136	ks	3 340,00 Kč	454 240,00 Kč
MPO – MPO kabel OM3+, 10 m	3	ks	8 430,00 Kč	25 290,00 Kč
MPO – MPO kabel OM3+, 5 m	1	ks	5 820,00 Kč	5 820,00 Kč
19' vana 1U pro 3 kazety MPO	6	ks	1 650,00 Kč	9 900,00 Kč
Montážní sada do DR M5	6	ks	25,20 Kč	151,20 Kč
MPO kazeta, 12 LC duplex OM3	8	ks	10 400,00 Kč	83 200,00 Kč
Celkem				1 544 989,20Kč

Tabulka 9-2: Výkaz výměr – montáž

Montáž				
Popis položky	Počet	MJ	Jedn. cena	Celkem
uložení kabelu do 20 mm	1500	m	15,00 Kč	22 500,00 Kč
štítek označovací na kabel, zásuvku, patch panel	160	ks	7,50 Kč	1 200,00 Kč
instalace pasivního prvku do datového rozvaděče	66	ks	75,00 Kč	4 950,00 Kč
Celkem				28 650,00 Kč

Tabulka 9-3: Celkové shrnutí nákladů pro předkonektorovanou instalaci

Celkové shrnutí nákladů	
Dodávky	1 544 989,20Kč
Montáž	28 650,00 Kč
Celkem	1 573 639,20 Kč

10 ZÁVĚR

V úvodních kapitolách byla probrána struktura datového centra, rozebrány nejdůležitější body a technologie v datových centrech používané. Velká pozornost byla věnována zónám MDA, HDA, EDA a horizontální a páteční kabeláži, která tyto zóny propojuje.

Následující kapitoly byly zaměřeny na kabeláž a kabelážní systémy. Ve standardní instalaci využíváme převážně metalické kabely S/FTP kategorie 5e a vyšší a optické kabely s vlákny OM3 a OM3+. Předkonektorovaná kabeláž je zaměřena na optický systém MPO a metalický systém MRJ-21.

Hlavním úkolem této práce bylo navrhnout a vyprojektovat profesi strukturované kabeláže pro středně velké datové centrum s cca 40 rozvaděči. Zpracovat výkaz výměr pro oba typy tras. Vyhodnotit investiční náklady CAPEX a změřit parametry metalických kabelů používaných v DC při působícím rušení.

Požadované DC je navrženo se 40 rozvaděči, které jsou stejnoměrně rozmístěny ve čtyřech řadách. Obsahuje jeden hlavní rozvaděč MDA, čtyři rozvaděče zóny HDA a 35 serverových rozvaděčů EDA. Kabeláž ve standardní instalaci je řešena pomocí metalických kabelů S/FTP kategorie 6a a optických kabelů s vlákny OM3+. U předkonektorované kabeláže se využívá systémů MPO a MRJ-21. Návrh datového centra plně odpovídá normě TIA-942.

Náklady na vybudování datového centra vytvořeného pomocí standardní instalace jsou přibližně o 56 procent nižší než náklady na zřízení datového centra s předkonektovaným kabelážním systémem.

Měření bylo testováno na nestíněném kabelu UTP a na stíněných kabelech FTP a S/FTP. Při prvním měření v rozvodně el. proudu jsou výsledky měření UTP a FTP kabelů velmi podobné. Ve srovnání s parametry měření v nezarušeném prostředí je jasně patrný vliv rušení vznikající v rozvodně. U S/FTP kabelů je tento vliv také patrný, a však ne v takové míře. Hodnoty v nezarušeném prostředí v porovnání s hodnotami v zarušeném prostředí se u S/FTP liší do 1 dB. Druhé měření bylo realizováno v laboratoři elektromagnetické kompatibility, kde pomocí generátoru rušivých impulzů a kapacitní kleštiny byly kabely rušeny impulzy do 4 kV. Rušení je na UTP a FTP kabelech lehce patrné, a však rozdíly jsou velmi malé. Na S/FTP kabelu nemělo rušení téměř žádný vliv na měřené parametry

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] *Cabling Systems for Data Centers: Comprehensive Cabling Platform for Data Center Environments* [online]. 2009 [cit. 2011-11-22]. Dostupný z WWW: <http://www.ampnetconnect.cz/web/CZ/Home/Product_Line-Up/Data_Center/>.
- [2] FILKA, M. *Optoelektronika pro telekomunikace a informatiku*. CENTA, Brno 2009.
- [3] HELÁN, R. *Optické areálové sítě*. Brno: Network Group, 2009. 41 s.
- [4] *IEEE802: IEEE 802 LAN/MAN Standards Committee* [online]. 2009. Dostupný z WWW: <<http://www.ieee802.org/>>.
- [5] JANDOŠ, MATUŠKA. *Komunikační technologie a služby: Lokální komunikační sítě LAN*. Praha, KIT VŠE Praha, 75 s.
- [6] KAPOUN, J. CATEGORY [online]. 2007 [cit. 2012-03-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.category.cz/cz/produkty/datacentra>>.
- [7] *NETGURU nezávislí on-line magazín* [online]. 2009 [cit. 2011-12-03]. Dostupný z WWW: <<http://www.netguru.cz/odborne-clanky>>.
- [8] NOVOTNÝ, V. *Architektura sítí: skriptu*. Brno: FEKT VUT Brno, 2002.
- [9] *OFA - Optical Fiber Apparatus* [online]. 2005 [cit. 2011-12-01]. Dostupný z WWW: <http://www.ofacom.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=27&Itemid=52>.
- [10] PETERKA, J. EArchiv : *Archiv článků a přednášek Jiřího Peterky* [online]. 1999 [cit. 2011-12-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.earchiv.cz>>.
- [11] *Pre-terminated AMP NETCONNECT. Σ-Link System*. Tyco Electronics
- [12] *RLC optický konektory* [online]. 2006 [cit. 2011-11-11]. Dostupný z WWW: <www.rlc.cz/files/p00000278/rlc_konektor.pdf>
- [13] *Řešení kabeláže pro datová centra*. Kuřim: AMP NETCONNECT . 5 s.

- [14] *Svět hardware* [online]. 1998 [cit. 2011-11-18]. Dostupný z WWW:
<<http://www.svethardware.cz/glos.jsp?doc=78B06A74A4D817BAC1257353004BF0A4>>.
- [15] ANSI/TIA-942. *Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers Co-chairs: Chris DiMinico & Jonathan Jew*. 2005, 148 s.
- [16] TRULOVE, J. *Sítě LAN*. Mc.Graw - Hill, N.Y. 2006. (Český překlad - Grada Publ.)
- [17] TRÍSKA, Z. *Datová centra AMP NETCONNECT*. 2009
- [18] VAHAL[online]. 1993, [cit. 2011-10-28]. Dostupný z WWW:
<<http://www.vahal.cz/cz/podpora.html>>
- [19] SVAČINA, J. *Elektromagnetická kompatibilita: Elektromagnetická odolnost a její testování*. [online]. 2010, 302 s. [cit. 2012-05-01]. Dostupné z WWW:
<<http://www.radio.feec.vutbr.cz/emc/prezentace.pdf>>
- [20] ČSN EN 50173-1 ed.2. *Informační technologie: Univerzální kabelážní systémy*. Praha: Český normalizační institut, 2008. 118 s.
- [21] ČSN EN 50173-1 ed.2 ZMĚNA A1. *Informační technologie: Univerzální kabelážní systémy*. Praha: Český normalizační institut, 2010. 40 s.
- [22] DTX Series CableAnalyser [online]. 2004. [cit. 2012-05-1]. Dostupné z WWW:
<http://www.fluketestery.cz/produkty/pdf/dtx_cableanalyzer_um_cz.pdf>.
- [23] ISO/IEC 11801:2002/Amd 2:2010 *Information Technology: Generic cabling for customers premises*, 2010. 136 s.
- [24] *Měření strukturované kabeláže*, [online]. 2011. [cit. 2012-05-01]. Dostupné z WWW:
<<http://www.intelek.cz/info.jsp?doc=5C48DFAC7571DD9CC125734C0068E61A>>.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ACR-F	Attenuation to Crosstalk Ratio - Far End
ACR-N	Attenuation to Crosstalk Ratio – Near End
DAS	Directly Attached Storage
DC	Datové Centrum
EDA	Equipment Distribution Area
EMB	Effective Modal Bandwidth
EMS	Energy Management System
FC	Fiber Channel
FC	Fixed Connection
FEXT	Far End Cross Talk
FTP	Foiled Twisted Pair
HDA	Horizontal Distribution Area
HVAC	Heating, Ventilation and Air Conditioning
iSCSI	Internet Small Computer System Interface
LAN	Local Area Network
LC	Lucent Connector
MAC	Move, Add, Change
MC	Main Cross-connect
MDA	Main Distribution Area
MPO	Multifiber Pull Off
MRJ	Modular Registered Jack
MTP	Mechanical Transfer Pull Off
MT-RJ	Mechanical Transfer Registered Jack
NEXT	Near End Cross Talk
OM	On Multimode
OS	On Singlemode
PiMF	Pair in Metal Folio
PS ACR-N	Power Sum ACR-N
PS NEXT	Power Sum NEXT
PSACR-F	Power Sum ACR-F
RL	Return Loss

SAN	Storage Area Network
SCSI	Small Computer System Interface
SLA	Service Level Agreement
SPOF	Single Point Of Failure
SSTP	Screened Shielded Twisted Pair
UTP	Unshielded Twisted Pair
VCSEL	Vertical Cavity Surface Emitting Lasers
ZDA	Zone Distribution Area

SEZNAM PŘÍLOH

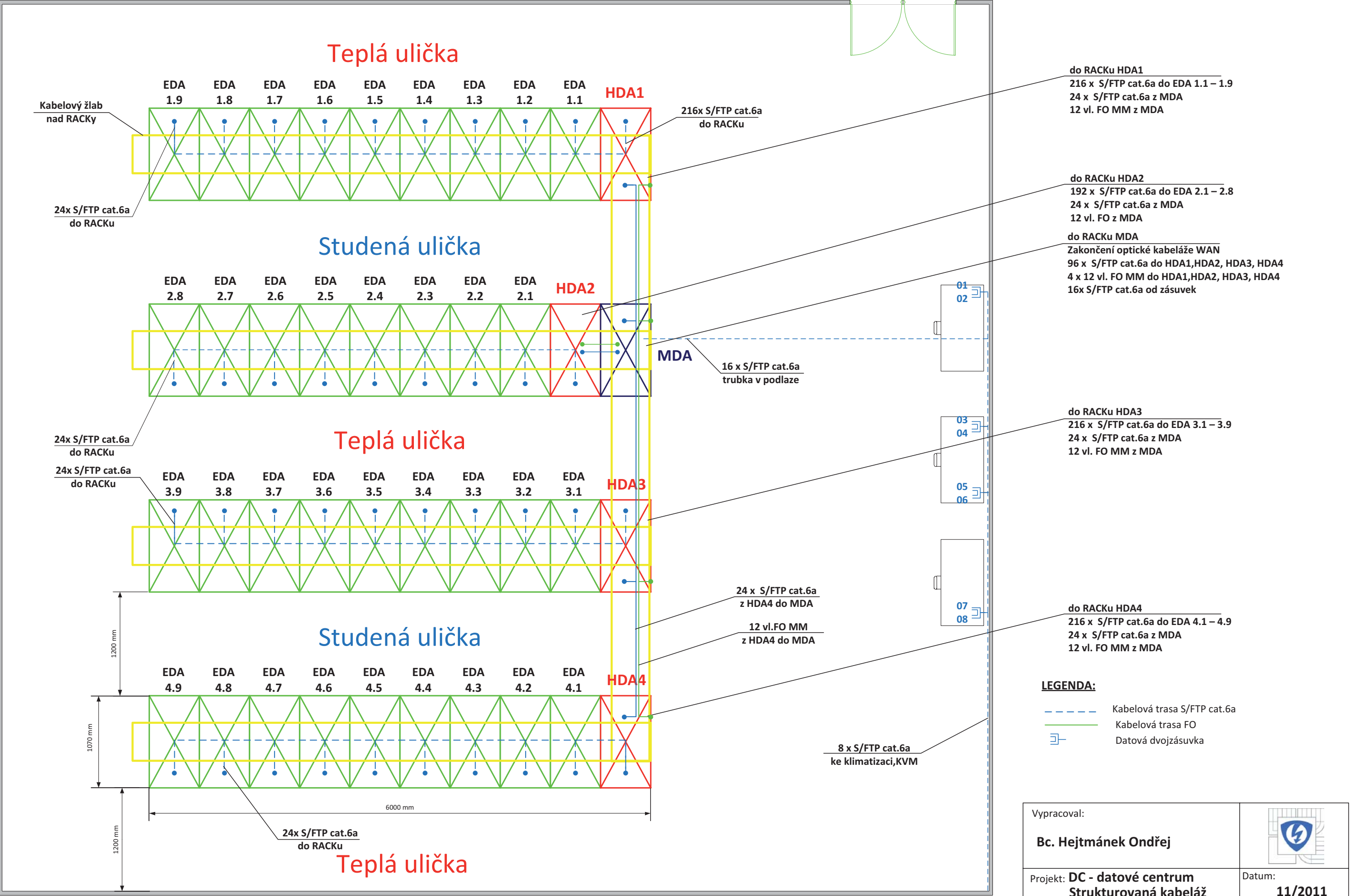
Příloha A: Půdorys DC – standardní instalace

Příloha B: Půdorys DC – předkonektorovaný systém

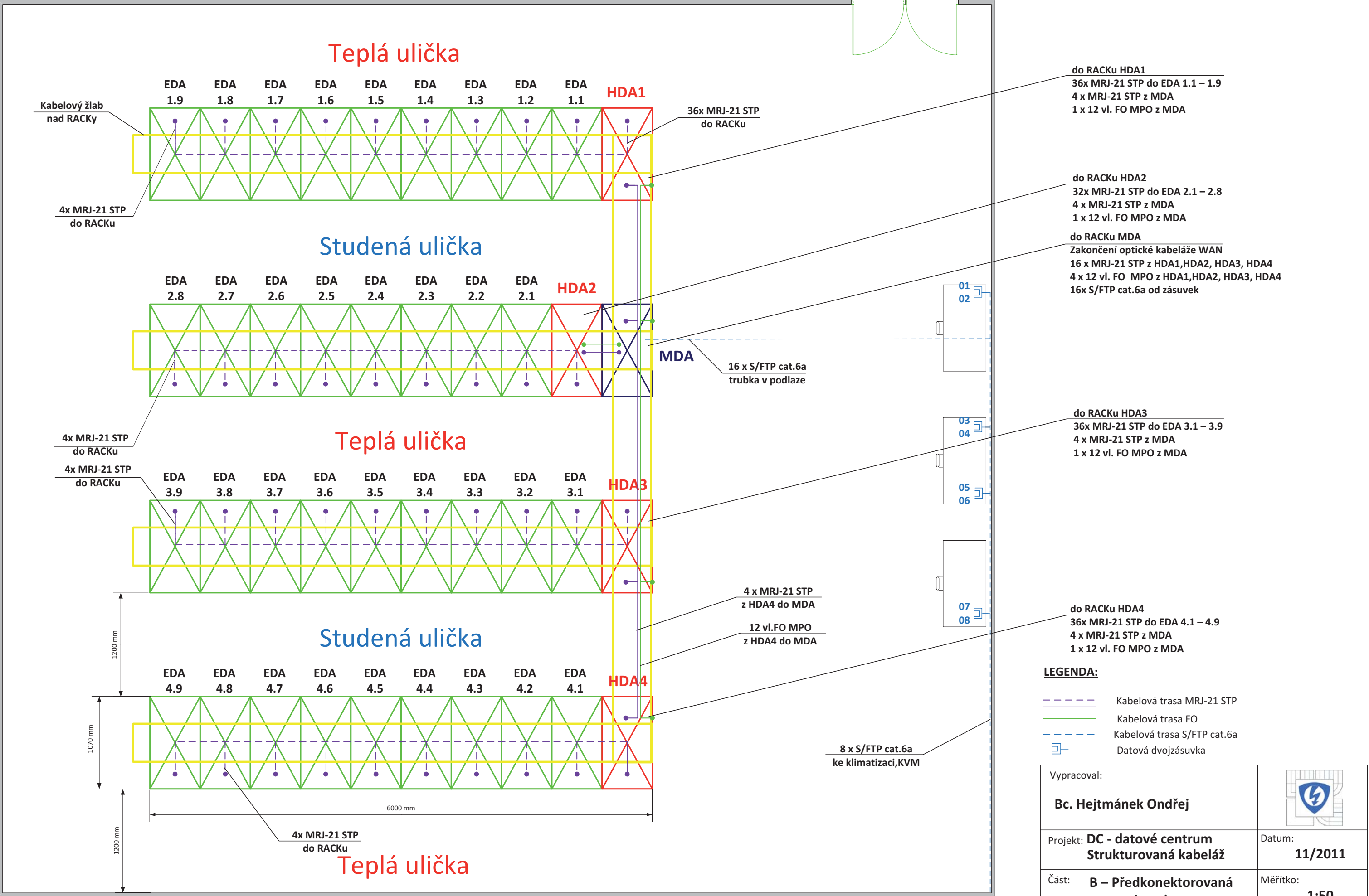
Příloha C: Plán osazení rozvaděčů – standardní instalace

Příloha D: Plán osazení rozvaděčů – předkonektorovaný systém

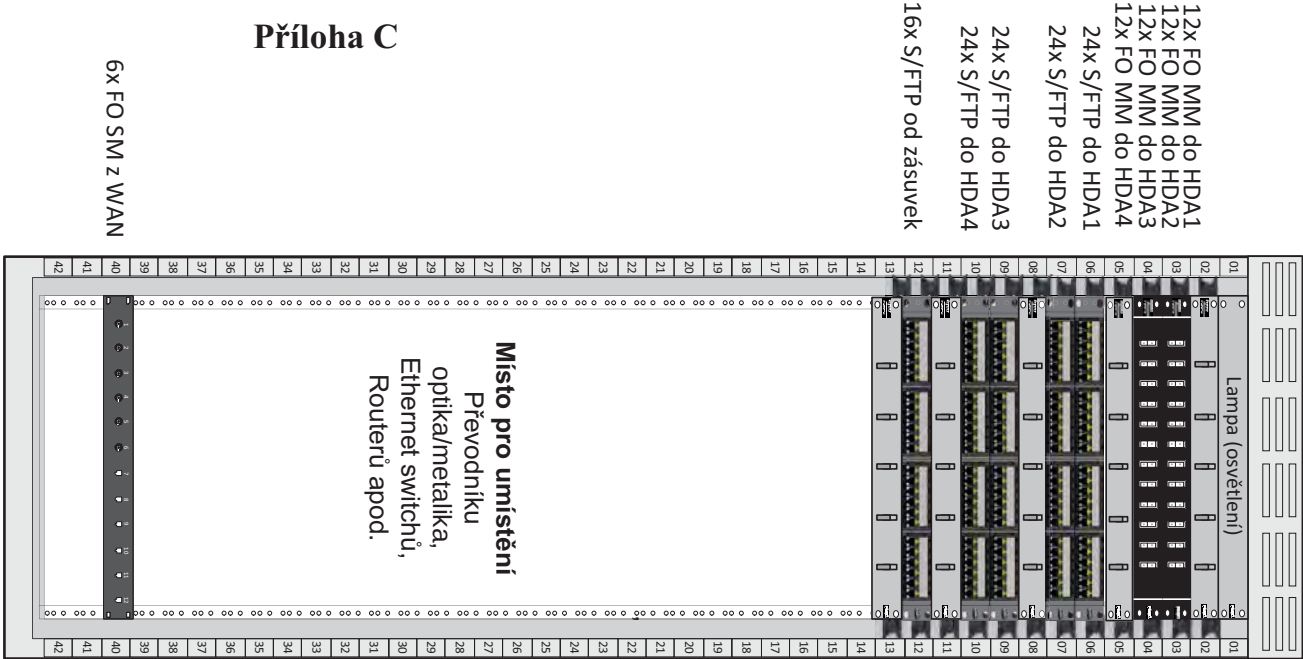
Příloha E: Obsah CD



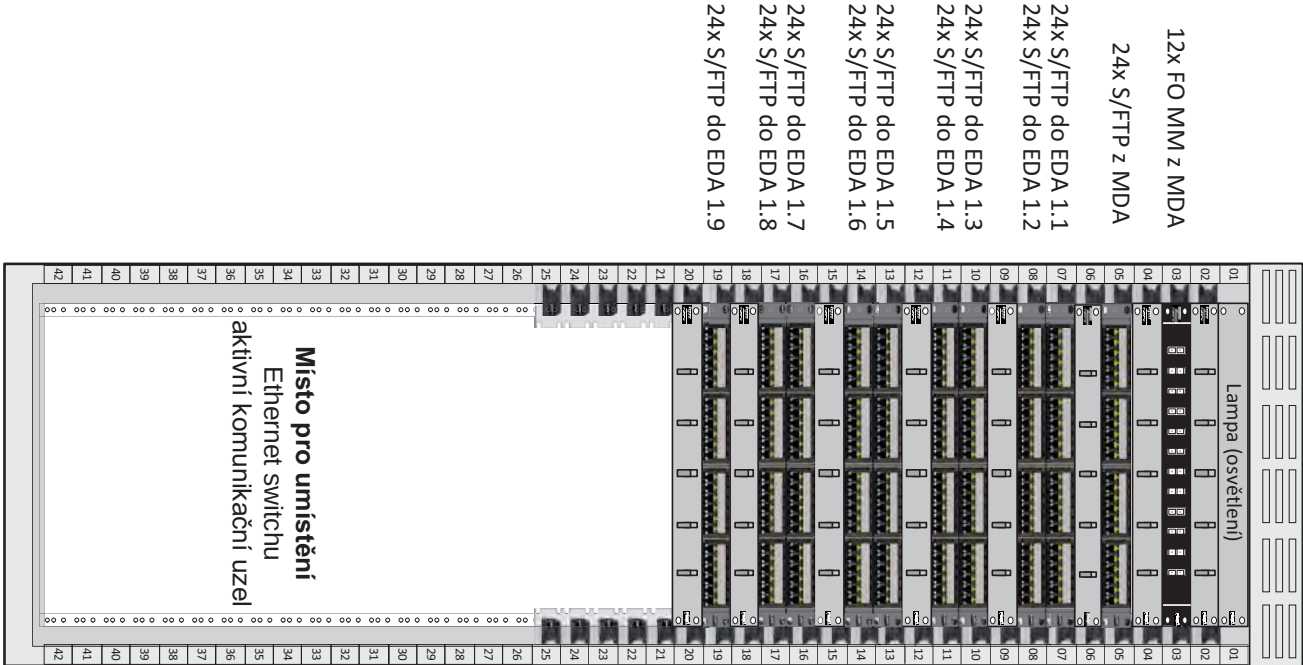
Vypracoval: Bc. Hejtmánek Ondřej	
Projekt: DC - datové centrum Strukturovaná kabeláž	Datum: 11/2011
Část: A – standardní instalace	Měřítko: 1:50
Název výkresu: Půdorys DC	Číslo: A.1



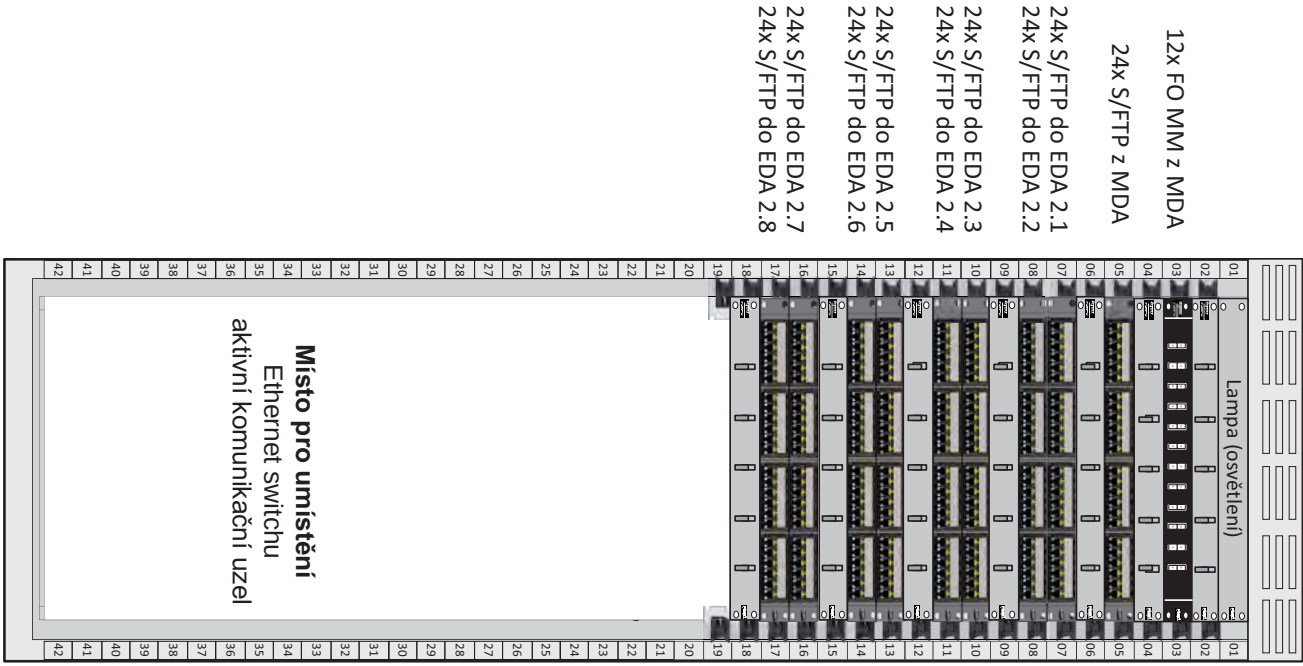
MDA



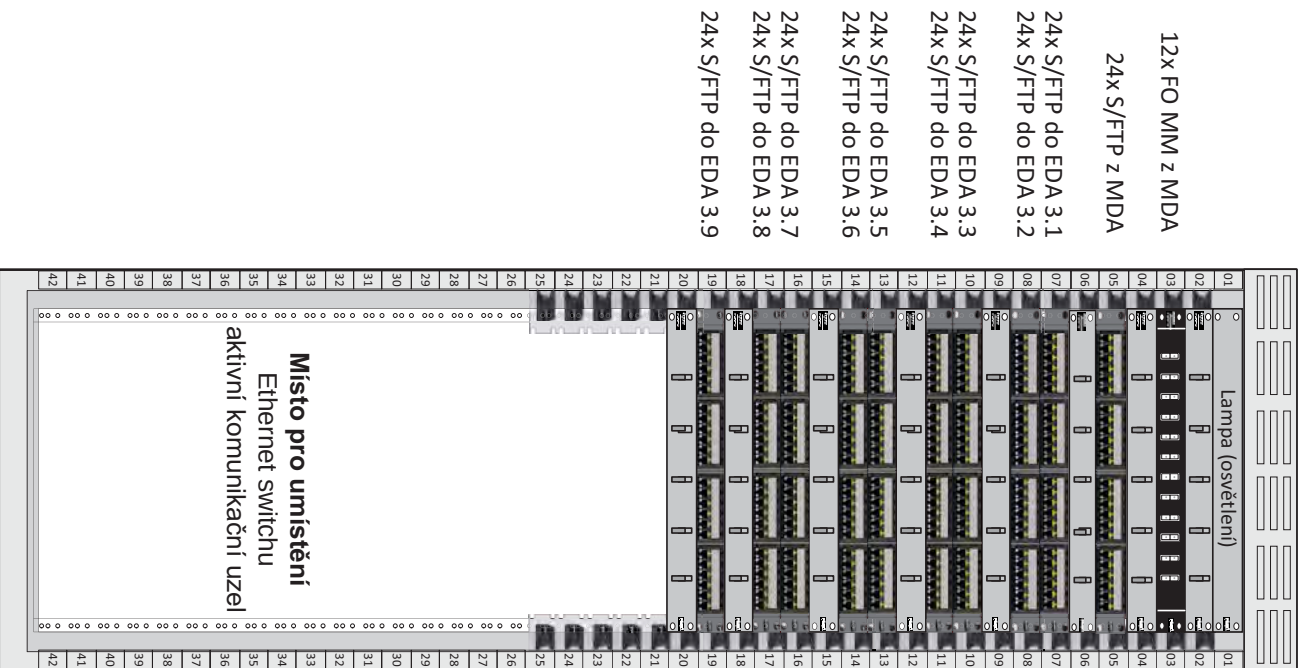
HDA1



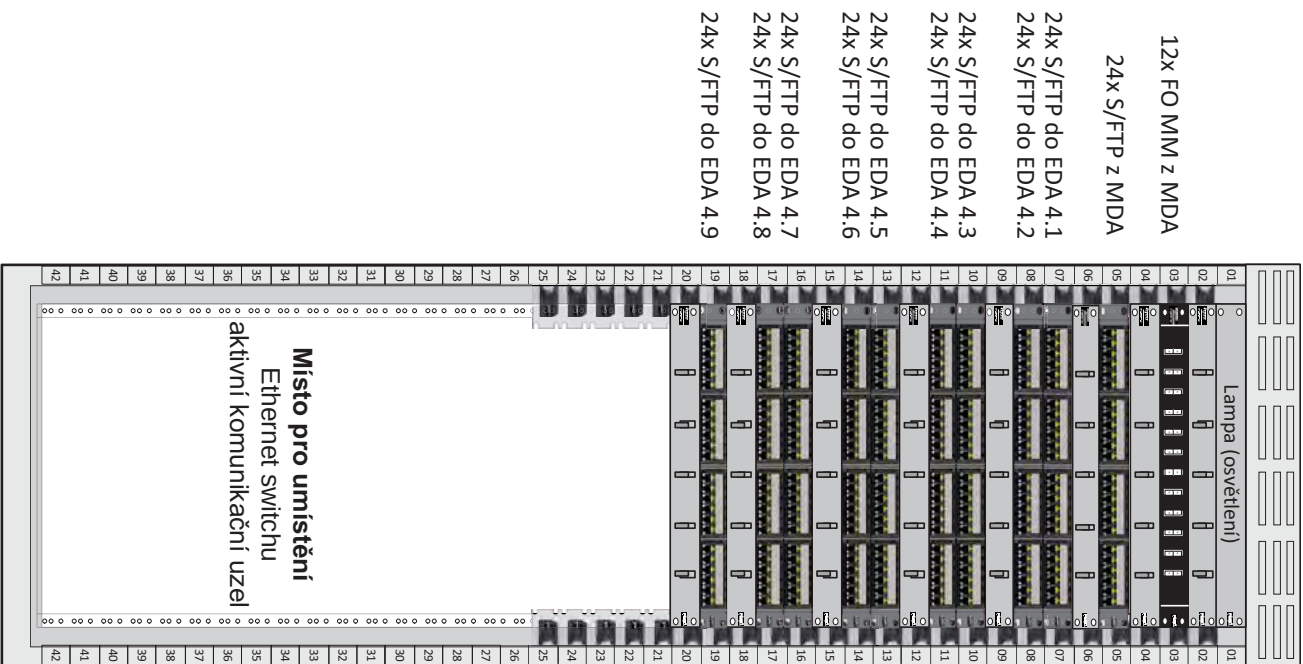
HDA2



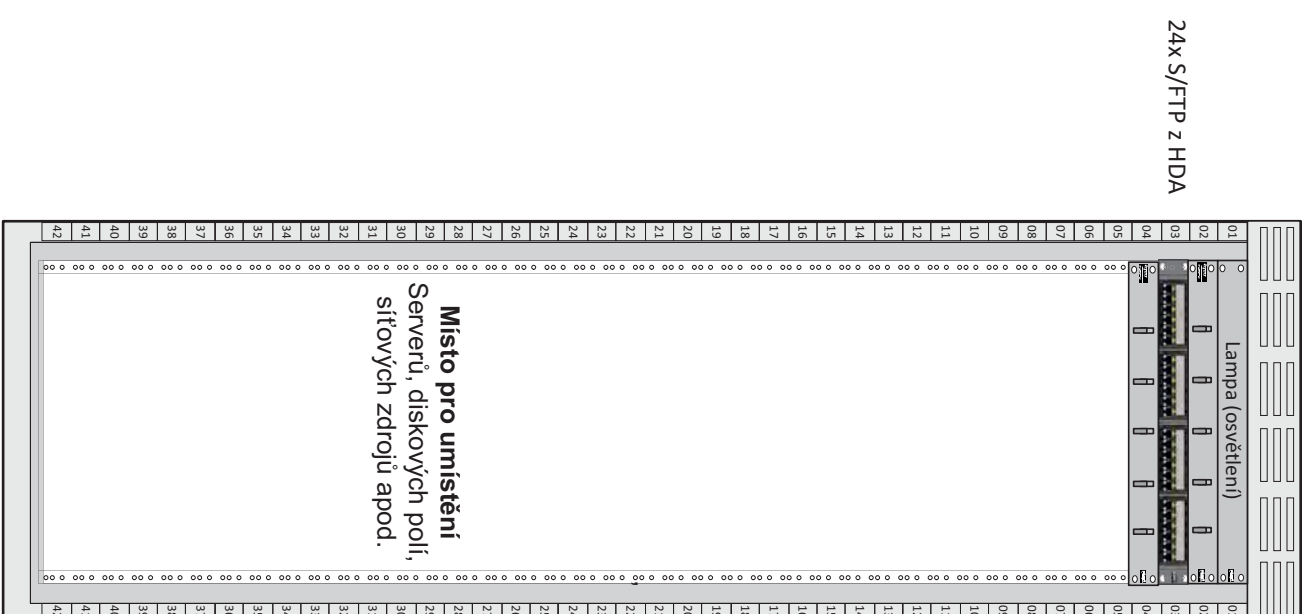
HDA3



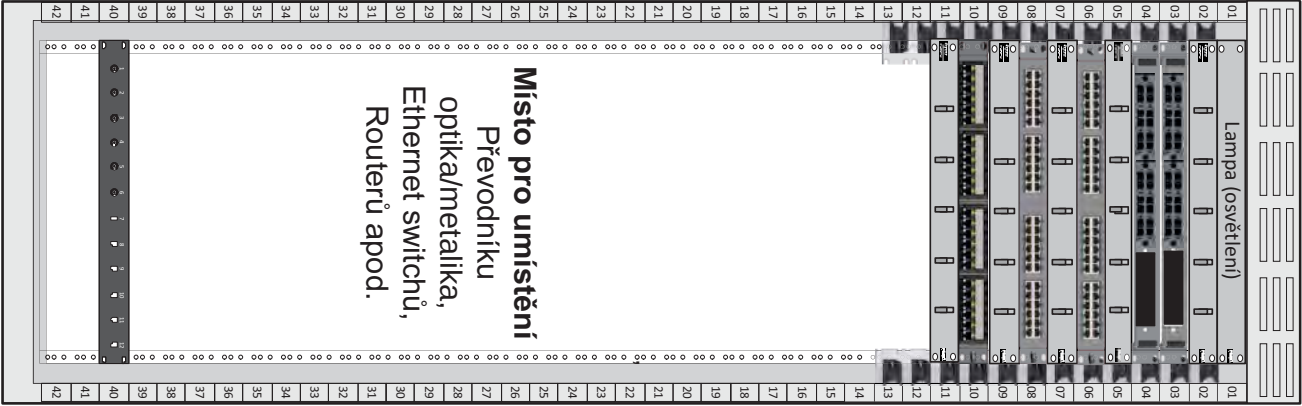
HDA4



EDA x.x

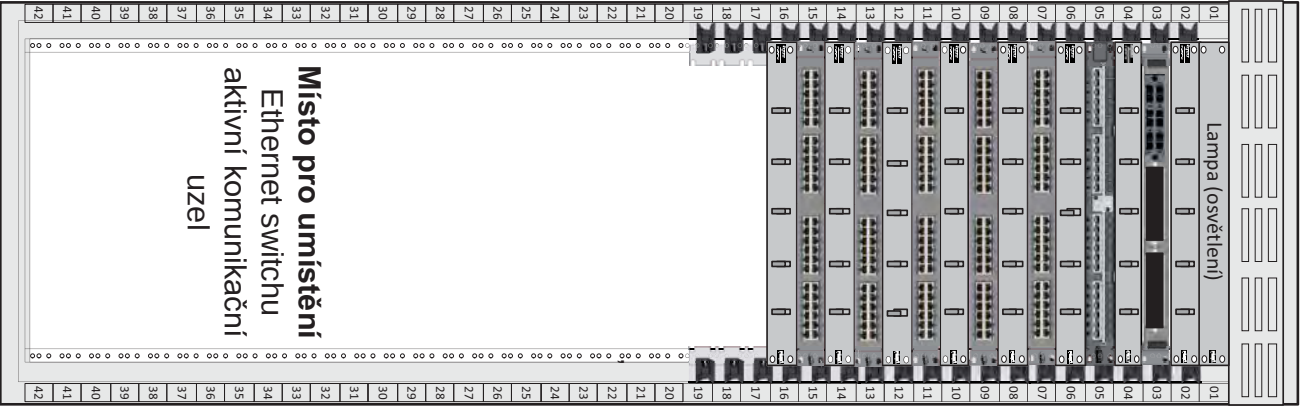


MDA

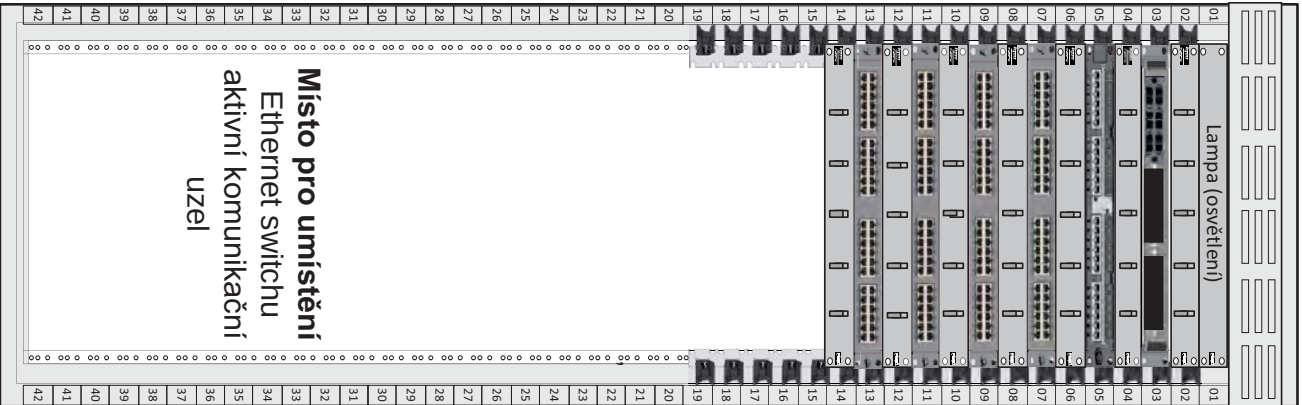


6x FO SM z WAN

HDA1

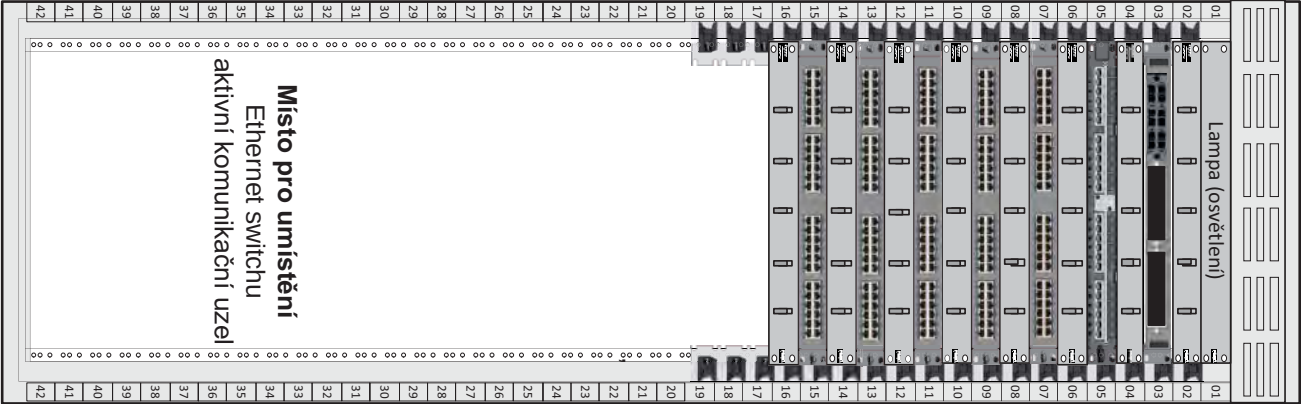


HDA2



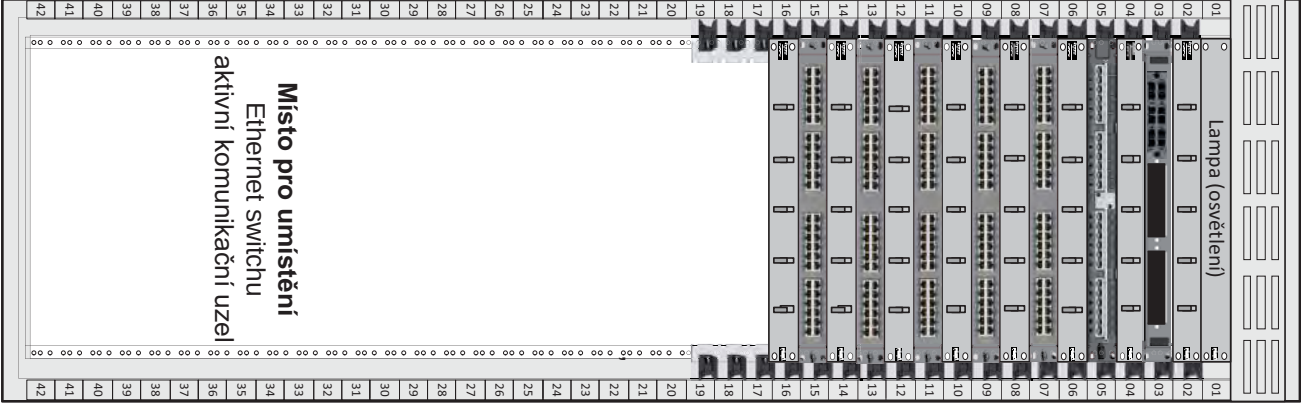
HDA3

- 1x FO MPO z MDA
- 4x MRJ-21 STP z MDA
- 4x MRJ-21 STP do EDA 3.1
- 4x MRJ-21 STP do EDA 3.2
- 4x MRJ-21 STP do EDA 3.3
- 4x MRJ-21 STP do EDA 3.4
- 4x MRJ-21 STP do EDA 3.5
- 4x MRJ-21 STP do EDA 3.6
- 4x MRJ-21 STP do EDA 3.7
- 4x MRJ-21 STP do EDA 3.8
- 4x MRJ-21 STP do EDA 3.9



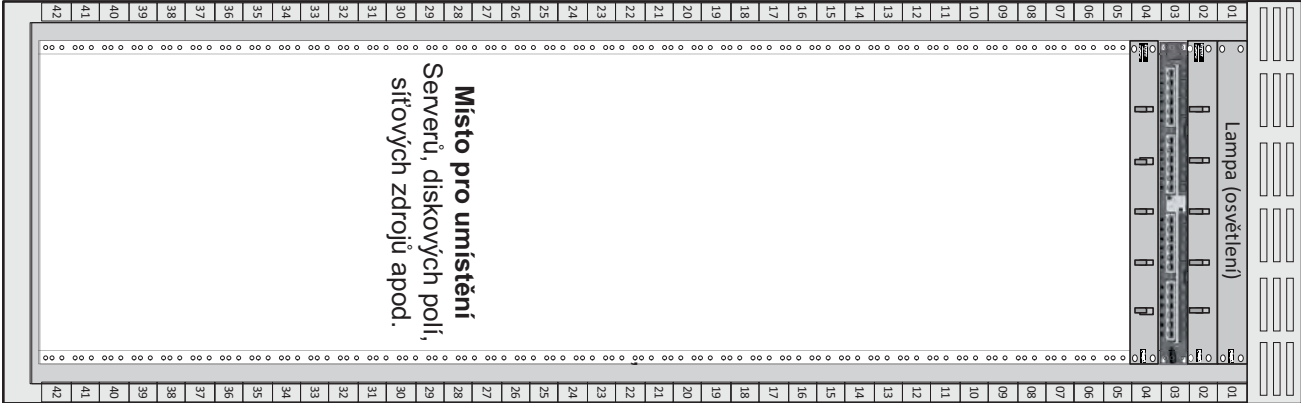
HDA4

- 1x FO MPO z MDA
- 4x MRJ-21 STP z MDA
- 4x MRJ-21 STP do EDA 4.1
- 4x MRJ-21 STP do EDA 4.2
- 4x MRJ-21 STP do EDA 4.3
- 4x MRJ-21 STP do EDA 4.4
- 4x MRJ-21 STP do EDA 4.5
- 4x MRJ-21 STP do EDA 4.6
- 4x MRJ-21 STP do EDA 4.7
- 4x MRJ-21 STP do EDA 4.8
- 4x MRJ-21 STP do EDA 4.9



EDA x.x

- 4x MRJ-21 STP z HDA



Legenda:



Pach panel 24 port 10Gbit Ethernet



Vyvazovací panel 1U



Optický panel SC



Patch panel pro 3 kazety MPO



MRJ-21 STP Patch panel 48 port



MRJ-21 STP Patch panel 24 port



Optický panel ST



MPO kazeta 6x LC duplex

Příloha E

Obsah CD:

Fotografie – Adresář obsahující fotografie z měření.

Grafické zobrazení – Adresář obsahující grafy z měření v rozvodně el. proudu a v laboratoři elektromagnetické kompatibility na ústavu UREL.

Návrh_DC_pred.pdf – Návrh datového centra – předkonektorovaná kabeláž.

Návrh_DC_standard.pdf – Návrh datového centra – standardní kabeláž.

Projekt datového centra-strukturovaná kabeláž.pdf – Soubor obsahující diplomovou práci.

Protokoly1.pdf – protokoly z měření v rozvodně

Protokoly2.pdf – protokoly z měření v laboratoři

Rozvaděče – Adresář obsahující osazení jednotlivých rozvaděčů.

Tabulky_měření.xlsx – Naměřené hodnoty z jednotlivých měření