



## Príloha 7 – Hospodárenie s frekvenčným spektrom v prístupovej sieti

## Obsah

1.	Účel dokumentu .....	3
2.	Technológie v prístupovej sieti .....	3
3.	Technické parametre .....	4
4.	Základné zásady pre spektrálnu kompatibilitu zariadení v prístupovej sieti .....	4
5.	Dohľad nad frekvenčným spektrom .....	5
6.	Overenie prístupu z hľadiska spektrálnej kompatibility .....	5
7.	Pravidlá zapájania a prevádzky zariadení pracujúcich na účastníckom vedení .....	5
8.	Porušenie zmluvných podmienok hospodárenia s frekvenčným spektrom .....	6
9.	Riešenie hraničných stavov v prístupovej sieti .....	6
10.	Súpis skratiek .....	6
11.	Literatúra.....	7

## 1. Účel dokumentu

Účelom tohto dokumentu je vymedziť technické pravidlá pre prístup k účastníckemu vedeniu. Na účastníckych vedeniach realizovaných metalickým párom v prístupovej sieti neexistuje žiadna účinná ochrana proti prenikaniu rušivých signálov do účastníckeho vedenia zapríčinených elektromagnetickými väzbami. **Výnimkou je technológia VDSL s vektorovými funkcionalitami.** Vektoring dokáže eliminovať vnútorné (medzipárové) rušivé signály. Ak má byť prístupová sieť poskytnutá aj Oprávneným poskytovateľom, je nevyhnutné poznať najdôležitejšie prenosové parametre zariadení, ktoré Oprávnený poskytovateľ mieni nasadiť do prístupovej siete, a zariadení, ktoré už Telekom v prístupovej sieti prevádzkuje, aby bolo možné posúdiť, do akej miery sa môžu navzájom nepriaznivo ovplyvňovať rôzne telekomunikačné zariadenia pracujúce v prístupovej sieti na účastníckych vedeniach v tej istej káblovej trase a či bude možné Oprávnenému poskytovateľovi zriadiť prístup k účastníckemu vedeniu na nasadenie požadovanej technológie. Posudzovanie vzájomného ovplyvňovania prenosových technológií na spoločnej káblovej trase môžeme zahrnúť pod pojem spektrálna kompatibilita v prístupovej sieti.

Súbor základných parametrov, ktoré bude musieť oznámiť Oprávnený poskytovateľ Telekomu, na základe čoho bude možné posúdiť, či danú technológiu bude možné na účastníckom vedení použiť, sú nasledovné:

- druh nasadzovanej technológie
  - požadovaná šírka frekvenčného pásma
  - maximálna prenosová rýchlosť v kbit/s
  - modulačná rýchlosť v kBd
  - typ modulácie alebo linkového kódu
  - maximálny vysielač výkon v dBm v požadovanom frekvenčnom pásme
  - maximálna vysielač napätová úroveň vo voltoch
- Znalosť týchto základných parametrov nenahrádza a nevylučuje technické prešetrenie možnosti použitia prístupovej technológie na účastnícke vedenie.

## 2. Technológie v prístupovej sieti (pls. verifikujte u J. Naštického)

V prístupovej sieti sa v súčasnosti využíva:

1. Technológia analógových telefónnych liniek (POTS):
  - a) analógové telefónne prípojky (ATP)
  - b) tarifikačné impulzy 16 kHz
  - c) signalizácia na pulty centralizovanej ochrany (PCO)
  - d) telefaxy skupiny 3
  - e) analógové modemy podľa odporúčaní ITU-T radu V.xx
  - f) prenajaté okruhy:
    - 2-drôtové
    - 4-drôtové
2. Technológia digitálnych liniek s impulzno kódovou moduláciou (PCM):
  - a) digitálny multiplex PCM I. rádu
  - b) 30-kanálové združovacie systémy PCM 30
  - c) primárny prístup do digitálnej siete združených služieb (PRA ISDN)
3. Technológia založená na princípe ISDN (IDSL):
  - a) základný prístup do digitálnej siete združených služieb (BRA ISDN)
  - b) združovacie systémy PCM 2
  - c) združovacie systémy PCM 4
  - d) predĺžená zbernica  $S_0$  v ISDN (< 500 m)
4. Technológia súmerných digitálnych účastníckych liniek (SDSL):
  - a) modemy MSDSL  $n \times 64$  kbit/s
5. Technológia vysokorýchlostných digitálnych účastníckych liniek (HDSL):
  - a) 1-párové prenosové systémy HDSL
  - b) 2-párové prenosové systémy HDSL
  - c) 3-párové prenosové systémy HDSL
  - d) 10-kanálové združovacie systémy PCM 10
6. Technológia 1-párových vysokorýchlostných digitálnych účastníckych liniek (SHDSL):
  - a) 1-párové prenosové systémy SHDSL
  - b) 2-párové prenosové systémy SHDSL
  - c) 4-párové prenosové systémy SHDSL
  - d) 1-párové prenosové systémy SHDSL.bis
  - e) združovacie zariadenia PCM 4i
7. Technológia nesúmerných digitálnych účastníckych liniek (ADSL):

- a) univerzálna ADSL (UADSL) bez odbočovačov (G.Lite)
- b) ADSL spoločná s analógovou telefónnou linkou (ADSL + POTS)
- c) ADSL spoločná s digitálnou účastníckou linkou ISDN (ADSL + BRA ISDN)
- d) UADSL 2
- e) ADSL 2
- f) ADSL 2+
8. Technológia digitálnych účastníckych liniek s veľmi vysokými rýchlosťami (VDSL):
9. bez vektoringu s vektoringom Prenos základného telegrafného signálu rýchlosťou 50 Bd a dátových signálov podľa starších odporúčaní ITU-T X.20, X.21, V.35, V.36, X.35, X.36, ako aj samostatných synchronizačných impulzov, cez prístupovú sieť nebude poskytnutý.

### 3. Technické parametre

Požiadavky kladené na technické parametre jednotlivých technológií nasadzovaných do prístupovej siete, ktoré nesmú byť prekročené, sú v stĺpcoch 6, 9, 10, 11 tabuľky I-1.

Stĺpec 13 tabuľky I-1 označuje odkazy na matematické vzorce uvedené v Doplnku I, pomocou ktorých je možné zrekonštruovať priebehy frekvenčných spektier prenášaných signálov (obr. 1 až 6).

### 4. Základné zásady pre spektrálnu kompatibilitu zariadení v prístupovej sieti

Prenosové systémy nasadené na účastnícke vedenie sa môžu rušiť tým viac, čím viac sa prekrývajú ich frekvenčné spektrá. Z tohto hľadiska technológie, ktoré sa nebudú vôbec rušiť, lebo ich spektrá sa neprekrývajú (sú zlučiteľné), a ktoré je možné prevádzkovať aj na spoločnom vedení, sú označené v tabuľke I-2 v Doplnku I.

Ostatné technológie sú vzájomne nezlučiteľné. Nemožno ich prevádzkovať spoločne na účastníckom vedení. Pri prevádzke na rôznych účastníckych vedeniach sa môžu vzájomne rušiť. Miera vzájomného ovplyvňovania závisí od veľkosti presluchovej väzby a od prekrytia ich spektier.

Hlavné zásady:

- Nasadzovaná technológia musí zodpovedať technickým parametrom ustanoveným medzinárodnými odporúčaniami ITU-T, európskymi telekomunikačnými normami ETSI a slovenskými technickými predpismi telekomunikácií TPT-T.
- Na účastnícke vedenie pri spoločnom prístupe k účastníckemu vedeniu je možné nasadzovať len spektrálne zlučiteľné zariadenia podľa tabuľky I-2.
- V kábloch štvorkovanej konštrukcie môže byť v 1 štvorke prevádzkovaný len 1 digitálny systém na 1 páre.
- Obsadzovanie párov ktoréhokoľvek úseku účastníckeho vedenia zariadeniami pracujúcimi v nadhovorovom (rozšírenom) pásme bude Telekom organizovať tak, aby bola dodržaná deklarovaná minimálna kvalita služieb požadovaných na danom účastníckom vedení. Nasadzovanie technológií Oprávneného poskytovateľa, ktorého frekvenčný rozsah poskytovaných služieb zasahuje do prenosového pásma širokopásmových služieb Telekomu, môže mať za následok, že nastane rušenie frekvenčných spektier vo frekvenčnom pláne a to bude mať vplyv aj na celkovú penetráciu služieb v kábli a prenosovú rýchlosť.
- Pri nasadzovaní ADSL technológie používať ADSL s oddelenými frekvenčnými spektrami vzostupného a zostupného toku.
- V analógových telefónnych prípojkách používať výlučne tónovú voľbu DTMF.
- Prípadné požiadavky na prenos signálov na pulty centrálnej ochrany (PCO) cez účastnícke vedenia posudzovať osobitne.
- Oprávnený poskytovateľ musí tak v prípade úplného prístupu k účastníckym vedeniam, ako aj v prípade spoločného prístupu k účastníckym vedeniam:
  - dodržať dohodnutú šírku frekvenčného pásma
  - neprekročiť celkový výkon vysielaný na vedenie o viac ako 1 dBm (> 25 %)
  - neprekročiť napätovú úroveň signálu o viac ako 10 %
  - neprekročiť priebeh (masku) hustoty výkonového spektra o viac ako 2 dBm/Hz (> 1,58 mW/Hz) na ktorejkoľvek frekvencii vo frekvenčnom pásme i mimo neho
  - dodržať fyzické, elektrické, funkčné a protokolové parametre rozhraní podľa typu pripojenej technológie, na ktorého prevádzku dostal príslušné povolenie Telekomu

Porušenie ktorejkoľvek z vyššie uvedených zásad je možné považovať za porušenie zmluvných podmienok hospodárenia s frekvenčným spektrom a ďalší postup je popísaný v bode 8 tejto Prílohy.

Pri správe kmitočtového spektra nebude Telekom diskriminovať Oprávneného poskytovateľa voči svojim zložkám alebo iným poskytovateľom.

## 5. Dohľad nad frekvenčným spektrom

Prípustnú veľkosť šumovej úrovne  $a_n$  na monitorovacej slučke stanovíme nasledovnou úvahou:

Miera rušivého vplyvu je vyjadrená odstupom úrovne užitočného signálu od šumu  $a_{s/n}$ :

$$a_{s/n} = a_p - a_n - a_r$$

kde  $a_p$  je úroveň signálu na vstupe prijímača,  $a_n$  úroveň šumov na vstupe prijímača a  $a_r$  je šumová rezerva.

Prijímaciu úroveň  $a_p$  nepoznáme, no môžeme ju vypočítať zo známej vysielačej úrovne  $a_v$  a z tlmenia signálu na kábelovej trase  $a_k$ :

$$a_p = a_v - a_k$$

Potom:

$$a_{s/n} = a_v - a_k - a_n - a_r$$

odkiaľ:

$$a_n = a_v - a_k - a_{s/n} - a_r$$

Je potrebné číselne odhadnúť veličiny  $a_v$ ,  $a_k$ ,  $a_{s/n}$ ,  $a_r$ .

Pri  $a_v$  je potrebné zistiť najmenší vysielač výkon digitálneho signálu. Tento je 9,3 dBm v technológii IDSL so signálovými prvkami tvarovanými do trojuholníka.

Pri  $a_k$  predpokladáme monitorovaciu slučku o celkovej dĺžke 1 km. Tlmenie kábla so skrúcanými medenými žilami s priemerom žíl 0,4 mm je na tejto dĺžke okolo 21 dB na frekvencii 1 MHz.

Pre bitovú chybovosť  $10^{-7}$  je potrebný odstup signálu od šumu  $a_{s/n} = 21,4$  dB.

Šumovú rezervu  $a_r$  stanovíme na 6 dBm.

Takže:

$$a_n = 9,3 - 21 - 21,4 - 6 = -39,1 \text{ dBm} \approx -39 \text{ dBm}$$

## 6. Overenie prístupu z hľadiska spektrálnej kompatibility

Aby bolo isté, že povolená šumová úroveň  $a_n = -39$  dBm nebude prekročená, pri nasadzovaní akéhokoľvek digitálneho systému do účastníckeho vedenia je potrebné ešte pred jeho samotným nasadením preveriť vyslaním pseudonáhodného signálu do vybraného účastníckeho vedenia, na opačnom konci impedančne prispôsobeného, či v monitorovacej slučke nebude prekročená šumová úroveň  $a_n = -39$  dBm. Ak by mala byť táto šumová úroveň prekročená, prenosový systém nie je možné nasadiť.

## 7. Pravidlá zapájania a prevádzky zariadení pracujúcich na účastníckom vedení

- Pred uvedením svojho zariadenia do prevádzky musí Oprávnený poskytovateľ upovedomiť Telekom o svojom zámere podaním žiadosti o administratívne posúdenie zariadenia, v ktorej uvedie technické parametre zariadenia.
- Na pripojenie k VTS Telekom prichádzajú do úvahy len také zariadenia, ktoré sú na Zozname zariadení vyhovujúcich VTS Telekom alebo na ktoré už boli vydané odporúčania ITU-T alebo normy ETSI a ktoré majú kladný výsledok administratívneho posúdenia zariadenia.
- Pred uvedením takéhoto zariadenia do prevádzky musí Telekom vykonať posúdenie spektrálnej kompatibility na vedení. Až po jeho kladnom výsledku je vydaný súhlas na jeho trvalú prevádzku vo VTS Telekom.
- V pripojenom zariadení je neprípustné meniť jeho technické vlastnosti, ktoré by viedli k zmene parametrov v tabuľke I-1 alebo k prekročeniu napätových a výkonových úrovní a šírky pásma. V prípade, že Oprávnený poskytovateľ mieni meniť tieto parametre alebo zmeniť typ pripojenej technológie, postupuje sa ako pri pripájaní nového zariadenia.

## 8. Porušenie zmluvných podmienok hospodárenia s frekvenčným spektrom

Ak Telekom zistí porušenie zmluvných podmienok hospodárenia s frekvenčným spektrom uvedených v bode 4 tejto Prílohy, situáciu zdokumentuje a bezodkladne zahájí jednanie s Oprávneným poskytovateľom.

Ak je porušenie podmienok hospodárenia s frekvenčným spektrom zistené na 5% (alebo viac) sprístupnených vedení pripojených k danému zariadeniu Oprávneného poskytovateľa (napríklad DSLAM), alebo na 3% sprístupnených vedení pripojených k danej technológii Oprávneného poskytovateľa (napríklad ADSL2+), má Telekom právo označiť dané zariadenie alebo technológiu za nespoľahlivú a požadovať od Oprávneného poskytovateľa nápravu.

Ak Oprávnený poskytovateľ nevykoná nápravu do 48 hodín od upozornenia zo strany Telekomu, má Telekom právo odpojiť všetky dotknuté sprístupnené vedenia na príslušnom odovzdávacom rozvádzačiu rozvádzačoch až do úplného odstránenia všetkých dôvodov, ktoré viedli k porušeniu podmienok hospodárenia s frekvenčným spektrom

## 9. Riešenie hraničných stavov v prístupovej sieti

Aj pri striktnom dodržiavaní všetkých podmienok hospodárenia s frekvenčným spektrom, je možné časom dospieť k hraničnému stavu v sieti, kde napriek existencii voľných účastníckych vedení nebude možné nové služby zriaďovať bez optimalizácie existujúcich služieb.

Pri dosiahnutí takéhoto stavu sa Telekom a všetci Oprávnení poskytovatelia v danej oblasti zaväzujú vstúpiť do jednaní, ktorých výsledkom bude koordinovaná optimalizácia existujúcich služieb na všetkých pripojených technológiách vo vlastníctve Telekomu a Oprávnených poskytovateľov.

## 10. Súpis skratiek

ADSL	nesúmerná digitálna účastnícka linka (Asymmetric Digital Subscriber Line)
AMI	linkový kód na zbernici S <sub>0</sub> u BRA ISDN (Alternate Mark Inversion)
ATP	analogový telefónny prístroj
BRA ISDN	základný prístup ISDN (Basic Rate Access ISDN)
CAP	modulačná technika pri modemoch MSDSL (Carrierless Amplitude-Phase)
DMT	modulačná technika pri technológii ADSL (Discrete Multi-Tone)
ETSI	Európsky ústav pre telekomunikačné normy (European Telecommunication Standardisation Institute)
HDB3	linkový kód v PCM multiplexe (High Density Bipolar Three)
HDSL	vysokorychlostná digitálna účastnícka linka (High bit rate Digital Subscriber Line)
HR	hlavný rozvádzač
IDSL	technológia digitálnych účastníckych liniek na princípe ISDN
ISDN	digitálna sieť združených služieb (Integrated Service Digital Network)
ITU-T	Medzinárodná telekomunikačná únia (International Telecommunication Union)
PCM	impulzne kódová modulácia (Pulse Code Modulation)
PCO	pult centralizovanej ochrany
POTS	analogová telefónna služba (Plane Old Telephone Service)
PRA ISDN	primárny prístup ISDN (Primary Rate Access ISDN)
SDSL	súmerná digitálna účastnícka linka (Symmetric Digital Subscriber Line)
SHDSL	jednopárová vysokorychlostná digitálna účastnícka linka (Single pair High speed Digital Subscriber Line)
SR	sieťový rozvádzač
Telekom	Slovak Telekom
TC PAM	modulačná technika v technológii SHDSL (Trellis Coded Pulse Amplitude Modulation)
TR	traťový rozvádzač
UADSL	univerzálna nesúmerná digitálna účastnícka linka (Universal Asymmetric Digital Subscriber Line)
VDSL	digitálna účastnícka linka s veľmi vysokými rýchlosťami (Very high bit rate Digital Subscriber Line)
Vectoring	vectoring technológie VDSL spočíva v potlačení presluchov medzi metalickými pármí v kábli, čo umožňuje výrazné zvýšenie rýchlosti dátového prenosu. Zariadenie podporujúce vectoring vytvára vo vedení na základe analýzy šumu doplnkový signál, ktorý po rekombinácii so šumovým signálom dokáže anulovať presluchy.
VTS	verejná telekomunikačná sieť
WDMT	modulačná technika v technológii VDSL (Wavelet Discrete Multi-Tone)
2B1Q	linkový kód v technológii IDSL (Two Binary One Quarternary)

**11. Literatúra**

1. High bit rate Digital Subscriber Line (HDSL) transceivers. ITU-T Recommendation G.991.1 (10/1998)
2. Single-pair High-speed Digital Subscriber Line (SHDSL) transceivers. ITU-T Recommendation G.991.2 (02/2001)
3. Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) transceivers. ITU-T Recommendation G.992.1 (06/1999)
4. Splitterless Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) transceivers. ITU-T Recommendation G.992.2 (06/1999)
5. Very high speed Digital Subscriber Line foundation. ITU-T Recommendation G.993.1 (11/2001)
6. Test procedures for digital subscriber line (DSL) transceivers. ITU-T Recommendation G.996.1 (06/1999)
7. Transmission and Multiplexing (TM); Spectral management on metallic access networks; Part 1: Definitions and signal library. ETSI TR 101 830-1, V1.1.1
8. Technické požiadavky na koncové telekomunikačné zariadenia. 1. časť: Koncové telekomunikačné zariadenia pripojené k analógovému účastníckemu rozhraniu verejnej telekomunikačnej siete. Technický predpis TPT-T 5-1, MDPaT, september 1998
9. Nasadzovanie HDSL do prístupovej siete. Technický predpis TA 207, Slovenské telekomunikácie, a. s., Bratislava, 1999
10. Zriaďovanie prístupov ADSL a ich prevádzkovanie. Metodické usmernenie, Slovenské telekomunikácie, a. s. Bratislava, 2003



**12. Príloha I: Technické parametre technológií v prístupovej sieti** (pls. verifikujte u J. Naštického)

Tabuľka I-1: Technické parametre technológií v prístupovej sieti

Po- lož- ka	Druh technológie	Prenosová rýchlosť [kbit/s]	Modulačná rýchlosť [kBd]	Typ modulácie	Počet párov	Napätová úroveň signálu [V]	Zakončovaci a impedancia [Ω]	Maximum spektra [dBm/Hz]	Výkon signálu v celom spektre		Potrebná šírka pásmo [kHz]	Prenesený výkon [%]	Vzorec pre tvar spektra
									P [mW]	a <sub>v</sub> [dBm]			
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	POTS	-	-	-	1	1	600	-33,8	1,67	2,2	0÷4	100	(1)
2	Signalizácia PCO	-	-	-	1	4,36	600	15	32	15	18÷20	100	(2)
3	Tarifovanie	-	-	-	1	4,36	600	15	32	15	16±0,08	100	(2)
4	PCM30, PRAISDN	2 048	2048	HDB3	2	3	120	-48,2	18,75	12,7	0÷2 048	80	(3)
5	IDSL (BRA ISDN)	160	80	2B1Q	1	2,5	135	-31,9	26	14,1	0÷80	90	(4)
6	Zbernica S <sub>0</sub>	192	192	AMI	2	0,75	100	-48,1	2,8	4,5	0÷192	86	(3)
7	SDSL	144÷2 064	144÷2 064	CAP	1	-	135	-	22	13,5	10÷430	-	-
8	1-párový HDSL	2 320	1 160	2B1Q	1	2,5	135	-43	26	14,1	0÷1 160	90	(4)
9	2-párový HDSL	2×1 168	584	2B1Q	2	2,64	135	-40,1	29	14,6	0÷584	90	(4)
10	3-párový HDSL	3×784	392	2B1Q	3	2,64	135	-38,3	29	14,6	0÷392	90	(4)
11	PCM 10	784	392	2B1Q	1	2,64	135	-38,3	29	14,6	0÷392	90	(4)
12	1-párový SHDSL	192÷2 312	67÷771	TC PAM	1	3,6	135	-29,5	36,3	15,6	0÷771	90	(4)
13	2-párový SHDSL	384÷4624	67÷771	TC PAM	2	3,6	135	-29,5	36,3	15,6	0÷771	90	(4)
14	4-párový SHDSL	768÷5696	67÷771	TC PAM	4	3,6	135	-29,5	36,3	15,6	0÷771	90	(4)
15	1-párový SHDSL.bis	192÷3848	67÷1285	TC PAM 16	1	3,6	135	-29,6÷-42,5	36,3	15,6	0÷67 až 0÷1285	90	(4)
16	1-párový SHDSL.bis	768÷5696	194÷1426	TC PAM 32	1	3,6	135	-34,5÷-43,2	34,1	15,3	0÷194 až 0÷1426	90	(4)
17	PCM 4i	432	112	TC PAM	1	3,6	135	-31,7	36,3	15,6	0÷112	90	(4)





Pokračovanie tabuľky I-1

Po- lož- ka	Druh technológie	Prenosová rýchlosť [kbit/s]	Modulačná rýchlosť [kBd]	Typ modulácie	Počet párov	Napätová úroveň signálu [V]	Zakončovacia impedancia [Ω]	Maximum spektra [dBm/Hz]	Výkon signálu v celom spektre		Využívaná šírka pásma [kHz]	Prenesený výkon [%]	Vzorec pre tvar spektra
									P [mW]	a <sub>v</sub> [dBm]			
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
15	UADSL	32÷ 512↑	4	DMT	1	1,3*	100	-38	16,5	12,2	21,5625÷138	100	(5)
		64÷1 536↓	4	DMT	1	2,0*	100	-40	38,4	15,8	130÷556,3125	100	(5)
16	ADSL + POTS	32÷1 500↑	4	DMT	1	1,3*	100	-38	16,5	12,2	21,5625÷138	100	(5)
		32÷8 160↓	4	DMT	1	3,0*	100	-40	89,6	19,5	138÷1 104	100	(5)
17	ADSL + BRA ISDN	32÷1 860↑	4	DMT	1	1,4*	100	-38	19,7	12,9	138÷276	100	(5)
		32÷8 160↓	4	DMT	1	2,8*	100	-40	76,8	18,9	276÷1 104	100	(5)
18	ADSL 2	32 ÷ 1 860↑	4	DMT	1	1,4*	100	-38	19,7	12,9	0÷138	100	(5)
		32÷11 400	4	DMT	1	2,8*	100	-40	76,8	18,9	276÷1 104	100	(5)
19	ADSL 2+	32÷3 780	4	DMT	1	2,0*	100	-38	40,0	16,0	0÷276	100	(5)
		32÷26 820	4	DMT	1	4,2*	100	-40	178,8	22,5	276÷2 212,3125	100	(5)
20	VDSL2												
		do100 000		WDMT	1		100				140-30 000	100	

Poznámka:

↑ vzostupný smer

↓ zostupný smer

\* platí pri modulácii jediného tónu

Technológia UADSL 2 nie je prípustná (nemá frekvenčne oddelené toky).

Koexistencia VDSL2 a VDSL2 vektoring v jednom káblovom zväzku výrazne eliminuje výhody vektoringu.

Podobný vplyv má aj vyvedenie metalických párov z jedného káblového zväzku do inej vektoringovej skupiny.



Tabuľka I-2: Spektrálna zlučiteľnosť technológií

Technológia	Analóg. linka	Tarif., PCO	ISDN S <sub>0</sub>	PRA ISDN	BRA ISDN	HDSL 1 pár	HDSL 2 páry	HDSL 3 páry	PCM 10	SHDSL 1 pár	SHDSL 2 páry	SHDSL 4 páry	SHDSL.bis	PCM 4i	UADSL	ADSL/ /POTS	ADSL/ /ISDN	ADSL 2	ADSL 2+	VDSL2	VDSL 2 vektoring	SDSL
Analógová linka		✓		✓*												✓	✓			✓	✓	✓*
Tarifovanie, PCO	✓														✓	✓	✓			✓	✓	
ISDN S <sub>0</sub>																						
PRAISDN	✓*																					
BRAISDN																	✓					
HDSL 1																						
HDSL 2																						
HDSL 3																						
PCM 10																						
SHDSL 1																						
SHDSL 2																						
SHDSL 4																						
SHDSL.bis																						
PCM 4i																						
UADSL	✓	✓																				
ADSL/ /POTS	✓	✓																				
ADSL/ /ISDN	✓	✓			✓																	
ADSL 2																						
ADSL 2+																						
VDSL 2	✓	✓																				
VDSL 2 vektoring																						
SDSL	✓*																					

\* Podlieha technickému overeniu.

✓ Systémy sú zlučiteľné.

## Doplnok II:

## Frekvenčné spektrá signálov S(f)

$$S(f) = \begin{cases} \frac{U^2}{R} & 0 < f < 4 \text{ kHz} \\ 0 & 0 > f > 4 \text{ kHz} \end{cases} \quad (1)$$

$$S(f) = \frac{U^2}{R} \cdot \delta(f_0) \quad (2)$$

$$S(f) = \frac{U^2}{R} \cdot \frac{2}{(2n \cdot f_0)} \cdot \left( \frac{\sin \frac{\pi f}{n \cdot f_0}}{\frac{\pi f}{n \cdot f_0}} \right)^2 \sin^2 \frac{\pi f}{f_0} \quad (3)$$

$$S(f) = \frac{2}{3} \cdot \frac{U^2}{R} \cdot \frac{m+1}{m-1} \cdot \frac{1}{n \cdot f_0} \cdot \left( \frac{\sin \frac{\pi f}{n \cdot f_0}}{\frac{\pi f}{n \cdot f_0}} \right)^2 \quad (4)$$

$$S(f) = \frac{U^2}{R} \cdot \frac{1}{f_0} \sum_{k=k_1}^{k_2} \left[ \frac{\sin \frac{\pi(f - k \cdot f_1)}{f_0}}{\frac{\pi(f - k \cdot f_1)}{f_0}} \right]^2 \quad (5)$$

Hodnoty premenných vo vzorcoch (1) ÷ (5) sú uvedené v tabuľkách II-1 a II-2.

Tabuľka II-1: Hodnoty premenných pre vzorce (1) ÷ (5)

Druh technológie	Vzor ec	U [V]	R [Ω]	f <sub>0</sub> [kHz]	m	n
POTS	(1)	1	600	-	-	-
Signalizácia PCO	(2)	4,36	600	18±20	-	-
Tarifovanie	(2)	4,36	600	16±0,08	-	-
Zbernica S <sub>0</sub> ISDN	(3)	0,75	100	192	-	1
IDSL	(4)	2,5	135	80	4	1
HDSL 1-párový	(4)	2,5	120	1 160	4	1
HDSL 2-párový	(4)	2,64	135	584	4	1
HDSL 3-párový	(4)	2,64	135	392	4	1
PCM 10	(4)	2,64	135	392	4	1
PCM 30	(3)	3	120	2 048	-	2
PRA ISDN	(3)	3	120	2 048	-	2
1-párový SHDSL	(4)	3,6	135	8	16	1000*(8r+i+1)/3 *)
2-párový SHDSL	(4)	3,6	135	8	16	1000*(8r+i+1)/3 *)
4-párový SHDSL	(4)	3,6	135	8	32	1000*(8r+i+1)/4 *)
1-párový SHDSL.bis TCPAM16	(4)	3,6	135	8	16	1000*(8r+i+1)/3 *)
1-párový SHDSL.bis TCPAM32	(4)	3,6	135	8	32	1000*(8r+i+1)/4 *)
PCM 4i	(4)	3,6	135	112	16	1

Poznámka: \* r ∈ ⟨3, 36⟩, i ∈ ⟨0, 7⟩; i = 0, ak r = 36

\* i ∈ ⟨0, 7⟩ pre r ∈ ⟨3, 60⟩ okrem r = 36 a r = 60

i ∈ ⟨2, 7⟩ pre r = 36

i ∈ ⟨0, 1⟩ pre r = 60

\*\* i ∈ ⟨0, 7⟩ pre r ∈ ⟨12, 89⟩ okrem r = 89

i = 0 pre r = 89

Tabuľka II-2: Hodnoty premenných pre vzorec (5) pre ADSL

Typ ADSL	Smer	Vzorec	$U_{\max}$ [V]	R [ $\Omega$ ]	$f_0$ [Hz]	$f_1$ [Hz]	$k_1$	$k_2$
UADSL	↑	(5)	1,3*	100	4000	4312,5	6	31
	↓	(5)	2,0*	100	4000	4312,5	33	128
ADSL/POTS	↑	(5)	1,3*	100	4000	4312,5	6	31
	↓	(5)	3,0*	100	4000	4312,5	33	256
ADSL/ISDN	↑	(5)	1,4*	100	4000	4312,5	33	63
	↓	(5)	2,8*	100	4000	4312,5	65	256
ADSL 2	↑	(5)	1,4*	100	4000	4312,5	1	31
	↓	(5)	2,8*	100	4000	4312,5	65	256
ADSL 2+	↑	(5)	2,0*	100	4000	4312,5	1	63
	↓	(5)	4,2*	100	4000	4312,5	65	255
							257	512

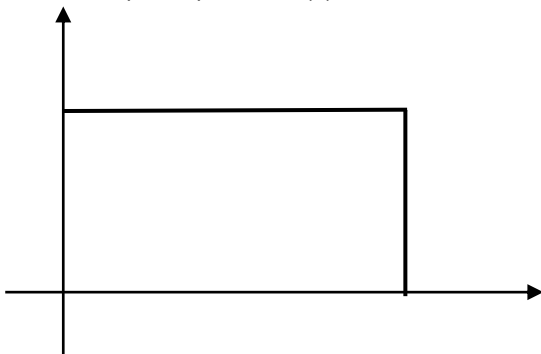
Poznámka:

↑ vzostupný smer

↓ zostupný smer

\* hodnota nesmie byť prekročená (platí pre hraničný prípad jediného nosného tónu)

Obr. 1: Tvar spektra pre vzorec (1)

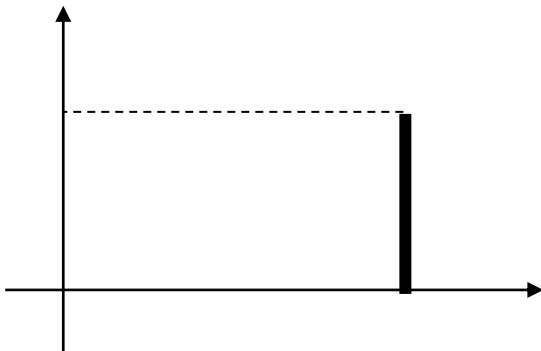


Pre obr. 1 platia nasledovné hodnoty:

$$f_0 = 4 \text{ kHz}$$

$$S_m = -33,8 \text{ dBm/Hz}$$

Obr. 2: Tvar spektra pre vzorec (2)

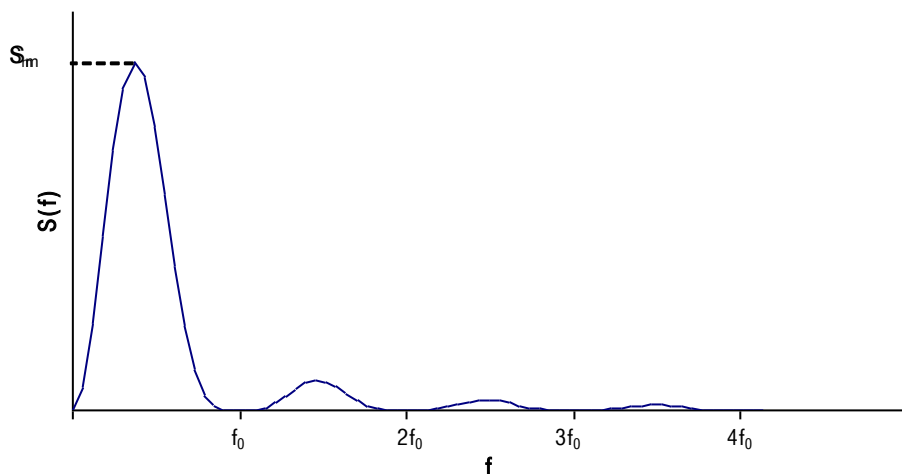


Pre obr. 2 platia hodnoty uvedené v tabuľke II-3:

Tabuľka II-3: Hodnoty  $f_0$  a  $S$  pre obr. 2

Technológia	$f_0$ [kHz]	$S_m$ [dBm/Hz]
Signalizácia PCO	$18 \pm 20$	15
Tarifovanie	$16 \pm 0,08$	15

Obr. 3: Tvar spektra pre vzorec (3)

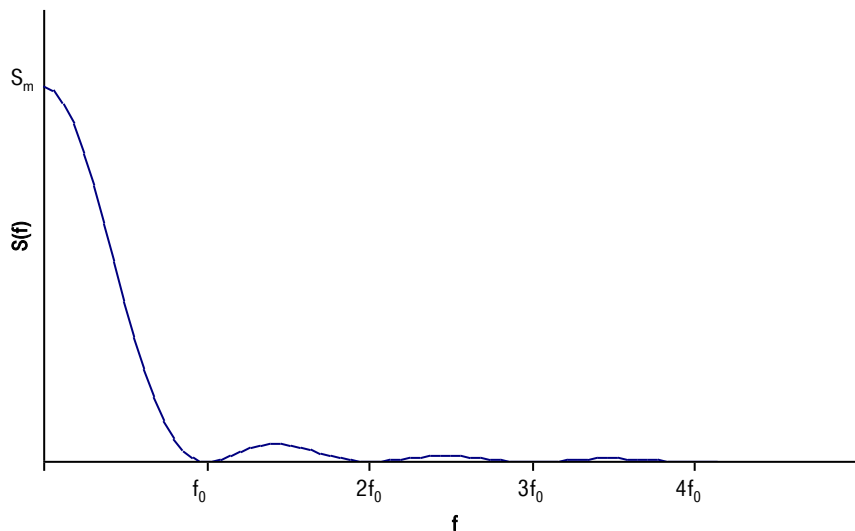


Pre obr. 3 platia hodnoty v tabuľke II-4:

Tabuľka II-4: Hodnoty  $f_0$  a  $S$  pre obr. 3

Technológia	$f_0$ [kHz]	$S_m$ [dBm/Hz]
PCM 30	2 048	-48,2
PRA ISDN	2 048	-48,2
Zbernica $S_0$	192	-48,1

Obr. 4: Tvar spektra pre vzorec (4)

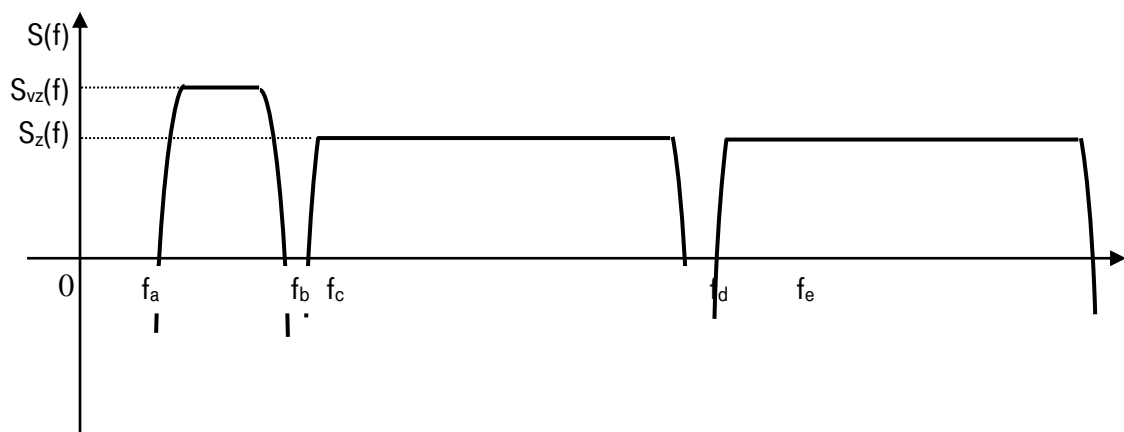


Pre obr. 4 platia hodnoty v tabuľke II-5:

Tabuľka II-5: Hodnoty  $f_0$  a  $S_m$  pre obr. 4

Technológia	$f_0$ [kHz]	$S_m$ [dBm/Hz]
IDSL	80	-31,9
1-párový HDSL	1 160	-43,0
2-párový HDSL	584	-40,1
3-párový HDSL	392	-38,3
PCM 10	392	-38,3
1-párový SHDSL	771	-29,5
2-párový SHDSL	771	-29,5
4-párový SHDSL	771	29,5
1-párový SHDSL.bis TCPAM16	1 285	-29,6÷-42,5
1-párový SHDSL.bis TCPAM32	1 426	-34,5÷-43,2
PCM 4i	112	-31,7

Obr. 5: Tvar spektra pre vzorec (5)



Pre obr. 5 platia nasledovné hodnoty:

$S_z = -40$  dBm/Hz

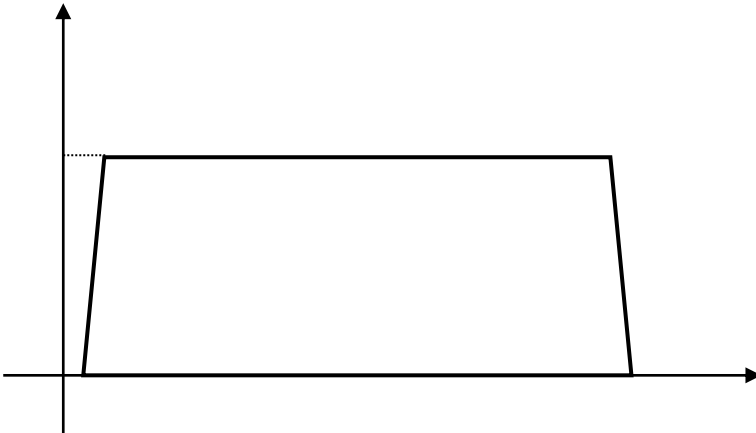
$S_{vz} = -38$  dBm/Hz

a ďalej hodnoty v tabuľke II-6:

Tabuľka II-6: Hodnoty hraničných frekvencií pre obr. 5

Typ ADSL	$f_a$ [Hz]	$f_b$ [Hz]	$f_c$ [Hz]	$f_d$ [Hz]	$f_e$ [Hz]	$f_f$ [Hz]
UADSL	21 875	133 687,5	142 312,5	556 000	-	-
ADSL/POTS	21 875	133 687,5	142 312,5	1 104 000	-	-
ADSL/ISDN	142 312,5	271 687,5	280 312,5	1 104 000	-	-
ADSL 2	4 312,5	133 687,5	280 312,5	1 104 000	-	-
ADSL 2+	4 312,5	271 687,5	280 312,5	1 099 687,5	1 108 312,5	2 208 000

Obr. 6: Spektrum pre technológiu SDSL s moduláciou CAP



Pre obr. 6 platia nasledovné hodnoty:

$$f_d = 10 \text{ kHz}$$

$$f_h = 430 \text{ kHz}$$

$$S_m = \text{dBm/Hz}$$