

# **Simulátor přípojek xDSL**

popis programu

Katedra telekomunikační techniky

Fakulta elektrotechnická

České vysoké učení technické v Praze

# Obsah

1	Simulace výkonnosti přenosu digitálních přípojek .....	4
1.1	Program pro simulace výkonnosti přenosu .....	4
1.2	Popis funkce programu .....	4
1.2.1	Výpočet parametrů topologie vedení .....	4
1.2.2	Výpočet přeslechového rušení .....	5
1.2.3	Parametry vkládaného souboru s průběhem rušení .....	7
1.2.4	Výpočet parametrů přenosu digitálních přípojek a typy simulací .....	8
1.3	Vstupní parametry simulací .....	10
1.3.1	Typy přípojek xDSL a jejich parametry .....	10
1.3.2	Varianty přeslechového rušení .....	10
1.3.3	Definování topologie metalického vedení .....	11
1.3.4	Další parametry simulací .....	12
1.4	Laboratorní verze programu .....	13
1.5	Systémové požadavky pro správnou činnost programu .....	13
1.5.1	Verze programu přístupná přes síť Internet .....	13
1.5.2	Verze programu v laboratorní použití .....	13
1.6	Instalace a spuštění programu .....	13
1.6.1	System Windows .....	14
1.6.2	Instalace MCR v prostředí Windows .....	14
1.6.3	Spuštění simulačního programu v prostředí Windows .....	14
1.6.4	Systemy UNIX .....	14
1.6.5	Instalace MCR v prostředí UNIX .....	14
1.6.6	Spuštění simulačního programu v prostředí UNIX .....	15

## **Podmínky používání programu Simulátor přípojek xDSL**

Použití programu je možné pouze pro informativní, výukové, nekomerční nebo osobní účely. Výsledky výpočtů a simulací mohou být citovány s uvedením odkazu na simulační program. Použití za jiným účelem je trestné podle autorského, občanského nebo trestního práva.

Úplné nebo částečné kopírování či imitování designu programu je zakázáno. Žádná loga, grafika či obrázky nesmí být bez výslovného souhlasu autora kopírovány ani rozšiřovány.

Program byl testován při standardním nastavení operačního systému. Je možné, že určitým nastavením systému, instalací ovladačů nebo vlivem jiných programů budou některé funkce programu nepoužitelné. Před instalací doporučujeme provést zálohu všech vašich dat.

Při instalaci programu může dojít k narušení operačního systému, narušení jiných dříve instalovaných programů nebo dokonce i ke ztrátě dat. Autoři nenesou zodpovědnost za přímé či nepřímé finanční ani majetkové újmy, sníženou použitelnost majetku, poškození smluvních vztahů, protiprávní jednání, poškození zdraví ani za jakékoliv jiné újmy v souvislosti s používáním programu.

Názvy skutečných společností a produktů dále uvedených mohou být ochranné známky příslušných vlastníků.

Program vznikl v rámci projektu **NPV 1ET300750402** - Specifikace kvalitativních kritérií a optimalizace prostředků pro vysokorychlostní přístupové sítě.

Copyright (C) 2007 České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická, Katedra telekomunikační techniky. All rights reserved. Všechna práva vyhrazena.

## **1 Simulace výkonnosti přenosu digitálních přípojek**

Teoretické ověřování vlastností nových technologií, které se budou používat v páteřní nebo přístupové síti, je v dnešní době nezbytné. Je však nežádoucí ovlivňovat a rušit provoz platících reálných zákazníků prováděním testů či experimentů. Zkušební laboratoř poskytovatele připojení, pro testování jednotlivých řešení, tak předchází případným budoucím problémům. Zajímavou alternativou k nákladné zkušební laboratoři je možnost ověřovat jednotlivé situace a chování pomocí programových prostředků a výpočetní techniky. Jednou z moha oblastí pro využití softwarových simulací je zkoumání podmínek spektrální kompatibility v metalické přístupové síti.

### **1.1 Program pro simulace výkonnosti přenosu**

Popisovaný simulační program je určen pro výpočty v oblasti spektrální kompatibility v metalické přístupové síti a pro stanovování výkonnosti přenosu jednotlivých typů digitálních účastnických přípojek (xDSL – Digital Subscriber Line). Program existuje ve dvou variantách. První je určena pro laboratorní využití. Pro svou činnost vyžaduje nainstalované prostředí MATLAB<sup>®</sup>. Tato verze je komplexnější a nabízí možnost definování většího počtu vstupních podmínek. Druhá verze programu je přístupná přes síť Internet a vyžaduje pouze běžný WWW prohlížeč. Uživatel komunikuje s programem prostřednictvím přehledného grafického rozhraní.

Programové modelování metalické přístupové sítě je rozdělitelné do modelování tří hlavních oblastí. První je modelování vlastností symetrického páru a modelování topologie metalického kabelu v přístupové síti. Druhou oblastí je modelování vysílacích parametrů koncových zařízení jednotlivých technologií. Třetí oblastí je simulace vzájemných přeslechových vazeb mezi jednotlivými symetrickými páry v kabelu respektive mezi jednotlivými přenosovými technologiemi.

Vstupními parametry programu jsou charakter a topologie účastnického vedení, charakter přenosového prostředí a typ xDSL přípojky.

Program je schopen, dle zadaných vstupních parametrů, spočítat hodnoty teoretické výkonnosti přenosu přípojky xDSL. Druhým výstupem z programu je pak jedna z možných realizací časového průběhu přeslechového rušení. Tento průběh je možné si ze serveru stáhnout a použít pro vlastní potřebu. Třetím výstupem z programu jsou spočtené přenosové parametry zadané topologie účastnického vedení.

### **1.2 Popis funkce programu**

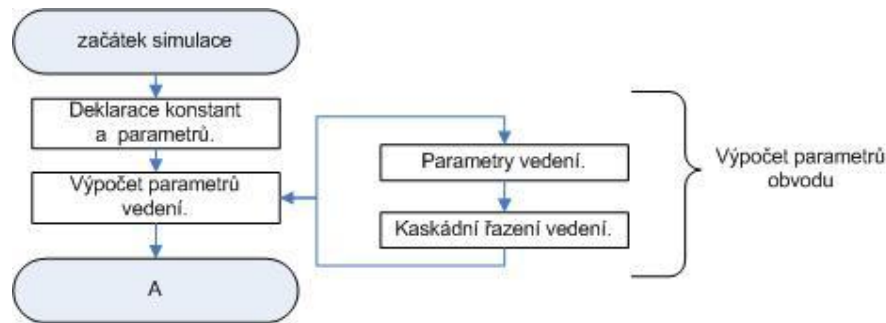
Program je modulárně řešen. To znamená, že si hlavní tělo programu na jednotlivé výpočetní úkoly volá příslušné podprogramy. Výhoda modulárního řešení spočívá v možnosti snadné modifikace stávajících nebo v možnosti snadného přidání zcela nových modulů.

Funkce laboratorní verze programu i verze přístupné přes síť Internet je stejná. Jak již bylo zmíněno, nabízí laboratorní verze možnost definování většího počtu vstupních proměnných. Ty jsou v druhé verzi programu pevně dány a uživatel je nemá možnost měnit.

#### **1.2.1 Výpočet parametrů topologie vedení**

Hlavní tělo programu spustí uživatel po kliknutí na tlačítko s příslušným typem simulace. Poté dojde k vyčtení potřebných hodnot ze vstupního formuláře grafického rozhraní a podle zvoleného typu přípojky si program načte zbývající konstanty z interního modulu.

Po získání všech nezbytných vstupních dat, následuje spočtení charakteristik nadefinované topologie vedení (primární a sekundární parametry vedení, celková přenosové funkce vedení, útlumová charakteristika, přeslechové konstanty NEXT a FEXT atd). Při více zařazených úsecích se využijí závěry z teorie vedení o kaskádním řazení dvoubranů (viz. Obr. 1).



Obr. 1 - Blokové schéma části programu pro výpočet parametrů vedení.

Je-li ve vstupním formuláři zadán požadavek na výpočet pomocí zadání útlumu úseku vedení (viz. dále), dojde ke změně v postupu získávání sekundárních parametrů vedení (přenosová funkce úseku vedení) a k určení konstant přeslechových vazeb.

### 1.2.2 Výpočet přeslechového rušení

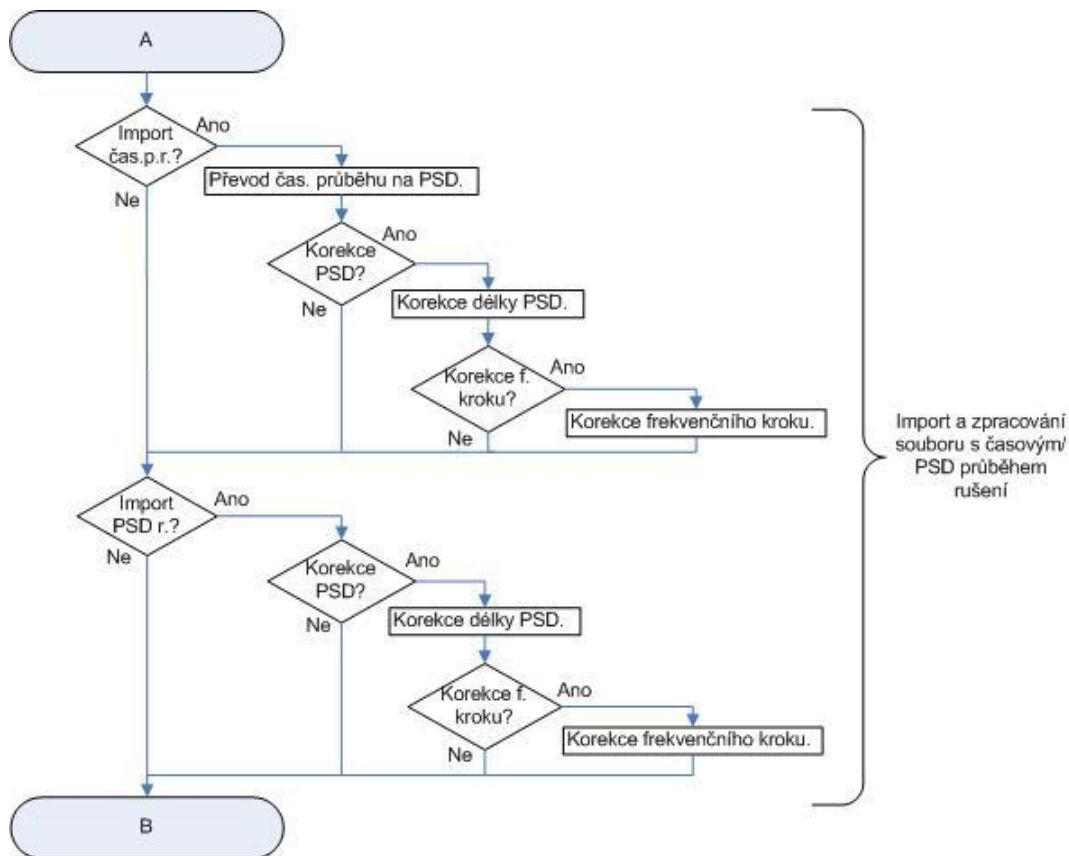
Po spočtení parametrů vedení následuje výpočet přeslechového rušení, které představuje rušení od souběžně pracujících přenosových systémů a simuluje tak reálnou situaci v přístupové síti. Simulovat prostředí v reálné přístupové síti lze dvěma způsoby:

- Zprv je možné využít zjednodušený způsob získání výsledného průběhu výkonové PSD (Power Spectral Density) rušení přeslechy, kdy se vychází z předdefinovaných tzv. modelových profilů rušení. Organizace ITU-T (resp. ETSI) analyzovala situace v metalické přístupové síti operátorů a své závěry shrnula do celkem 4 modelových profilů rušení. Ty představují nejčastější situace, které se v přístupové síti mohou vyskytnout a tedy, ve kterých budou transceivery xDSL provozovány. Profily rušení jsou definovány, zvláště pro blízký a zvláště pro vzdálený konec a označují se písmeny A, B, C, D.
- Druhý způsob pro získání průběhů masek PSD rušení přeslechy, je založen modelování a superpozici masek přeslechů přímo od jednotlivých přenosových systémů. Tento způsob získávání výsledného profilu přeslechu je přesnější než způsob předchozí. Umožňuje modelovat nejrůznější situace na účastnickém vedení a to nejen typem jednotlivých přenosových technologií, ale také jejich počtem.

Pro ještě vyšší funkcionalitu dovoluje program nahrát soubor, ve kterém jsou uloženy hodnoty s časovým průběhem nebo s průběhem výkonové PSD rušení. Tyto průběhy může uživatel získat například měřením v reálné síti digitálním osciloskopem nebo přímo měřičem úrovně. Takto získané údaje je pak v programu možné doplnit o kombinaci dalších technologií a v podstatě tak získat pohled na budoucí situaci v přístupové síti se zohledněním aktuálního stavu.

Pokud je do programu nahrán časový průběh rušení (resp. průběh PSD rušení), musí uživatel zadat ve vstupním formuláři ještě délku celé sekvence časového průběhu (resp. frekvenční krok PSD). Po spuštění simulace dojde ke kontrole validity dat v souboru s ohledem na typ požadované simulace. Validitou se rozumí dostatečný počet vzorků rušení a odpovídající správný frekvenční krok. Celý postup programu, při využití funkce k nahrávání souboru se vzorky rušení, je uveden na Obr. 2.

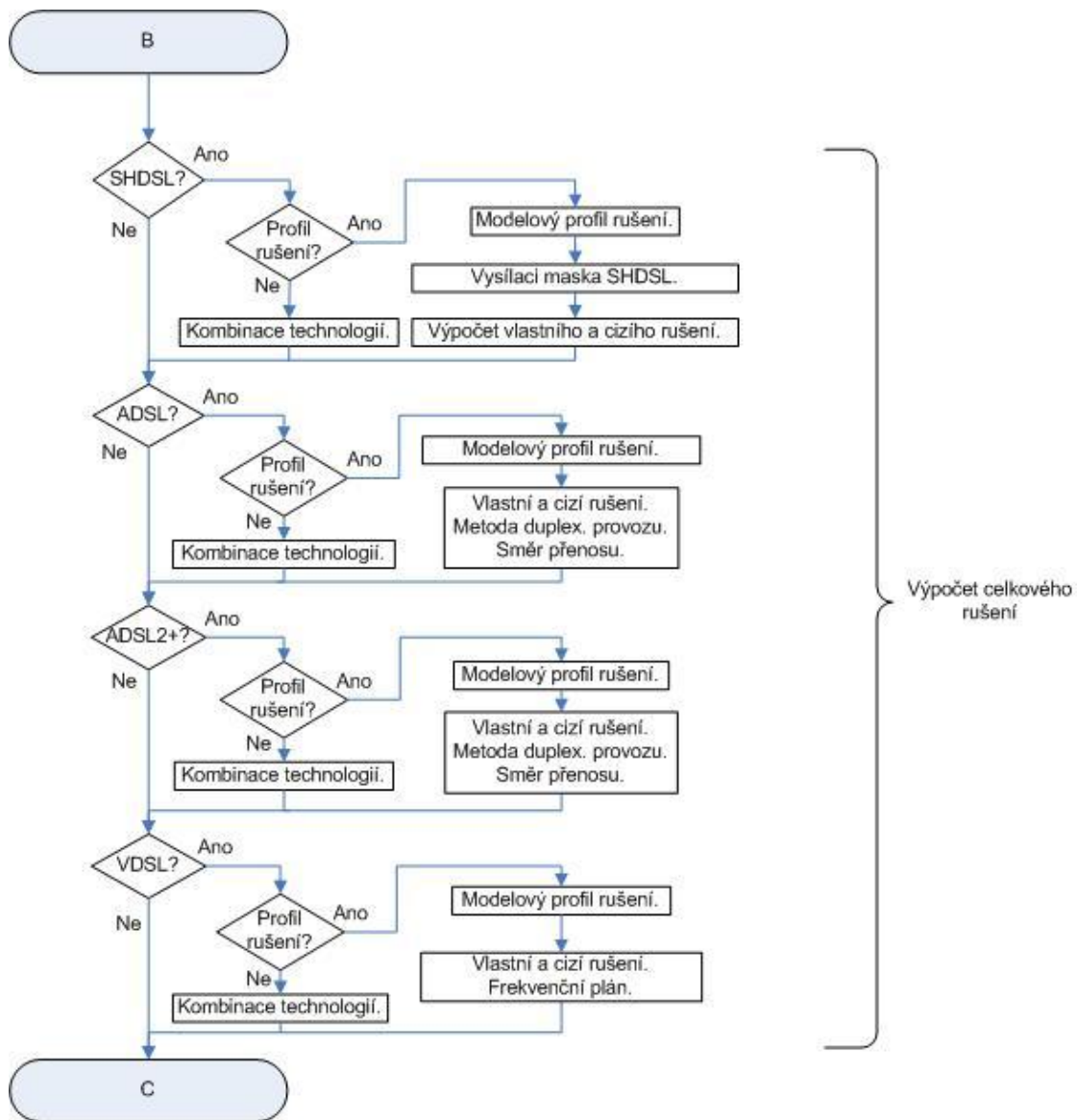
Program z časového průběhu rušení vypočte oboustranné spektrum signálu a následně průběh masky jednostranné výkonové PSD. Přičemž první vzorek je velikost stejnosměrné složky signálu. Další procedury v úpravě vytvořeného průběhu PSD jsou shodné s dále popsáním postupem při importu souboru se zaznamenanou PSD rušení.



Obr. 2 - Blokové schéma části programu zpracovávající vstupní soubor s průběhem rušení.

Po nahrání souboru s průběhem jednostranné výkonové PSD rušení dojde k určení šířky pásma a velikosti vzorkovací frekvence. Velikost šířky frekvenčního pásma musí odpovídat zvolené přenosové technologii. Je-li šířka pásma menší než je přípustné, bude doplněna na požadovanou šířku hodnotami šumu pozadí AWGN = -140 dBm/Hz (Additive white Gaussian noise) s frekvenčním krokem, který odpovídá kroku PSD. Je-li šířka pásma větší než je nezbytné, bude PSD zkrácena.

Pro potřeby dalších výpočtů v programu je potřeba, aby velikost frekvenčního kroku (frekvenční rast u PSD) odpovídal konkrétní přesné hodnotě dle přenosové technologie. Je-li frekvenční krok roven požadované hodnotě, jeho korekce není nutná. Pokud je frekvenční krok menší než požadovaná hodnota, je třeba provést decimaci PSD. Decimace se provádí pomocí funkce prostředí MATLAB<sup>®</sup> s úpravou signálu pomocí dolní propusti osmého řádu s Čebyševovou aproximací. K takto korigované nahrané PSD je možné přidat masku PSD, která bude spočtena kombinací přenosových technologií.



Obr. 3 - Blokové schéma části programu pro výpočet výsledného průběhu přeslechového rušení.

Výpočet výsledné masky PSD rušení je uveden na Obr. 3. Při využití modelových profilů rušení jsou pro zadanou přenosovou technologii načteny z knihoven příslušné průběhy přeslechového rušení. Z těchto průběhů pak pomocí analytických vztahů program vypočte výslednou masku PSD rušení.

Při výpočtech kombinací technologií se vychází z analytických vztahů, které popisují průběh vysílacích masek PSD jednotlivých přenosových technologií. Z vysílacích masek PSD se stanovují analytickými vztahy, které zohledňují i počet transceiverů dané technologie v metalickém kabelu, příslušné přeslechové profily.

### 1.2.3 Parametry vkládaného souboru s průběhem rušení

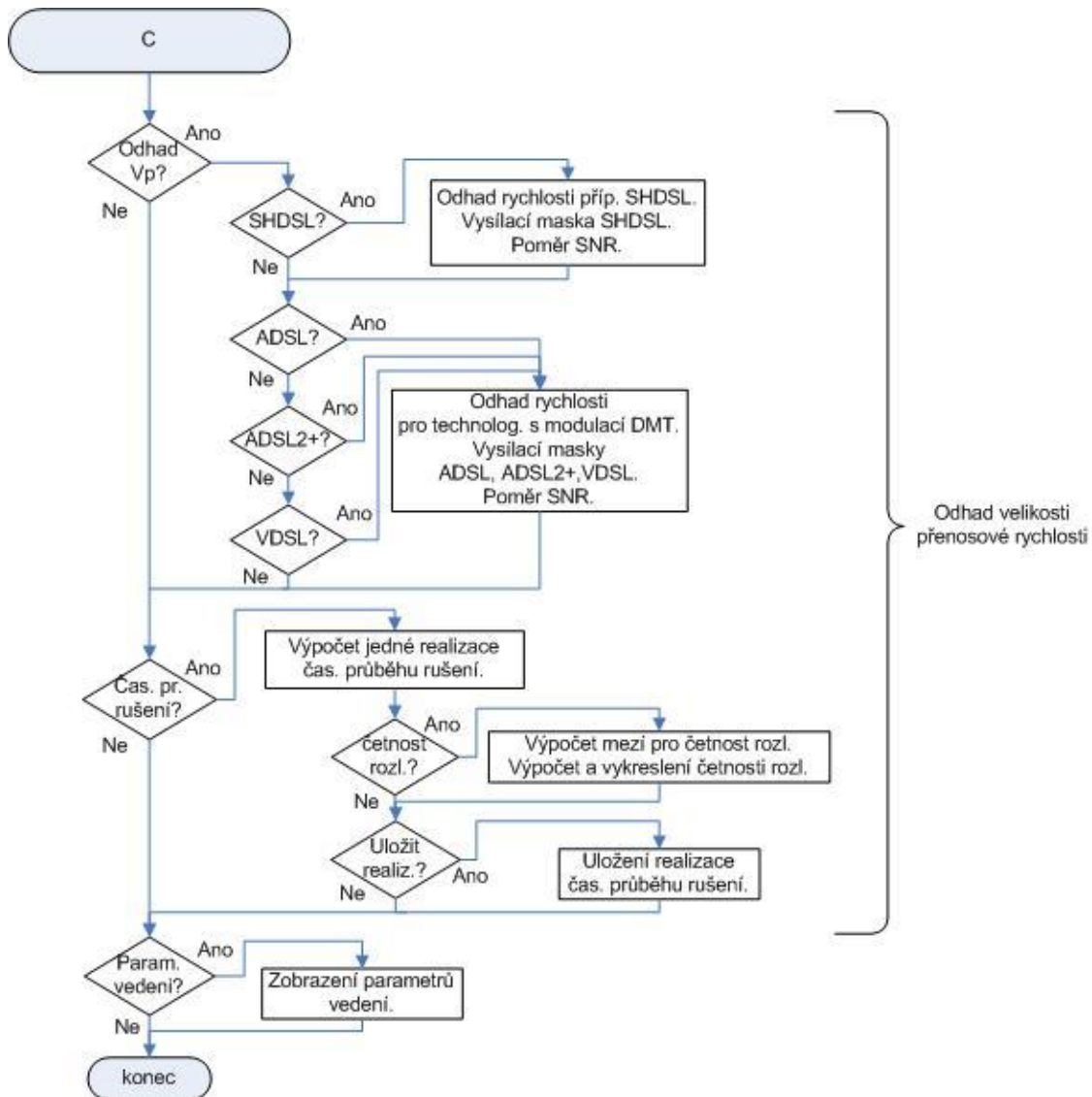
Formát souboru musí být .CSV (např. export z Excelu) nebo .TXT (číselné hodnoty s desetinnými tečkami oddělené Entrem).

- Časový průběh rušení – vzorky napětí ve Voltech sejmuté např. osciloskopem na symetrickém vedení (referenční zakončení  $100\ \Omega$ ) při dostatečně vysoké vzorkovací frekvenci (minimálně dvojnásobek šířky pásma používaného simulovaným systémem, tj. např. 2 MHz pro SHDSL; 2,3 MHz pro ADSL; 4,5 MHz pro ADSL2+ atd.) s dostatečnou délkou sekvence, tj. min. 0,01 s pro SHDSL (doporučujeme min. 20000 vzorků); min. 0,0025 s pro ADSL (doporučujeme min. 5000 vzorků). Čím větší je počet vzorků, tím přesněji je vypočtena pro potřeby simulace výkonová spektrální hustota.
- Spektrální výkonovou hustotu rušení - hodnoty v dBm/Hz by měly být pro simulaci SHDSL změřeny spektrálním analyzátozem (analyzátozem xDSL přípojek) s frekvenčním krokem 1000 Hz, pro ADSL a VDSL s krokem odpovídajícím rozteči subkanálů DMT, tj. 4312,5 Hz (zadáva se jako parametr v Hz s desetinnou tečkou). Počet hodnot by měl odpovídat šířce pásma simulovaného systému.

#### **1.2.4 Výpočet parametrů přenosu digitálních přípojek a typy simulací**

Po spočtení parametrů zadané topologie účastnického vedení a po získání výsledné masky PSD rušení, může program provést uživatelem zvolenou simulaci. Program je schopen počítat odhad parametrů výkonnosti přenosu digitální účastnické přípojky, nebo je schopen vypočítat jednu realizaci časového průběhu rušení pro danou digitální přípojku. Jako výstupy z třetí simulace jsou pak spočtené parametry topologie účastnického vedení. Celý postup výpočtu, který je programem realizován je uveden na Obr. 4. Jednotlivé typy simulací tedy jsou:





Obr. 4 - Blokové schéma poslední části programu s odhadem přenosové rychlosti a vytvořením časového průběhu rušení.

- Vypočítí  $V_p$  – Tato simulace slouží k odhadování velikosti přenosových rychlostí ve směru upstream (datový přenos k poskytovateli připojení) a ve směru downstream (datový přenos k účastníkovi). Počítá se kompletní bitová rychlost na přenosovém médiu včetně záhlaví. Užitečná rychlost může být nižší o záhlaví protokolů vyšších vrstev komunikace. Spočtené hodnoty jsou teoretické a v praxi jsou ještě navíc limitovány konkrétním použitým zařízením a způsobem přenosu (např. u ADSL celistvými násobky 32 kbit/s, limit pro upstream 800 nebo 1024 kbit/s) nebo kódovým ziskem započítávaným konkrétním modemem. Symetrická přípojka SHDSL pak nastavuje vždy nižší z hodnot v obou směrech přenosu. Mimo spočtených hodnot přenosových rychlostí se graficky zobrazuje průběh výsledné výkonové PSD rušení ve směru upstream i downstream.
- Vypočítí rušení – Simulace zobrazuje grafický průběh výsledné výkonové PSD rušení pro zvolený směr a možnou realizaci časového průběhu rušení. Pro uvedenou realizaci se vypisuje hodnota napětí špička a délka celé sekvence. Časový průběh rušení (normovaný

na interval  $-1$  až  $1$  V) si je možné stáhnout jako řadu čísel (vzorků), např. pro nahrání do generátoru rušení. Počet a hustotu vzorků lze ovlivnit volbou horní mezní frekvence (šířkou frekvenčního pásma) a frekvenčním krokem.

- Vypočet parametrů vedení – Výpočty této simulace jsou ve své podstatě součástí obou předchozích simulací. Jako výsledky simulace se zobrazují výsledné průběhy útlumu, absolutní hodnota přenosové funkce a impulsní odezva zadané topologie účastnického vedení.

### 1.3 Vstupní parametry simulací

Vstupní data jednotlivých simulací jsou zadávána prostřednictvím přehledného vstupního formuláře na serveru <http://matlab.feld.cvut.cz/> nebo přímo v prostředí MATLAB<sup>®</sup>. Program je schopen simulovat parametry nejen všech dnes používaných přípojek xDSL, ale i přípojek s nimiž se v budoucnu perspektivně počítá.

#### 1.3.1 Typy přípojek xDSL a jejich parametry

Program dovoluje počítat parametry přenosu pro následující xDSL přípojky:

- SHDSL – podle doporučení ITU-T G.991.2.
- ADSL over ISDN – dle doporučení ITU-T G.992.1 Annex B.
- ADSL over POTS – dle doporučení ITU-T G.992.1 Annex A.
- ADSL2+ over ISDN – dle doporučení ITU-T G.992.5 Annex B.
- ADSL2+ over POTS – dle doporučení ITU-T G.992.5 Annex A.
- VDSL over ISDN – dle doporučení ITU-T G.993.1.
- VDSL2 (doporučení ITU-T G.993.2) - vybrané profily pro Evropu (Annex B)

Podle zvoleného typu přípojky musí uživatel určit ještě některé doplňkové parametry.

- Pro přípojku SHDSL se volí typ modulace:
  - 16TCPAM – pulsně amplitudová modulace, 16 stavů s Trellis kódováním.
  - 32TCPAM – pulsně amplitudová modulace, 32 stavů s Trellis kódováním.
- Pro přípojku ADSL/ADSL2+ se volí metoda duplexního přenosu:
  - FDD – frekvenční dělení.
  - EC – potlačení ozvěn.
- Pro přípojku VDSL je vždy použita varianta FDD, ale volí se frekvenční plán:
  - A – vhodnější pro asymetrický přenos.
  - B – vhodnější pro symetrický přenos.
- Pro přípojku VDSL2 je vždy použita varianta FDD, ale volí se frekvenční plán:
  - plán 8b, 12a, B7-3, B8-2, B7-9, B8-9, B7-10, B8-13.

#### 1.3.2 Varianty přeslechového rušení

Profil přeslechového rušení v přenosovém prostředí je možné zadat pomocí voleb:

- Modelový profil A – velmi silné rušení v kabelovém svazku, přípojka je provozována v kabelu s vysokou obsazeností digitálními systémy.
- Modelový profil B – střední úroveň rušení v kabelovém svazku, přípojka je provozována v kabelu se střední obsazeností digitálními systémy.
- Modelový profil C – představuje kabelový svazek se stejnou obsazeností digitálními systémy jako v modelovém profilu B, navíc jsou v kabelu provozovány přenosové systémy PCM a ISDN-PRA s linkovým kódem HDB3.
- Modelový profil D – představuje kabelový svazek kabel s padesáti procentní obsazeností přenosových systémů stejného typu jako je zvolená digitální přípojka.

- Kombinace technologií – při volbě této položky se pro výpočet přeslechového rušení využije skladba systémů definovaná uživatelem.
- Kombinace technologií + časový průběh rušení – tato volba umožňuje do programu nahrát vlastní soubor s časovým průběhem rušení, které bylo zaznamenáno například digitálním osciloskopem. Pro výpočet rušení lze pak k nahranému časovému průběhu přidat další přeslechové rušení dle uživatelem zadané kombinace technologií.
- Kombinace technologií + průběh PSD rušení – obdobně jako v předchozí položce umožňuje tato volba nahrát do programu vlastní soubor s průběhem jednostranné spektrální výkonové hustoty rušení, která byla změřena například spektrální analyzátozem. Pro výpočet rušení lze pak k nahranému průběhu jednostranné PSD přidat další přeslechové rušení dle uživatelem zadané kombinace technologií.

Zadávání profilu rušení pomocí kombinace technologií, které pracují na sousedních párech svazku metalického kabelu, umožňuje testovat konkrétní situace a tedy konkrétní výkonnost přenosu zkoumané xDSL přípojky. V simulačním programu je možné zadat následující typy a počty přípojek:

- SHDSL – celkem až tři skupiny přípojek s 16-TCPAM se vzájemně různými přenosovými rychlostmi.
- HDSL – uvažuje se s dvoupárová varianta.
- ADSL/2+ over POTS, ADSL/2+ over ISDN – mimo počtu přípojek se zde volí i varianta vytvoření duplexního provozu (FDD nebo EC).
- ISDN-BRA - základní přístup ISDN s kódem 2B1Q.
- ISDN-PRA - primární přístup ISDN s rychlostí 2048 kbit/s s kódem HDB3 (příp. jiný linkový systém E1, PCM30/32).
- VDSL – pro tento typ přípojky se počítá vždy s metodou FDD a je možné zadat počet přípojek s variantami frekvenčního plánu A nebo B.
- VDSL2 – pro tento typ přípojky se počítá vždy s metodou FDD a je možné zadat počet přípojek s variantami frekvenčního plánu 8b, 12a, B7-3, B8-2, B7-9, B8-9, B7-10, B8-13.

### 1.3.3 Definování topologie metalického vedení

Topologie účastnického vedení je možné modelovat až 10-ti úseky různého typu vedení s definovanou délkou úseku [km]. Jednotlivé úseky mohou mít charakter vedení nebo nezakončené odbočky (Bridged Tap). Typ kabelu v jednotlivých úsecích je charakterizován zejména průměrem jádra [mm] a provedením izolace. Je možno volit mezi těmito typy:

- Typické evropské kabely specifikované dle ETSI v doporučení ITU-T G.996.1 s průměrem jádra - 0,32 (ETSI) - 0,4 (ETSI) - 0,5 (ETSI) - 0,63 (ETSI) - 0,9 (ETSI).
- Typický místní čtyřřivý kabel TCEPKPFLE z produkce Pražské kabelovny a.s. s průměrem jádra - 0,4 (Prakab) - 0,6 (Prakab) - 0,8 (Prakab).
- Typický místní čtyřřivý kabel TCEPKPFLE dle údajů Českého Telecomu (Telefonica O2, Czech Republic a.s.) - 0,4 (CT) - 0,6 (CT) - 0,8 (CT).
- Vnitřní kabely SXKFY - 0,5 (izolace PE), SYKFY - 0,5 (izolace PVC), UCEKFY - 0,4 (izolace PE), UTP cat 5 - 0,5 (kabel pro LAN do 100 MHz).

Za normálních podmínek se odvíjejí parametry přeslechů od zvoleného typu vedení. Program však také umožňuje provádět simulace s využitím útlumu přeslechu úseku vedení. Simulace tak zohledňuje uživatelem zadané hodnoty (získané např. měřením) pro nejhorší případ v kabelu (nejčastěji vedení v rámci jedné čtyřky):

- Útlum přeslechu na blízkém konci při referenčním kmitočtu  $A_{NEXT}(f_{ref})$  v [dB].
- Útlum přeslechu na vzdáleném konci při referenční frekvenci  $A_{FEXT}(f_{ref})$  a délce  $l$  v [dB].

- Útlum vedení při referenční frekvenci  $A(f_{ref})$  v [dB] a při délce  $l$ .
- Referenční frekvence  $f_{ref}$  v [kHz].
- Délka vedení  $l$  v [km].

#### 1.3.4 Další parametry simulací

V simulaci „Vypočti Vp“ se, mimo výše uvedených proměnných, ještě zohledňují následující proměnné a parametry.

- Šumová rezerva (Noise Margin) - Pomocí této proměnné lze ovlivnit výkonnost přenosu digitální přípojky. Proměnná udává rezervu v hodnotě odstupe signálu od šumu (SNR) s jakou se navazuje spojení a která zajišťuje nepřerušeno účastnického provozu při částečném zhoršení přenosových podmínek. Obvyklá je hodnota 6 dB. Hodnota 0 dB je hraniční a měla by ještě zajistit chybovost při přenosu menší než  $BER = 10^{-7}$ .

Pro simulaci „Vypočti Vp“ program automaticky nastavuje následující vstupní parametry, které odpovídají jednotlivým přípojkám xDSL ( $f_k$  – frekvenční krok,  $f_h$  – horní mezní frekvence,  $Z$  – zakončovací impedance). Odhad přenosových rychlostí se provádí pro oba směry.

- Pro přípojku SHDSL a SHDSL.bis se nastaví následující parametry:
  - $f_k = 1$  kHz.
  - $f_h = 2\,000$  kHz.
  - $Z = 135 \Omega$ .
- Pro přípojku ADSL over POTS, ADSL over ISDN se nastaví následující parametry:
  - $f_k = 4,3125$  kHz.
  - $f_h = 1\,104$  kHz.
  - $Z = 100 \Omega$ .
- Pro přípojku ADSL2+ over POTS, ADSL2+ over ISDN se nastaví následující parametry:
  - $f_k = 4,3125$  kHz.
  - $f_h = 2\,208$  kHz.
  - $Z = 100 \Omega$ .
- Pro přípojku VDSL (frekvenční plán A i B) se nastaví následující parametry:
  - $f_k = 4,3125$  kHz.
  - $f_h = 12\,000$  kHz.
  - $Z = 100 \Omega$ .
- Pro přípojku VDSL2 over ISDN (frekvenční plán 8b, 12a, B7-3, B8-2) se nastaví následující parametry:
  - $f_k = 4,3125$  kHz.
  - $f_h = 12\,000$  kHz.
  - $Z = 100 \Omega$ .
- Pro přípojku VDSL2 over ISDN (frekvenční plán B7-9, B8-9) se nastaví následující parametry:
  - $f_k = 4,3125$  kHz.
  - $f_h = 17\,000$  kHz.
  - $Z = 100 \Omega$ .
- Pro přípojku VDSL2 over ISDN (frekvenční plán B7-10, B8-13) se nastaví následující parametry:
  - $f_k = 4,3125$  kHz.
  - $f_h = 30\,000$  kHz.
  - $Z = 100 \Omega$ .

U simulace „Vypočti rušení“ a „Výpočet parametrů vedení“ se akceptují uživatelem zadané hodnoty frekvenčního kroku  $f_k$ , horní mezní frekvence  $f_h$  a velikost zakončovací impedance vedení  $Z$  [ $\Omega$ ]. Výpočet časového průběhu rušení se uskutečňuje pouze pro uživatelem zadaný směr přenosu.

#### **1.4 Laboratorní verze programu**

Laboratorní verze programu má všechny vlastnosti veze, která je umístěna na WWW simulačním serveru. Navíc pak je možné v laboratorní verzi, podobně jako při definování profilu přeslechového rušení, nahrát soubor s průběhem přenosové funkce vedení, která byla změřena na reálném úseku vedení nebo získána z jiného simulačního programu. Laboratorní verze pak umožňuje i zadávání hodnoty bílého šumu na pozadí AWGN v přenosovém traktu (obvykle AWGN = -140 dBm/Hz). Zobrazuje také větší spektrum grafů v rámci výsledků jednotlivých simulací. Například vysílací spektrální výkonovou hustotu jednotlivých přípojek xDSL, průběhy funkcí přeslechů a průběhy výsledných přeslechů na blízkém i vzdáleném konci, odstupy signálu od šumu v závislosti na frekvenci a u některých typů přípojek xDSL i počet alokovaných bitů v jednotlivých subkanálech. Pro testy výkonnosti přenosu přípojek, v závislosti na délce vedení, umožňuje i automatizované výpočty v zadaném intervalu délek vedení. Laboratorní verze také umožňuje provést kontrolu, zda-li četnost výskytu jednotlivých amplitud v časovém průběhu rušení odpovídá doporučení ITU-T.

#### **1.5 Systémové požadavky pro správnou činnost programu**

Systémové požadavky pro bezproblémovou činnost programu se liší pro jednotlivé verze programu.

##### **1.5.1 Verze programu přístupná přes síť Internet**

Pokud uživatel přistupuje k programu prostřednictvím sítě Internet, jsou požadavky na výkon jeho počítače minimální. Pro přístup se vyžaduje samozřejmě připojení k Internetu a HTTP prohlížeč Internet Explorer 6.0x nebo 7.0, Mozilla Firefox 2.0.0.x, Opera 9.x nebo ekvivalentní. Na platformě nebo verzi operačního systému počítače nezáleží.

##### **1.5.2 Verze programu v laboratorní použití**

Program pro laboratorní využití je vytvořen v prostředí MATLAB<sup>®</sup> verze 7.0.4 (R14) – SP2. Na platformě nebo verzi operačního systému nezáleží. Pro bezproblémové využívání simulačního programu jsou doporučené následující hardwarové požadavky:

- Procesor alespoň 1GHz Intel PIII/P4 nebo ekvivalentní od AMD Athlon.
- Operační paměť alespoň 256 MB.
- Rozlišení monitoru 1280x1024 bodů.
- Volné místo na pevném disku přibližně 20MB.

Pokud na osobním počítači, na kterém je třeba simulační program využívat, není nainstalováno prostředí MATLAB<sup>®</sup>, je nutné na daný počítač nainstalovat výpočetní jádro MCR (MATLAB Component Runtime).

#### **1.6 Instalace a spuštění programu**

Program je vytvořen v prostředí MATLAB<sup>®</sup> 7, R14 -SP2. Pokud není na cílovém počítači, na kterém se bude program spouštět, nainstalováno prostředí MATLAB<sup>®</sup> verze 7, R14-SP2, je nutné nejdříve na cílový počítač nainstalovat výpočetní jádro MATLAB<sup>®</sup> (MCR – MATLAB Component Runtime). Instalace a spuštění je odlišné pro systémy Windows<sup>®</sup> a UNIX.

### 1.6.1 Systém Windows

Soubory nutné pro správnou činnost simulačního programu v systému Windows..

generator_ruseni.exe	Vlastní simulační program.
generator_ruseni.ctf	Archiv CTF (Component Technology File).
MCRInstaller.exe	Samorozbalovací instalátor výpočetního jádra MATLAB® 7,R14-SP2 (velikost 102 MB).

### 1.6.2 Instalace MCR v prostředí Windows

Instance se sestává ze dvou kroků:

- instalace MCR,
- nastavení a kontrola proměnné PATH prostředí Windows.

Instalace probíhá standardním postupem za pomoci instalátoru. Uživatel si definuje složku, do které se má MCR nainstalovat a také to, zda-li se MCR bude instalovat pro všechny uživatele v systému nebo pouze pro právě přihlášeného uživatele. Pro úspěšnou instalaci musí mít uživatel v instalační složce práva pro zápis.

Po instalaci MCR je vhodné zkontrolovat, zda-li instalátor přidal do systémové proměnné prostředí PATH následující cestu "<mcr\_root><ver>\runtime\win32", tato cesta nebyla přidána je třeba tak učinit ručně kde:

- <mcr\_root> je složka, kterou jsme zvolili pro instalaci MCR,
- <ver> je verze MCR, pro MATLAB 7.0 R14 je to v72.

### 1.6.3 Spuštění simulačního programu v prostředí Windows

Soubory generator\_ruseni.exe a generator\_ruseni.ctf umístíme do jedné složky. Simulační program spustíme dvojitým poklepáním na soubor generator\_ruseni.exe.

### 1.6.4 Systémy UNIX

Soubory nutné pro správnou činnost simulačního programu v systému UNIX.

generator_ruseni.exe	Vlastní simulační program.
generator_ruseni.ctf	Archiv CTF (Component Technology File).
MCRInstaller.zip	ZIP archiv výpočetního jádra MATLAB (velikost 98 MB).
unzip	Program pro rozbalení archivu MCRInstaller.zip.

### 1.6.5 Instalace MCR v prostředí UNIX

Rozbalte archiv MCRInstaller.zip do Vámi zvolené složky na cílovém počítači (například /home/<user>/MCR). Zkopírujte soubory generator\_ruseni.exe a generator\_ruseni.ctf do složky, ve které lze spouštět aplikace. Přidejte následující složky do dynamické knihovny cest. Pro jednotlivé platformy (Pozn.. Pro přehlednost jsou příkazy uváděny pod sebou. Celý příkaz „setenv“ však musí být zadán v jednom řádku.):

Linux.

```
setenv LD_LIBRARY_PATH
<mcr_root>/<ver>/runtime/glnx86:
<mcr_root>/<ver>/sys/os/glnx86:
<mcr_root>/<ver>/sys/java/jre/glnx86/jre1.5.0/lib/i386/native_threads:
<mcr_root>/<ver>/sys/java/jre/glnx86/jre1.5.0/lib/i386/client:
<mcr_root>/<ver>/sys/java/jre/glnx86/jre1.5.0/lib/i386:
```

```
setenv XAPPLRESDIR <mcr_root>/<ver>/X11/app-defaults
```

Solaris.

```
setenv LD_LIBRARY_PATH  
/usr/lib/lwp:  
<mcr_root>/<ver>/runtime/sol2:  
<mcr_root>/<ver>/sys/os/sol2:  
<mcr_root>/<ver>/sys/java/jre/sol2/jre1.5.0/lib/sparc/native_threads:  
<mcr_root>/<ver>/sys/java/jre/sol2/jre1.5.0/lib/sparc/client:  
<mcr_root>/<ver>/sys/java/jre/sol2/jre1.5.0/lib/sparc:  
setenv XAPPLRESDIR <mcr_root>/<ver>/X11/app-defaults
```

Linux x86-64.

```
setenv LD_LIBRARY_PATH  
<mcr_root>/<ver>/runtime/glnxa64:  
<mcr_root>/<ver>/sys/os/glnxa64:  
<mcr_root>/<ver>/sys/java/jre/glnxa64/jre1.4.2/lib/amd64/native_threads:  
<mcr_root>/<ver>/sys/java/jre/glnxa64/jre1.4.2/lib/amd64/client:  
<mcr_root>/<ver>/sys/java/jre/glnxa64/jre1.4.2/lib/amd64:  
setenv XAPPLRESDIR <mcr_root>/<ver>/X11/app-defaults
```

HP-UX.

```
setenv SHLIB_PATH  
<mcr_root>/<ver>/runtime/hpux:  
<mcr_root>/<ver>/sys/os/hpux:  
<mcr_root>/<ver>/bin/hpux:  
<mcr_root>/<ver>/sys/java/jre/hpux/jre1.4.1/lib/PA_RISC2.0/server:  
<mcr_root>/<ver>/sys/java/jre/hpux/jre1.4.1/lib/PA_RISC2.0 setenv LD_PRELOAD  
<mcr_root>/<ver>/sys/java/jre/hpux/jre1.4.1/lib/PA_RISC2.0/server/libjvm.sl  
setenv XAPPLRESDIR <mcr_root>/<ver>/X11/app-defaults
```

kde:

- <mcr\_root> je složka, kterou jsme zvolili pro rozbalení MCR,
- <ver> je verze MCR, pro MATLAB 7.0 R14 je to v72.

### 1.6.6 Spuštění simulačního programu v prostředí UNIX

Spusťte soubor generator\_ruseni.exe.