SIMULATOR OF CHANNEL TRANSFER FUNCTIONS OF POWER LINE COMMUNICATION IN NS-3

Jan Kolář

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xkolar34@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Petr Mlýnek

E-mail: mlynek@feec.vutbr.cz

Abstract: The paper deals with simulations of Power Line channel transfer functions in Network Simulator version 3 (NS-3). Other simulators are also mentioned and the reason for using NS-3 is given. The advantages and disadvantages of NS-3 simulator and further extensions are described. Last part is focused on the simulation of channel transfer function where time and frequency selective impedances are considered.

Keywords: power line communication, channel transfer function, Network Simulator-3

1. ÚVOD

V dnešní době existuje velké množství komunikačních technologií. Jednou z nich je komunikace po silnoproudých rozvodech, která je obecně nazývána PLC (Power Line Communication). Funguje na principu modulace přenášených dat na nosný signál, který je následně superponován na síťové napětí 230 V. Při tomto přenosu je možné volit použitou frekvenci nosné, druh modulace a přenosovou rychlost. Podle použité frekvence dělíme PLC na širokopásmovou a úzkopásmovou. Tuto technologii lze využít pro přenos velkého objemu dat (např. internet) [1] nebo ji využíváme v úzkopásmových aplikacích (automatizace, telemetrie, atd.) [2]. Silnoproudé vedení je vhodné jako alternativní přenosový kanál hlavně z ekonomických důvodů. Výhodou je úspora finančních prostředků při budování nové infrastruktury. PLC má také své nevýhody a omezení. Mezi hlavní nevýhody můžeme zařadit různé druhy impulzního rušení, útlum vedení, časově a frekvenčně proměnné impedance zátěže, elektromagnetickou kompatibilitu atd.

2. SIMULÁTORY PŘENOSOVÝCH FUNKCÍ PLC KOMUNIKACE

Na rozdíl od jiných technologií je pro PLC k dispozici pouze několik volně dostupných simulačních nástrojů. Většina z nich je realizována v prostředí programu Matlab. K dispozici jsou například simulátory Canete [3] nebo FTW [4].

Z důvodu nedostatku simulačních nástrojů byl na univerzitě ve Vancouveru[1] vyvinut framework pro simulace PLC komunikace v prostředí NS-3 (Network Simulator 3) [5]. Framework umožňuje definovat nejrůznější topologie a zahrnout do simulace časově a frekvenčně proměnné chování PLC kanálu. Výhodou NS-3 oproti Matlabu je, že v NS-3 jsou implementovány knihovny pro velké množství komunikačních technologií. Díky tomu může uživatel spojit více technologií a simulovat například aplikace pro chytré sítě (Smart grid) či heterogenní/hybridní sítě.

Do NS-3 Simulátoru bylo implementováno i jednoduché grafické rozhraní [5]. Výhodou grafického rozhraní je jednoduché ovládání a velká úspora času při definování rozsáhlých topologií. Na druhou stranu velkou nevýhodou je to, že do simulací není možné zahrnout vliv rušení a použitých

[1] University of British Columbia, Vancouver, Canada

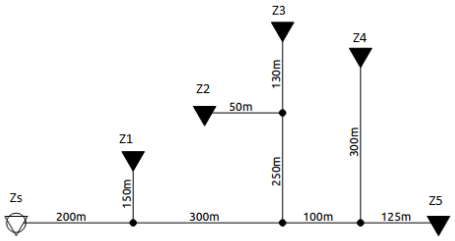
modulací. Další nevýhodou je, že při použití časově proměnné impedance nedojde k zobrazení grafu přenosové funkce. Vykreslení grafu se musí provést manuálně například v programu Matlab.

3. ROZŠÍŘENÍ NS-3 SIMULÁTORU

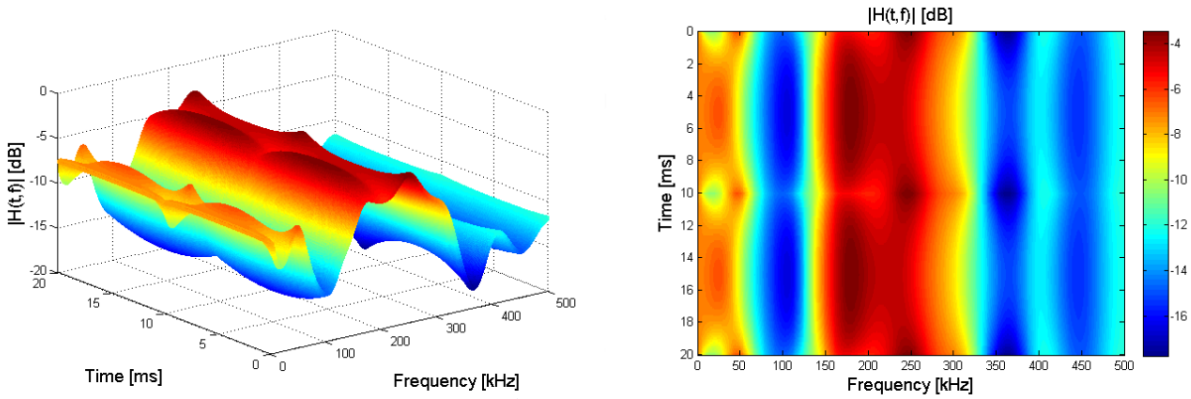
Analyzovali jsme framework pro PLC v NS-3 (dostupný z [5]) a navrhli a realizovali nezbytná rozšíření. Byly realizovány různé scénáře pro analýzu a simulaci negativních vlivů PLC komunikace. Byly vytvořeny nové scénáře pro různé druhy rušení, pro rozsáhlé topologie, pro různé přístupy k výpočtu primárních parametrů atd. Do simulátoru byly implementovány typy kabelů, které jsou používané v Evropě a České republice. V simulacích jsou uvažovány různé druhy topologií (malá, s několika odbočkami a rozsáhlá). Cílem je také simulovat použití časově a frekvenčně proměnných impedancí. Dalším rozšířením může být použití nových standardů a modulací pro úzkopásmovou PLC technologii.

4. SIMULACE PŘENOSOVÝCH FUNKCÍ

Tato kapitola popisuje provedenou analýzu frameworku a výsledky simulací. Framework je nyní rozšířen o nové typy kabelů a různé postupy výpočtu. Také byla provedena simulace pro malou topologii s použitím pevné, časově proměnné a frekvenčně proměnné impedance. Topologie je zobrazena na obrázku 1. Uzel Z_1 byl zakončen frekvenčně proměnnou impedancí a uzel Z_3 časově proměnnou impedancí. U zbylých uzlů se uvažovala pevná impedance. Bylo uvažováno frekvenční pásmo o šířce 500 kHz. Cílem simulace bylo zobrazit přenosovou funkci mezi uzly Z_s a Z_5 (Obrázek 2).

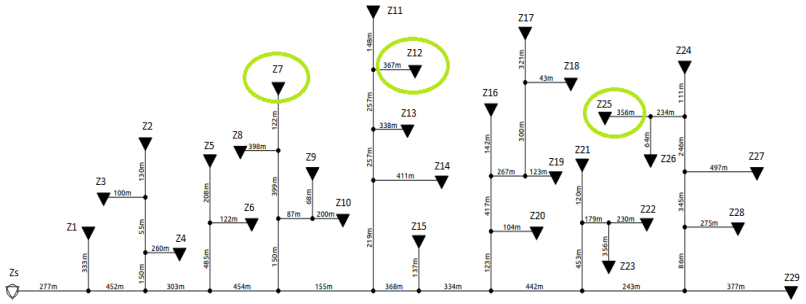


Obrázek 1: Topologie s časově a frekvenčně proměnnou impedancí

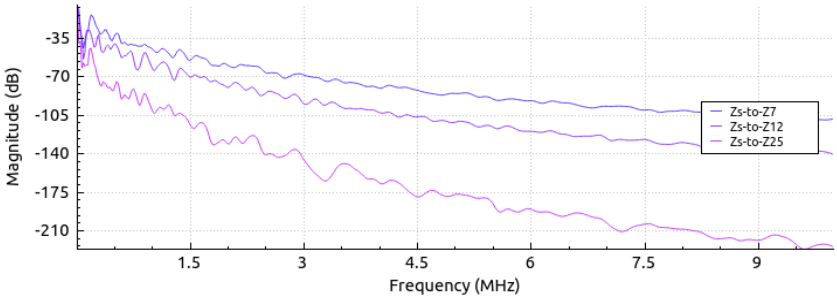


Obrázek 2: Přenosová funkce mezi uzly Z_s a Z_5

V další simulaci byla použita topologie, která reprezentuje reálnou PLC síť (viz obrázek 3). Jednotlivé uzly mají pevnou impedanci, takže se neprojeví proměnnost ve frekvenci ani v čase. Cílem simulace bylo získat přenosové funkce mezi vysílacím uzlem Z_s a uzly Z_7, Z_{12} *a* Z_{25}. Grafy přenosových funkcí jsou zobrazeny na obrázku 4. Pozorujeme výrazný růst útlumu s rostoucí frekvencí a vzdáleností.



Obrázek 3: Topologie reprezentující reálnou PLC síť



Obrázek 4: Přenosové funkce mezi vybranými uzly

5. ZÁVĚR

Po analýze dostupného frameworku pro PLC komunikaci byly navrženy možnosti jeho rozšíření. Také byly provedeny základní simulace, které umožňují porovnání s ostatními dostupnými simulátory. Výstupem simulací byly přenosové funkce (CTF), které jsou důležité pro volbu použité modulace. Díky znalosti tvaru CTF můžeme při přenosu dat vynechat frekvence, na kterých dochází k velkému útlumu nebo zvolit robustnější typ modulace.

V současné době jsou do simulátoru implementovány nové typy kabelů a různé postupy pro výpočet primárních parametrů vedení. Dále jsou implementovány různé druhy rušení, modulací a byly provedeny simulace pro různé topologie. Práce je zaměřená jak na fyzickou, tak i na přístupovou vrstvu.

REFERENCE

[1] Vančata, P. Standardizace širokopásmových systémů přenosu po energetickém vedení [online]. 2005, [cit. 2015-03-20]. Dostupné z URL: <http://access.feld.cvut.cz/view.php?cisloclanku=2005112801>.

[2] PODHORSKÝ, J. *HDO - hromadné dálkové ovládání*. BEN, 2002. 120 s. roc. 1. ISBN 80-7300-054-7.

[3] CANETE F, CORTES J, DIEZ L, ENTRAMBASAGUAS J. *A channel model proposal for indoor power line communications*, IEEE Commun. Mag., vol. 49, no. 12, s. 166–174, 2011. Dostupné z URL: <http://www.plc.uma.es/channels.htm>.

[4] MAROCCO G, STATOVCI D. *FTW Forschungszentrum Telekommunikation*, Wien: Download FTW PLC Simulator. [online]. Wien, 2012 [cit. 2015-02-20]. Dostupné z WWW: <https://portal.ftw.at/public/plc-simulator/download>.

[5] AALAMIFAR F, SCHLOEGL, A, HARRIS, D, LAMPE, L. *Modelling Power Line Communication Using Network Simulator-3*, IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), Atlanta, GA, USA, 2013. [online]. 2013 [cit. 2015-02-23]. Dostupné z URL: < http://www.ece.ubc.ca/~faribaa/ns3_plc_software.htm>.