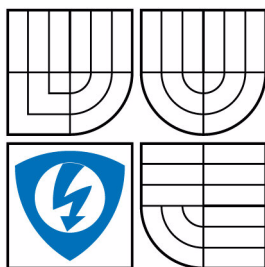


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV



FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND
COMMUNICATION
DEPARTMENT OF

MODELOVÁNÍ DATOVÉHO PŘENOSU V SILOVÝCH ROZVODECH NÍZKÉHO A VYSOKÉHO NAPĚTÍ

MODELLING OF DATA TRANSFER OVER LV AND HV POWER LINES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Kamil Feit

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

DOC. ING. JIŘÍ MIŠUREC, CSC.

BRNO 2008

LICENČNÍ SMLOUVA POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Kamil Feit

Bytem: Lukavice 100

Narozen/a (datum a místo): 18.4.1984 v Šumperku

(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

se sídlem Údolní 244/53, 602 00, Brno

jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:

.....

(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1

Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

disertační práce

diplomová práce

bakalářská práce

jiná práce, jejíž druh je specifikován jako

.....

(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP:

Vedoucí/ školitel VŠKP:

Ústav:

telekomunikaci

Datum obhajoby VŠKP:

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v*:

tištěné formě — počet exemplářů

elektronické formě — počet exemplářů

* hodící se zaškrtněte

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo jechráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
ihned po uzavření této smlouvy
1 rok po uzavření této smlouvy
3 roky po uzavření této smlouvy
5 let po uzavření této smlouvy
10 let po uzavření této smlouvy
(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/ 1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne:

.....
Nabyvatel

.....
Autor

Anotace:

V této bakalářské práci se věnuji problematice rušení přenosů pomocí PLC. Cílem této bakalářské práce je zjistit vliv rušení na signál, který přenáší data.

Toho se dosáhne tím, že se naimplementuje rušící signál do vedení pomocí generátoru. V práci bude také rozebrán způsob implementace rušení na vedení. Po naimplementování rušení budu sledovat jeho vliv na probíhající přenos dat mezi modemy.

Na konci této práce je rozebrán vliv rušení na přenos dat se zobrazením přenášeného signálu. Dále je ukázáno jak přenášený signál ovlivňuje komunikaci mezi modemy a co nastane když je rušení ukončeno.

Klíčová slova :PLC , přenos dat , elektromagnetická kompatibilita , rušení signálu , spektrum signálu

Abstrakt :

In this thesis work I am attending to matter of interference in transmissions by Power Line Communication. The goal of this thesis is to determine the impact of interference on the signal, which transmits data.

This is achieved by implementing an interfering signal to the power line with the generator. There will also be an analysis of a way how to implement interference to the power line. After the implementation of interference I will monitor the impact of interference on the ongoing data transfer between the modems.

At the end of this thesis is dissected the impact of interference in the transmission of data, with depicted transferred signal. Next is shown how the transferred signal affects communication between the modems and what happens when the interference

Keywords : PLC, the data transfer, electromagnetic compatibility, signal interference, spectrum signal.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma „Modelování datového přenosu v silových rozvodech nízkého a vysokého napětí“ jsem vypracoval samostatně pod vedením svého vedoucího bakalářské práce s použitím odborné literatury, kterou jsem všechnu citoval v seznamu literatury.

V Brně dne

.....
(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce, kterým je doc. Ing. Jiří Mišurec, CSc, za velmi užitečnou metodickou pomoc a cenné rady při zpracování bakalářské práce.

V Brně dne

.....
(podpis autora)

Obsah

1. Úvod	8
2. Problematika PLC	9
2.1 Historie a vývoj datového přenosu v silových rozvodech	9
2.2 Požadavky na přenos dat a přenosové zařízení	11
2.3 Kompatibilita telekomunikačních systémů provozovaných pomocí metalických vedení	12
2.4 Elektromagnetická kompatibilita PLC systému	14
2.5 Typy silového vedení	15
2.6 Shrnutí problematiky PLC	16
3. Realizace měření signálu a implementování rušení do vedení	17
3.1 Testovací soustava	17
3.2 Komunikace mezi modemy MT23R	18
3.3 Vlastnosti a nastavení modemu MT23R	18
3.4 Nastavení programu hyperterminal	20
3.5 Nastavení osciloskopu	20
3.6 Výchozí zobrazení přenášeného signálu	21
3.7 Jak dostat signál z generátoru do sítě	24
3.8 Teorie versus praxe	25
3.9 Volba náhradní realizace	25
4. Vliv rušícího signálu na přenos dat na vedení	26
4.1 Vlastnosti vazebního členu	26
4.2 Typy rušícího signálu	26
4.3 Zobrazení přenosového signálu bez vlivu 230V	31
4.4 Vliv rušícího signálu na přenosovou rychlost	32
4.5 Reakce modemu po vypnutí rušení.	38
5. Závěr	39
Literatura	40

Abecední přehled použitých zkratk, veličin a symbolů

emn - elektro motorické napětí

BPL -Broadband over Power Line

dB - utlum v decibelech

f - frekvence

fft - Rychlá Fourierova transformace

nn - nízké napětí

PLC - Power Line Communication

U - napětí

Vf - vysokofrekvenční

Vn - vysoké napětí

vvn - velmi vysoké napětí

1. Úvod

Ve své bakalářské práci se budu zabývat modelováním datového přenosu v silových rozvodech nízkého a vysokého napětí.

Mým cílem je analyzovat vliv rušení na datový tok, který bude přenášen pomocí metody přenosu PLC.

Toho cíle bude dosaženo implementováním rušení do přenosové soustavy. Rušení nebude vytvářeno pomocí spotřebičů a součástek, které se nachází v reálných podmínkách, ale pomocí generátoru, který bude vytvářet signál. Signál zavedu do sítě tak, aby bylo možno sledovat vliv rušení na přenášený signál. U přenášeného signálu budu sledovat dva parametry, a to rychlost přenosu a odezvy. Dále se pak u těchto parametrů zaměřím na vliv frekvence rušeného signálu, na vlastnosti přenosu a na to, za jak dlouho po odeznění rušení se signál vrátí na výchozí hodnoty.

2. Problematika PLC

V této kapitole se budu věnovat vývoji PLC a požadavkům kladeným na přenos dat pomocí PLC, dále pak pojednávat o tom, jak se navzájem ovlivňují vysokofrekvenční signály, které přenáší data. Na to naváže problematikou elektromagnetické kompatibility u přenosu dat pomocí PLC. Ten se uskutečňuje pomocí silového vedení. Z důvodu toho také zmíním, jaký typ vedení je nejvhodnější pro přenos dat. V závěru této kapitoly shrnu poznatky, ze kterých budu dále ve své práci vycházet.

2.1.Historie a vývoj datového přenosu v silových rozvodech

Cílem této kapitoly je představit vývoj systému zaměřeného na PLC od dávné minulosti do dnešních dnů.

K prvnímu využívání datového přenosu v rozvodných sítích dochází už v počátcích 20.století. Tento přenos dat ze začátku sloužil jen k hromadnému dálkovému ovládaní sítě. [1]

První systém schopný přenášet telefonní signál na vzdálenost 20 mil byl použit v Americe ve 30. a 40. letech. V následujících letech byl vývoj zaměřen do oblasti automaticky distribuovaného řízení, které umožnilo řídit provoz v energetických sítích. Bylo ale také využíváno k dálkovému ovládaní svolávacích a poplašných systémů pro velké oblasti. V této době bylo vedení vvn a vn využíváno jak pro telefonní přenosy, tak i pro posílání různých dat, která byla potřeba pro dispečerské řízení sítí. S postupem času byl však tento způsob přenosu nahrazený optickými kabely, které již mají o mnoho větší kapacitu přenosu dat. [1] [2]

Po zavedení těchto optických kabelů již nebylo dále využíváno vedení vvn a vn pro dispečerské řízení sítě. Přenos dat při dispečerském řízení probíhal pomocí úzkopásmového vf přenosu v pásmu 30 – 750kHz. Nevýhodou úzkopásmového vf přenosu bylo, že provoz byl zajišťován pomocí nákladných vazebních a ochranných doplňků. Vkládání optických kabelů do svazku silových lan mělo za následek, že se mohlo začít používat vf přenosů v pásmu do 150kHz pro sběr informací od koncových uživatelů.

Další nevýhodou, která brání širšímu zavedení přenosu dat po vedení, je rozdílnost chování signálu po silovém vedení oproti sdělovacímu vedení. Výhodou

vedení vvn pro přenos dat je, že jeho charakter je nerozvětvený. To znamená, že se více přibližuje vlastnostem klasického sdělovacího vedení. Nevýhoda přenosu po vvn je vlastnost útlumu na vedení. Útlum na vvn vedení je ovlivňován počasím, proto je potřeba značná regulace přenosových zařízení.

Vedení vn a nn je rozvětvené, tedy má jiné vlastnosti než klasické sdělovací vedení. Důvodem je, že na vedení jsou různé odbočky, např. větvení rozvodu v rozvodnicích, zásuvky po bytě, které ovlivňují přenos dat.

V 80. letech 20. století došlo ke změně a začal vývoj technologií, které byly schopny poskytnout širokopásmový datový přenos po energetickém vedení.

V roce 1997 bylo poprvé masivně testováno nasazení systému schopného přenosu dat. Zpočátku se přenosové rychlosti pohybovaly v řádu jednotek Mbit/s, ale už v roce 2004 byl prezentován čip schopný pracovat přenosovou rychlostí až 200Mbit/s.

Avšak nepředbíhejme dobu, v roce 1998 přišel zlom ve vývoji PLC - firma Nor.Webu a firma Siemens totiž zrušily jeho vývoj. V té době to vypadalo, že nenastávají nejlepší časy pro přenos dat po silovém vedení. Důvodem byla ekonomická náročnost zavádění přenosu dat touto metodou. Ale i přesto, že se vedoucí firmy průmyslu rozhodly dále nepokračovat ve vývoji PLC, pokračovaly v tom desítky menších firem. Tyto firmy se však rozhodly pomocí PLC řešit jinou problematiku.[5]

Původně se předpokládalo, že PLC bude řešit „problém poslední míle“, což znamenalo rozvádět data do více budov tzn. od jednoho místa např. transformátoru, kam by poskytovatel přivedl konektivitu, by se data rozváděla k domům a odtud dále pokračovala klasickými metodami, kterými se šíří datový signál k uživateli.

Nakonec se ale vývoj se začal zabývat rozvodem datového signálu po byt pomocí PLC a řeší tzv. problém domácího zasítování. Toto řešení je jednodušší a lépe aplikovatelné pro různé podmínky.[5]

2.2 Požadavky na přenos dat a přenosové zařízení

V této kapitole se seznámíme s požadavky, jenž se vztahují na vlastnosti přenosu dat, přenosová zařízení, vlivy, které je ovlivňují a na možnosti, jak tyto vlivy omezit.

Základní požadavek na přenos dat je dosáhnout pokud možno, co nejvyšší přenosové rychlosti.

Při požadavku na nejvyšší rychlost se nesmí nijak ovlivnit hlavní funkce sílového vedení a musíme vyhovovat podmínkám elektromagnetické kompatibility. Což znamená, neovlivňovat ostatní zařízení v síti a zajistit, aby tyto zařízení neovlivňovali přenos dat. [3]

V počátcích, kdy se začalo s budováním rozvodu elektřiny, byly vlastnosti sílového vedení navrženy tak, aby se po nich dobře přenášel proud. Tedy nejsou primárně uzpůsobeny pro přenos dat. Pro přenos dat potřebujeme větší frekvenci než je obvyklých 50Hz až 60Hz, která se používají ve světě.

A zde nastává první zádrhel - v rozsahu 10kHz až 150kHz je útlum na vedení asi 3dB, ale už kolem 1MHz klesá hodnota ze 3dB na 23dB a dále se snižuje. V rozsahu 1MHz a více se experimentálními měřeními zjistilo, že útlum se pohybuje od 22dB do 75dB. [3]

Vliv na útlum na vedení mají zařízení, která jsou běžně zapojena v síti jako je elektroměr a transformátory. Problém s transformátorem lze odstranit přemostěním menším transformátorem s lepšími parametry fungujícími na větší frekvenci. A takto připojený transformátor musí být oddělen filtrem od rozvodné sítě (horním filtrem).

Co se týče vhodných frekvencí pro přenos dat, mají význam frekvence od 1,6MHz až 30MHz, které se standardně používají v komerční sféře. Frekvenční pásma jsou dynamicky řízena tak, aby se zajistila pokud možno co největší propustnost dat. VF pásmo je rozděleno na samostatně přenosové kanály, aby se případně nějaká frekvence nepoužívala, v případě že by tato frekvence rušila. Nižší frekvence od 1,6MHz do 13MHz jsou určeny pro venkovní vedení z důvodu nižšího útlumu vedení. Jak bylo uvedeno výše, každou z frekvencí lze brát jako samostatnou komunikační linku, což umožňuje rychlost datového přenosu 750kbit až 1500kbit. [1]

A dále k vlivu rušení, které vzniká např. ve spínaných zdrojích, které se používají v širokém spektru dostupných spotřebičů. Tyto zdroje rušení mají širokopásmový

charakter od 15kHz do 1MHz. Další z rušících součástí jsou tyristory, které produkují vysoké impulsy od frekvence 100Hz nebo 120Hz podle typu sítě.

Nevýhodou tyristorů je vznik řady vyšších harmonických, které ruší okolí. Rušivý vliv mají také různé elektromotory používané v domácnosti, jejich spektrum rušení je závislé na počtu otáček. [3]

Jednou z možností jak potlačit negativní vlivy rušení signálu je, se smířit s kvalitou signálu a udělat o to lepší korekci chyb.

A nebo místo smíření s kvalitou signálu najít možnost jak přenést signál tak, aby se na něm neprojevovalo špatné medium, ale ani v této metodě to úplně nepůjde bez korekce signálu.

Další možností jak ovlivnit kvalitu přenosů je zvolit vhodnou nosnou frekvenci. Tato frekvence nesmí být ale moc velká z důvodu toho, že by mohla fungovat jako anténa a tím pádem by nesplnila normu pro elektromagnetickou kompatibilitu. A také by se po krátké vzdálenosti signál ztratil a zesilovače by byly ekonomicky nevýhodné.

Chybovost je možné ovlivnit volbou vhodného komunikačního protokolu, jako je např. zvolením vhodné délky paketu. Čím kratší, tím se bude lépe přenášet a zmenší se tak chybovost. K zmenšení chybovosti lze dosáhnout nastavením větších rozestupů mezi posíláním paketu, a tím ovlivnit přenosovou rychlost. Z toho důvodu je nutné vhodně zvolit parametry tak, aby rychlost byla velká, ale zase ne na úkor kvality a spolehlivosti přenosu dat.

Jednou z nevýhod rozvodu PLC je, že adaptéry a modemy musí být zapojeny na stejné fázi, což u nás v hojně rozšířené panelákové zástavbě může být problém, např. když bychom se chtěli zasíťovat ze sousedem a on byl připojen na jinou fázi.

2.3 Kompatibilita telekomunikačních systémů provozovaných pomocí metalických vedení

Poté, co jsem v předchozí kapitole představil požadavky na přenos dat a zařízení vedení, se zaměřím na to, že vysokofrekvenční signál není přenášen pouze jedním médiem, ale je ho možno přenášet více způsoby.

Cílem této kapitoly proto bude, podívat se na problém ovlivňování přenosu signálu souběžnými vedeními, která slouží k přenosu různých vysokofrekvenčních signálů, a to různou metodou a po rozdílném vedení.

Důvodem toho, proč se začal přenos vf signálu po metalickém vedení je, že tento přenos potřebuje menší vyzařovaný výkon k přenosu informace na stejnou vzdálenost a tím se sníží i zdravotní riziko, které vzniká vyzařováním elektromagnetického pole na živé organismy. Dále může být použita stejná frekvence k přenosu různých informací na stejném místě, poněvadž povede každá jiným vedením, což při radiovém přenosu nejde. [1]

Z elektromagnetických vlastností přenosu energie po metalickém vedení vyplývá, že určitá část energie vyzařuje do okolí, ale i obráceně může z okolí vstupovat signál vyzařovaný z okolního elektromagnetického pole. Jak moc se bude vedení ovlivňovat s okolním prostředím, závisí především na tom, jak je konkrétní vedení provedeno.

Když se podíváme na riziko ovlivnění a rušení rádiových signálů, je na tom vedení nn a telefonního kabelu v bytě z fyzikálních hledisek podobně. To znamená, že v případě širokopásmového přenosu dat lze očekávat obdobný negativní zásah do ostatních telekomunikačních systémů, obzvláště do radiového.

A právě zde vzniká třecí plocha mezi poskytovateli, kteří se snaží šířit a zavádět širokopásmové metalické vedení a provozovateli radiových služeb, kteří se snaží zajistit jejich bezchybné fungování. [1]

Z tohoto důvodu vznikla v Británii pracovní skupina, jejíž náplní bylo zjistit, jak se ovlivňují radiové systémy s širokopásmovými metalickými systémy z hlediska elektromagnetické kompatibility. Členové této skupiny si vytyčily následující body, jimiž se pak dále zabývali.

Náplní prvního bodu bylo identifikovat všechny uživatele radiového signálu v rozsahu 1,6MHz až 30MHz a dále také zjistit jejich požadavky na elektromagnetickou odolnost. Z výsledku vyplynulo, že 67 % radiových služeb bylo z vojenského užití, ze 13 % to byli radioamatéři, ze 13% rozhlasové služby, ze 4% letecké a námořní služby a 1% pak připadá zbytek. [1] [6]

Úkolem dalšího bodu bylo, v rozsahu 1,6MHz až 30MHz zjistit pravděpodobné vyzařování z VDSL a PLC systému.

Dále jaká je pravděpodobnost interferencí s radiovými službami a jejich dopad na licencované radiové služby.

Během měření na VSDL a BPL došlo k těmto poznatkům, že je potřeba rozlišovat radiové služby podle použití na ty, které se používají v hustě obydlených zástavách a na ty, které se používají mimo zastavěné lokality. V hustě zabydlených

zástavách můžeme jako příklad použít radioamatéry a nebo rozhlasové vysílání. U mimo hustě zabydlených pak můžeme brát například komunikaci mezi letadly. Měření na krátké vzdálenosti prokázalo, že jak u VDSL, tak i u BPL, překračují hodnoty vyzařování stanovené pro ochranu radiových služeb.

I když se nepodařilo zjistit vliv VDSL a BPL na funkčnost služeb z důvodu toho, že v současné době komunikace není používána neustále, v budoucnu se bude muset tento stav promítnout do standardu tak, aby bylo možno i nadále provozovat rychlé a kvalitní připojení k internetu..[1]

Více informací o výsledcích pracovní skupiny je uvedeno v závěrečné zprávě nazvané „Kompatibilita VDSL a BPL s radiovými službami ve frekvenčním rozsahu od 1,6 do 30MHz“ (viz [6]).

2.4 Elektromagnetická kompatibilita PLC systému

Nejen v dnešní době se používají silová vedení pro komunikaci, ale i v minulosti museli řešit problémy s elektromagnetickou kompatibilitou.

V dnešní době se snažíme, aby silové vedení neovlivňovalo rušením datový přenos a také, aby se mezi sebou negativně neovlivňovaly různé telekomunikační systémy.

V průběhu vývoje PLC se objevily následující problémy. Např. používání elektrárenské telefonie na (v současné době nosná) bylo podle normy 10kHz až 750kHz injektováno do venkovních vedení vn a tím došlo k rušení při poslechu dlouhých vln na rozhlas - tento problém byl odstraněn výběrem nosných kmitočtů. [1]

Nebo také v počátcích HDO docházelo k situacím, že např. signál byl slyšitelný jako hlasitý zvuk v radiu a televizi. V těchto případech byla náprava vyřešena jednoduchou inovací, která zohlednila hledisko elektromagnetické kompatibility. [1]

Největší problém je s realizací systému BPL s rozsahem od 1,6MHz do 30MHz, jež zasahuje do pracovního pásma krátkých vln, které jsou obsazeny radiovými službami dle mezinárodních dohod. Ale zde závisí na tom, jestli je BPL šířený v budově či po venkovním vedení.

Je-li BPL vedeno venku, může zde dojít k různým vlivům vyzařováním, protože např. pro různé vzdálenosti bude potřeba různou energii k překlenutí vzdálenosti.

Během poslední dekády došlo ve vývoji BPL k posunu v použití modernějších modulačních postupů. To má za následek, že výrobky od různých výrobců produkují

rozdílné rušení. Modernější výrobky dokáží vypustit pomocí programové části nejvíce rušivou část frekvenčního pásma. Jak bylo popsáno již výše, skutečně dochází při použití BPL k vyzařování překračující normu elektromagnetické kompatibility.

Důvodem je to, že tyto normy byly vytvořeny v době, kdy neměl radiový signál žádnou konkurenci a díky tomu byly normy upravené tak, aby co nejlépe vyhovovaly radiovým signálům. V dnešní době pomalu dochází k revizi a k rozšíření norem, ve kterých bude zakomponovaná i problematika BPL [1]

2.5 Typy silového vedení

Když už víme, jak reaguje přenos signálu po vedení s ostatními vysokofrekvenčními signály a také známe základní požadavky na přenos signálu po vedení, budu se nyní zabývat tím, jaké vedení je nejlepší pro potřeby přenosu dat po vedení, pomocí metody PLC.

Z důvodu toho, že vedení není ideální, ale reálné, není homogenní. Tato nehomogenita vedení se projevuje minimy přenosové funkce. Kromě nehomogenity vedení působí různé odbočky v silových rozvodech, různé jističe a chrániče.

V rámci reálného použití je možno se setkat s těmito vodiči: ploché kabely CYKYLO 3Cx1,5 (výroba PRAKAB) a CYKYLO 3Cx2,5 (výroba NKT cables), kabely s kruhovým průřezem typu CYKY 3Cx1,5 (výroba NKT cables), CYKY 3Cx2,5 (výroba PRAKAB) a CYKY 5Cx2,5 (výroba PRAKAB). [4]

Na těchto vodičích byla provedena měření na katedře telekomunikační techniky ČVUT, aby byla získána představa o přenosových vlastnostech.

Měření bylo prováděno na vedení o délce 100m, v pásmu kmitočtů 100kHz až 50MHz pomocí obvodového analyzátoru Rohde&Schwarz ZVRE vybaveného symetrizačními transformátory od firmy Nort Hills.

V první části byl měřen utlum vedení délky 100m do kmitočtu 50MHz. Měřeno bylo vždy mezi fázovým a nulovým vodičem. Z měření vyšly nejlépe vodiče typu CYKY, jejichž struktura se nejvíce přibližuje sdělovacím kabelům na rozdíl od plochých kabelů CYKLO. [4]

2.6 Shrnutí problematiky PLC

V této kapitole se zaměřím na shrnutí poznatků, které ovlivnily můj přístup k řešení zadání mé bakalářské práce.

Nejpodstatnější poznatky, ze kterých budu vycházet v následující části práce, jsou uvedeny v kapitole 2.3 o vlivu rušení mezi vysokofrekvenčními signály a v kapitole 2.4, kde je uvedeno, že vliv spotřebičů na přenos signálu lze částečně usměrnit modifikací spotřebiče a to tak, aby nebyl problém s elektromagnetickou kompatibilitou.

Nakonec chci ještě připomenout, že v kapitole 2.5 jsem ujasnil, jaký typ vedení využiji ve svém modelovém případě.

V následující kapitole se proto zaměřím na vliv vysokofrekvenčního rušivého signálu na data přenášená pomocí PLC po vedení, na typu vodiče CYKY.

3.Realizace měření signálu a implementování rušení do vedení

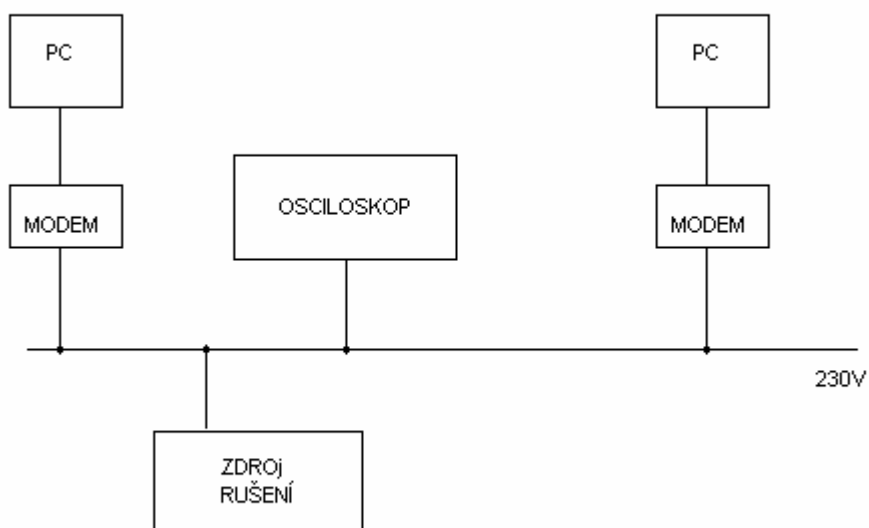
V této kapitole rozvedu, jak budu měřit rušení, jak ho naimplementuji do vedení a jakého principu bude využito k implementování rušení. Dále zde popíši, z čeho se bude skládat moje testovací soustava, jak bude fungovat přenos dat mezi modemy a jak bude modem nastaven.

3.1 Testovací soustava

V následujícím textu budu pojednávat o tom, jak budu testovat vliv rušení na přenášená data.

Vliv rušení na chod signálu bude testován pomocí dvou počítačů, které budou spojené přes port COM s modemy od firmy ModemTec a to konkrétním modelem MT23R.

Modemy připojím k prodlužovacímu kabelu a mezi n osciloskop Tektronix, který zobrazí průběh signálu. Také tam umístím generátor, který vytváří signál a ten by m l rušit přenášený signál viz obr 1.



obr.1 schéma zapojení testovací soustavy

3.2 Komunikace mezi modemy MT23R

Zde uvedu, na jakém principu probíhá komunikace mezi modemy MT23R.

Komunikace mezi modemy začíná tak, že jeden modem začne vysílat data a zároveň je ukládá do paměti, pro případ opakování datového přenosu. Data vysílá modem do sítě tak dlouho, dokud nedojde k timeoutu na sériovém portu.

V okamžiku timeoutu se na sériovém portě označí modem paket jako poslední a vyžádá si od protějšího modemu potvrzení o přijetí dat (handshake paket). V tomto okamžiku začíná na modemu běžet časovač handshake timeout. V případě, že na vysílací modem do vypršení handshake timeoutu nedojde handshake paket, tak modem začne znovu vysílat data, která nebyla potvrzena handshake paketem. Ale pokud handshake paket přijde včas, tak si modem přečte v handshake paketu, které pakety dorazily a ty které nedorazily pošle znova.

Přijímací modem ukládá přicházející pakety do bufferu a potom co je složen kompletní datagram z paketu, je tento datagram odeslán po sériovém portu do počítače.

V případě, že se vysílacímu modemu nepodaří dostat potvrzení od přijímacího modemu, snaží se neustále doručit data a to až do té doby, než mu přijde potvrzení od protějšího modemu.

Když nechceme posílat data donekonečna, lze nastavit parametr opakování tzn. kolikrát se má pokusit modem data poslat. Poté modem vyzkouší všechny pokusy a odešle zprávu do počítače, že je přenos ukončen.

Provoz bude demonstrován přenosem souboru přes program hyperterminal, kde bude nastaveno, jakou rychlostí bude přenos probíhat, jaká bude parita a jaký bude protokol přenosu dat. Ale ještě než dojde k nastavení samotného programu, je nutné mít nastavené modemy pomocí servisního kabelu a programu k nastavování RSET.

3.3 Vlastnosti a nastavení modemu MT23R

Modem MT23R může přenášet data pomocí protokolu, který splňuje tyto podmínky:

- protokol je poloduplexní
- protokol není kritický na dobu odezvy
- maximální délka zprávy (datagramu) je 512 bajtů.

V programu RSET můžeme nastavit tyto parametry:

- rozhraní -RS232, RS422 nebo RS485
- paritu – lichou, sudou či žádnou
- RTS/CTS flow control - hardwarové kontrolování toku dat (zapnuto/vypnuto)
- RX timeout - doba po jejíž uplynutí je vyhodnocen konec datového toku
- HT timeout - doba, jak dlouho má modem čekat na potvrzení za odeslaný paket.
V případě že paket dorazil po uplynutí této doby tak nedojde k potvrzení, že paket dorazil do místa určení a modem vyšle nový paket.
- time out – čas, jak dlouho bude modem čekat na příjem paketu. Když vyprší time out a přijde paket, tak se neodešle potvrzení o doručení a vysílací modem odešle všechny zprávy znova. Proto musí být timeout vhodně nastaven. Timeout začíná příchodem prvního paketu zprávy.
- opakování - nastavuje počet pokusů pro znovuoobnovení spojení
- lokální ad – je lokální adresa v rámci sítě PLC v rozmezí 1 až 65535
- vzdálená ad – je vzdálená adresa v rámci sítě PLC v rozmezí 1 až 65535
- segment - jakékoliv číslo jiné než nula se používá pro rozsáhlé sítě; číslo se nastavuje v rozmezí 0 až 250.

V mém případě jsem nastavil v modemu hodnoty uvedené níže v tabulce č. 1

Tabulka č.1 hodnoty nastavených parametrů v modemu

Rychlost přenosu	19200	Timeout příjmu	170
Rozhraní:R	RS232	Lokální ad	1
Parita	none	Vzdálena ad	2
RX timeout	2 ms	Segment	0
HS timeout	170	Opakování	3
RTS/CTS	zapnuto	Počet stop bit	1

3.4 Nastavení programu hyperterminal

Poté co je nastaven modem přes program RSET a připojen k počítači přes port com. Bude přenos pomocí modem ovládán programem hyperterminal.

V programu hyperterminal nastavíme v podstatě stejné hodnoty, jako v programu RSET na modemech.

V hyperterminalu nastavíme přenosovou rychlost na 19200 bitů za sekundu, datové bity na 8, paritu na hodnotu žádnou, řízení toku na hardwarové a počet stop bitů na 1.

Poté vybereme soubor, který odešleme na protější modem a zvolíme pomocí jakého protokolu se budou data mezi modemy přenášet. Já jsem si zvolil protokol kermi.

Potom, co jsou nastaveny parametry modemu a programu hyperterminal, lze posílat data mezi modemy.

Na osciloskopu se zobrazí průběh přenášených dat po vedení. Nosná frekvence datového signálu je 80kHz. Pro každé měření používám stejn nastavené zobrazování průběhu signálu tak, abych mohl bez problémů opakovat měření a porovnávat změřené výsledky.

3.5 Nastavení osciloskopu

Zde uvedu, jak bude nastaven osciloskop Tektronix DPO 4032 pro měření přenášeného signálů.

Velikost dílku napětí pro zobrazený přenášený signál bude 1V anebo 2,5V. Pro průběh zobrazování signálu je zvoleno v nastavení přesnosti v average hodnota 64 a počet bodů na zachycení signálu je 10k bodů.

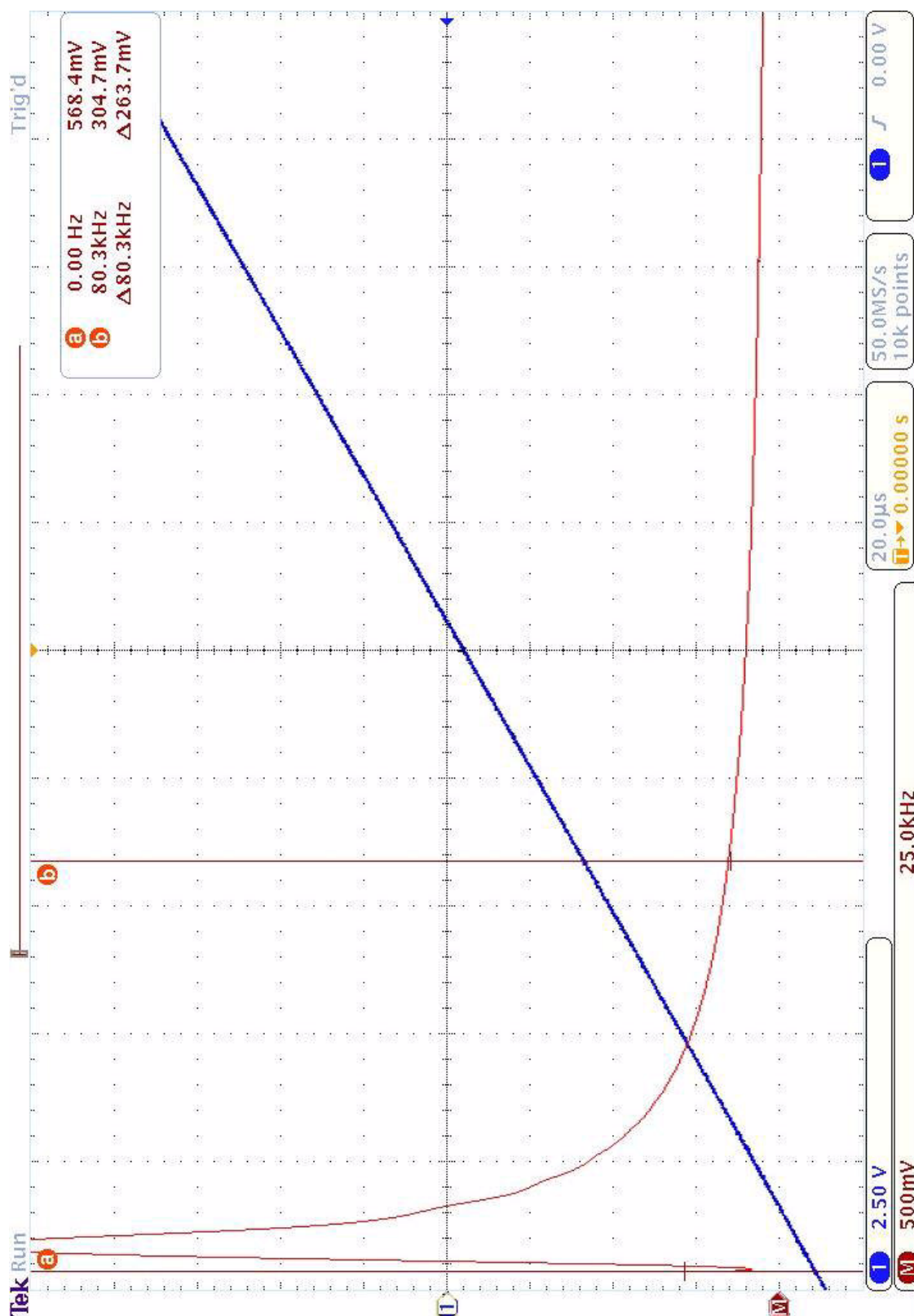
Signál je vzorkován rychlostí 50MS/s, kmitočtové pásmo pro zobrazení fft je nastaveno na 25kHz na dílek. A fft signál je zobrazován tak, že je posunut oproti středu mřížky o 113 kHz.

3.6 Výchozí zobrazení přenášeného signálu

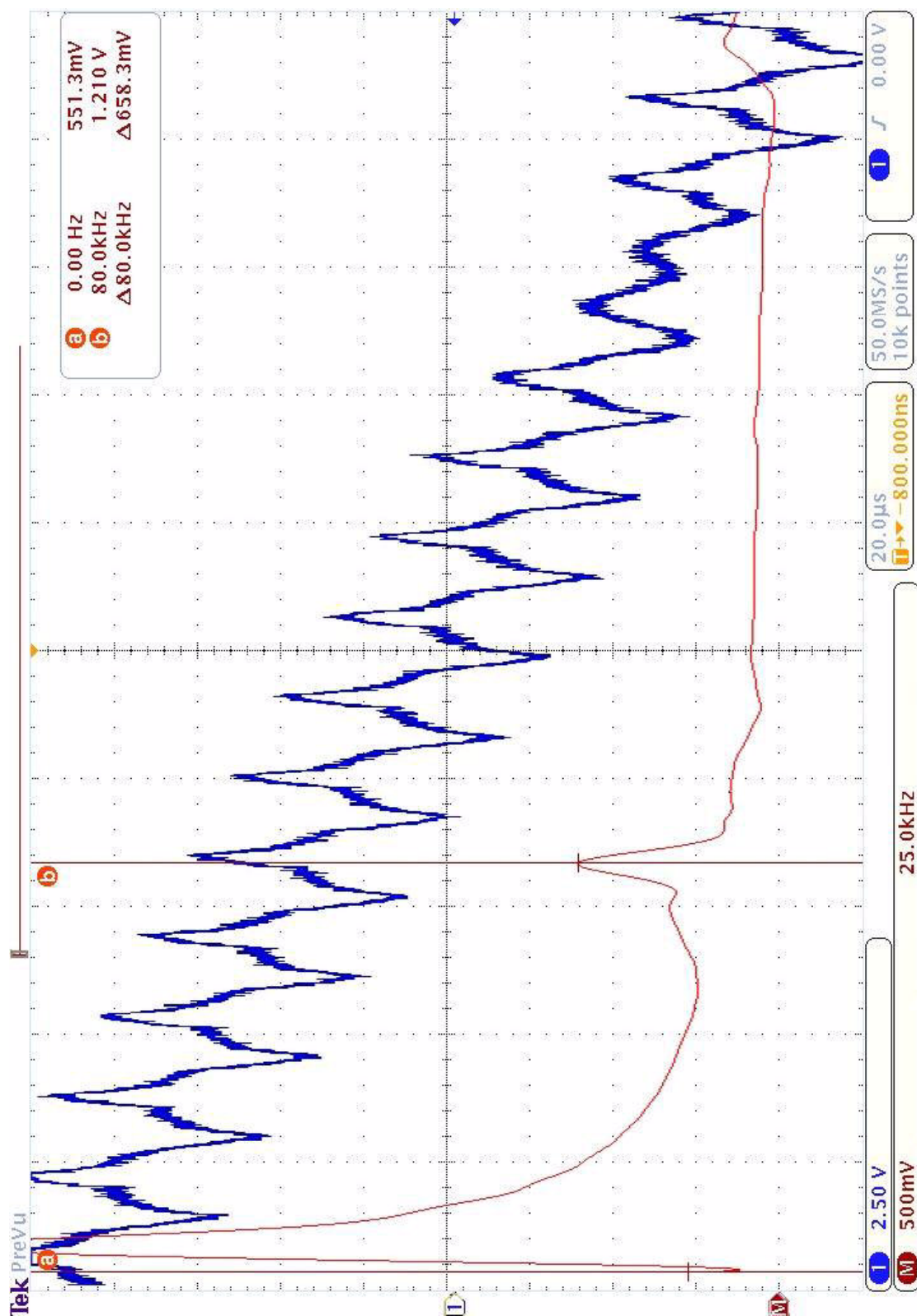
Zde uvedu, jak vypadá signál bez přenosu dat a bez přenosu rušení a signál s přenosem dat a bez přítomnosti rušení.

Na níže uvedeném obrázku č. 2. je zobrazen průběh signálu, který zobrazuje signál na vedení bez přenosu dat a bez rušení, tedy je tam vidět jen část sinusového signálu na 50 Hz a jeho spektrum v fft.

Na obrázku č. 3 je vidět ten samý obrázek, ale už s probíhajícím přenosem dat bez rušení. Avšak na signálu č. 1 na obrázku č.3 je vidět, jak se oproti obrázku č. 2 namodulovala přenášená data na sinusovku. Na signálu č. 2 můžeme vidět spektrum signálu pomocí fft. Nejsilnější je signál na 50Hz, který představuje napětí 230V na 50Hz a dále jde vidět na frekvenci 80kHz spektrum namodulovaného přenášeného signálu a jeho násobky.



Obr.č.2 Průběh signálu bez přenosu dat mezi modemy po vedení a bez rušení
Signál 1 - průběh sinusovky , signál M - signál 1 v fft



Obr.č.3 Průběh signálu s přenosem dat mezi modemy po vedení bez rušení

Signál 1 - průběh sinusovky , signál M - signál 1 v fft

3.7 Jak dostat signál z generátoru do sítě

V této kapitole popíši, jakého principu bude využito k zavádění rušícího signálu do vedení.

K rušení přenášeného signálu využiji fyzikálního principu, který zde níže uvedu. Data jsou přenášena po silnoprůdém vedení, což si můžeme představit jako dlouhý vodič.

Okolo vodiče se tvoří magnetické pole, prochází-li vodičem proud. Velikost magnetického pole závisí na vzdálenosti od vodiče. Čím se nacházíme blíže vodiči, tím je magnetické pole větší. Pokusy bylo zjištěno, že když budeme tyčový magnet přibližovat ke smyčce, ke které je připojen ampérmetr, objeví se v obvodu proud. Když ustane pohyb magnetem, tak ustane i proud. Ve smyčce připojené k ampérmetru se indukuje proud, který je závislý na změně počtu indukčních čar procházejících smyčkou. Velikost indukovaného emf a proudu závisí na rychlosti změny počtu indukčních čar procházejících smyčkou. V reakci na tyto zkušenosti byl objeven Lenzův zákon, který v podstatě říká, že indukovaný proud vybuzený působí proti změně magnetického pole, které proud indukovalo. Platí také, že magnetické pole vytváří pole elektrické. [8]

Zavedení vf rušivého signálu do vedení

Nyní zde shrnu poznatky z předchozího textu a dále ukáži, jak teoretické poznatky uplatním v praxi.

Vedení bude procházet cívkou, na kterou budu generátorem pouštět signál, který bude představovat rušení. Bude využito principu, že kolem každého vodiče se vytváří magnetické pole.

Toto magnetické pole není konstantní, ale mění se podle procházejícího vysokofrekvenčního signálu. V mém případě si můžeme představit cívku jako magnet, který se přibližuje a vzdaluje ke smyčce připojené k ampérmetru. Avšak v mém případě představuje smyčka vedení o nekonečném poloměru.

Cívkou prochází vysokofrekvenční signál. Tím se magnetické pole procházející vedením mění rychle a na vedení se naindukuje rušivý signál.

3.8 Teorie versus praxe

V této kapitole rozeberu, k jakým rozdílům jsem došel při testování přenášeného signálu rušením.

Než jsem začal rušit signál po vedení udělal jsem si test. Tento pokus měl ukázat, jestli je možno přenést rušící signál na vedení. Jako zdroj signálu na vedení jsem použil generátor ze sinusovým průběhem. Do cívky byl přiveden signál z téhož generátoru, ale s obdélníkovým průběhem. Ten to signál se na indukoval na procházejícím signálu na vedení vždy v okamžiku, kdy došlo ke změně průběhu obdélníkového signálu z hodnoty +5 V na -5V.

Rušící signál byl takto indukovaný, protože jak bylo výše uvedeno, indukovaný proud reaguje na změnu ve svém magnetickém poli. A poté co je rušící signál na hodnotě +5V nedochází k žádné změně hodnot pole. V mém popisu to lze brát jako když se zastaví magnet přibližující se ke smyčce připojené k ampérmetru. Takto naindukovaný rušící signál na sinusovce má charakter utlumené oscilace.

Po ověření, že lze takto injektovat signál do vedení, jsem tento způsob vyzkoušel na silové vedení s přenášeným signálem. Bohužel velikost naindukovaného rušícího signálu byla zanedbatelná k tomu, aby to nějakým způsobem ovlivnilo přenášený signál.

Pro přenášení rušícího signálu byla použita indukční cívka, která se standardně používá k injektování vysokofrekvenčního signálu do vedení. V mém případě byl problém nedostačující signál z generátoru na to, aby to vybudilo dostatečné napětí na přenesení rušení na vedení.

3.9 Volba náhradní realizace

Poněvadž se rušící signál nenaindukoval na vedení v dostatečné velikosti, bude muset dojít k implementování rušícího signálu přímým spojením generátoru a vedení.

Protože na silovém vedení je 230V, musí být připojení ošetřeno tak, aby se 230V nedostalo do generátoru. Pro oddělení generátoru od sítě se hodí vazební člen, který zajistí, že na generátor nepronikne velké napětí a signál z generátoru se bez problémů dostane na vedení.

4. Vliv rušícího signálu na přenos dat na vedení

V této kapitole naváží na kapitolu předchozí a uvedu zde, jak pomocí vazebního členu nahradím implementování rušení přes cívku do vedení a zaznamenám vliv rušícího signálu na přenášený signál.

4.1 Vlastnosti vazebního členu

Zde budou uvedeny požadavky na vazební člen a jeho vlastnosti, které musí splňovat, aby došlo k bezpečnému přenosu signálu do vedení.

Pro bezpečné připojení generátoru do sítě musí být vazebním členem zaručeno, že odfiltruje signál na 50Hz, na kterých je přenášeno 230V. A dále také zajistí, aby se signál v pásmu 70kHz až 90kHz přenesl přes vazební člen bez problémů, poněvadž v této oblasti pracují modemy, které budou použity pro přenos signálu.

Pro mé požadavky nejlépe vyhovoval vazební člen firmy ATD. Z jejich nabídky vazebních členů jsem si vybral MCB10-PLA. Tento vazební člen je navržen pro frekvenční rozsah 65kHz až 95kHz, proto plně vyhovuje mým požadavkům na přenosové vlastnosti. Co se týče průniku 230V na generátor, je vazební člen MCB10-PLA zabezpečen tak, že je galvanicky oddělen a k průrazu na 50Hz je potřeba napětí v řádově větší než 4kV.

4.2 Typy rušícího signálu

Pomocí generátoru budu přes vazební člen pouštět tři rušící signály a sledovat jejich vliv na přenášený signál. V rámci testování a měření budu sledovat vliv rušícího signálu na vedení v rozsahu 65kHz až 95kHz, které umožní vazební člen přenášet v plné síle.

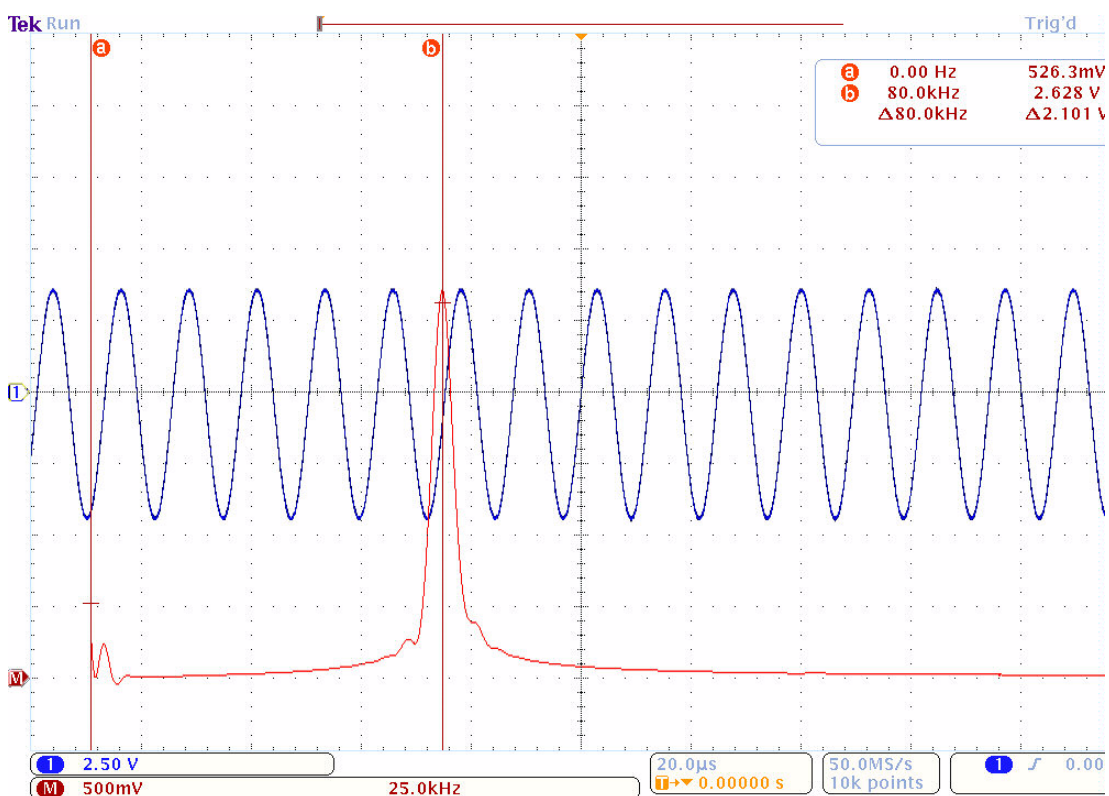
Do vedení budu pouštět tyto tři signály - sinusový, pilový a obdélníkový

Velikost rušících signálů je při maximálním napětí na generátoru a za vazebním členem, který není připojen do sítě, uvedena v tabulce č.2

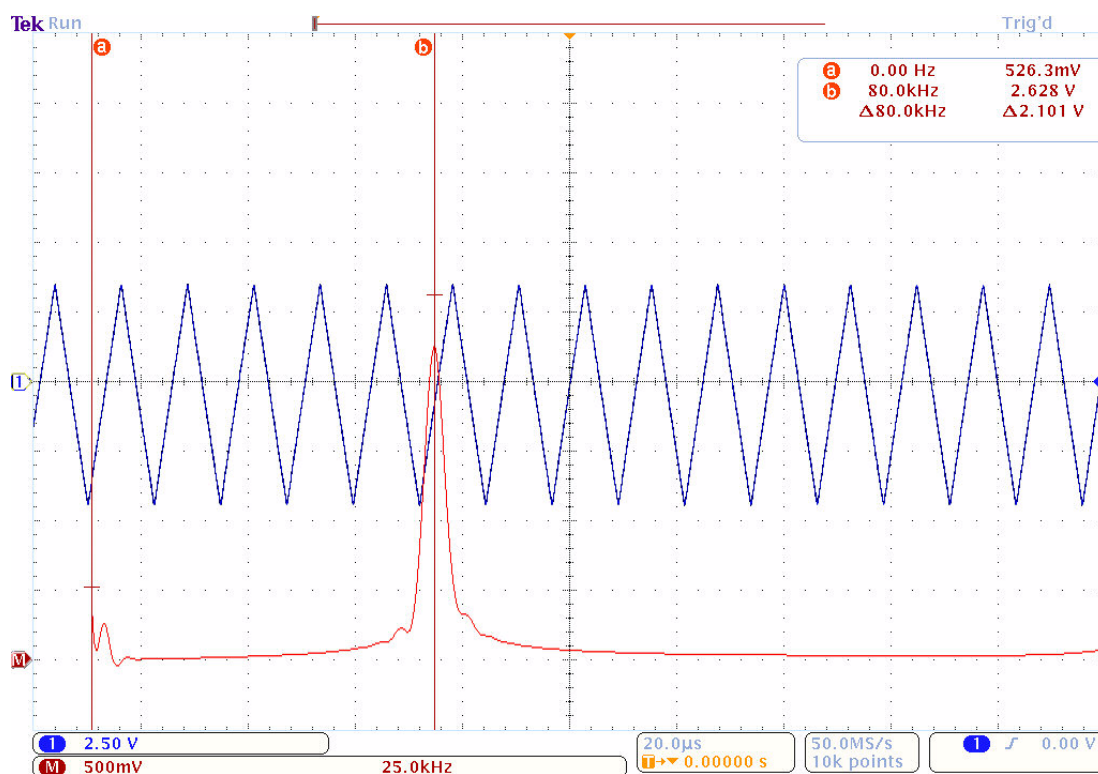
Tabulka č.2 hodnoty napětí na generátoru a vazebním členu

Průběh rušícího signálu	Výstup generátoru		Výstup za vazebním členem připojeny k osciloskopu	
	Ampl	Pk-Pk	Ampl	Pk-Pk
Sinusový	31,7V	32,1V	29,7V	30,2V
Pilový	31,7V	31,7V	29,1V	29,6V
Obdélníkový	31,6V	32,3V	24,8V	55,5V

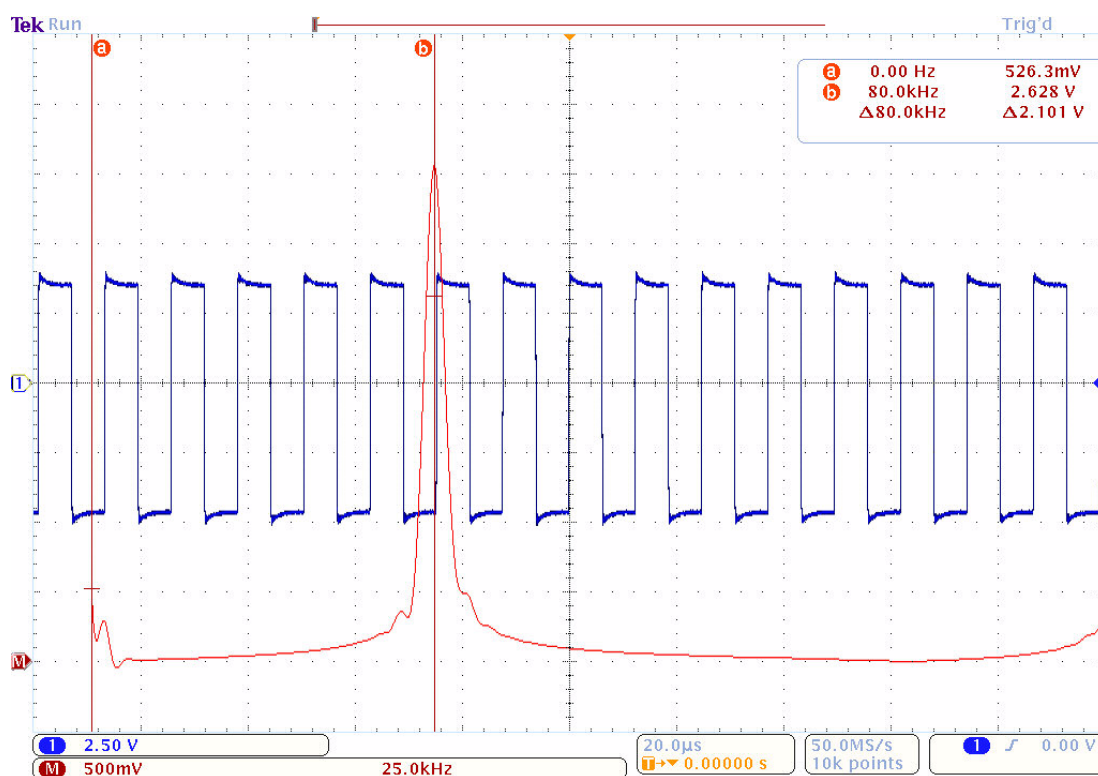
Níže uvedu průběh signálu na generátoru a průběh signálu na vedení. Zobrazovaný signál bude nastaven na 80 kHz.



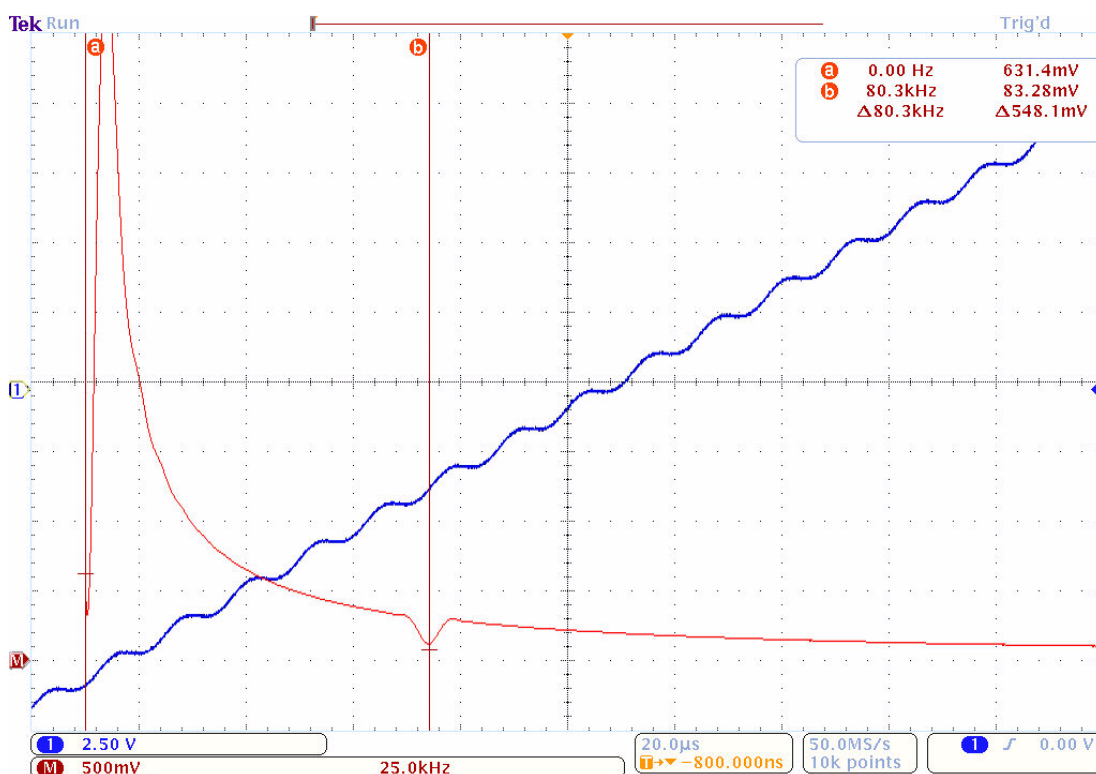
Obr č.4 výstup generátoru , sinusový průběh na 80kHz



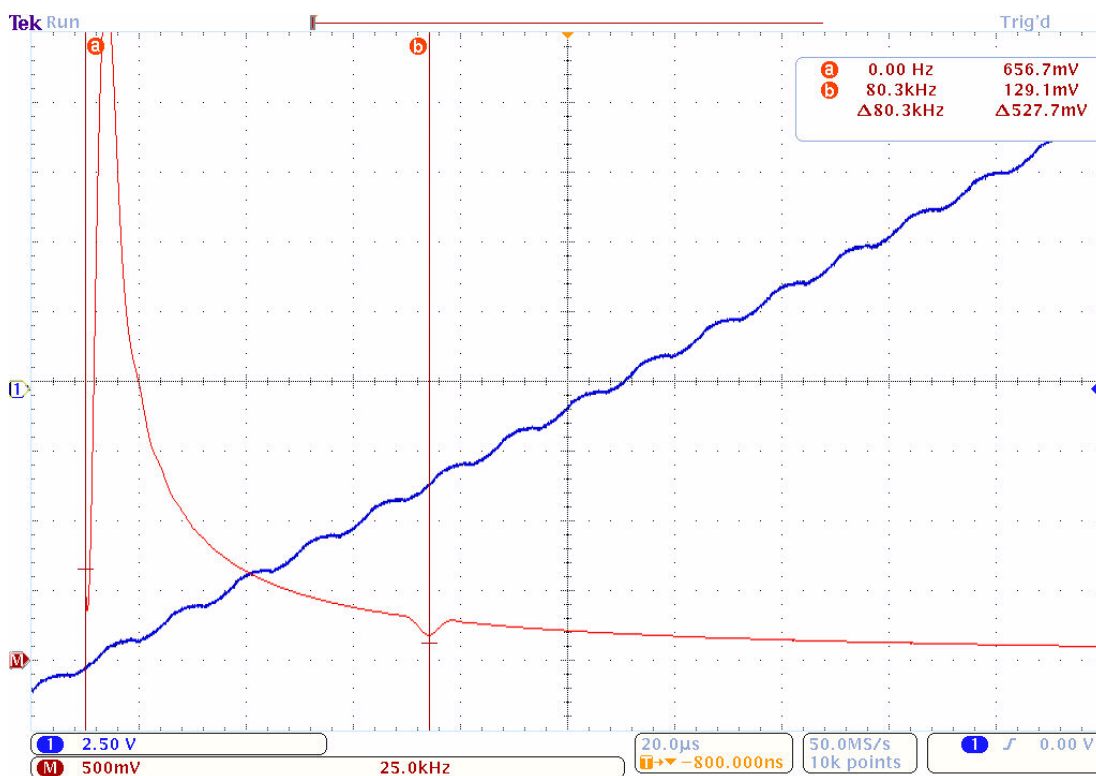
Obr č.5 výstup generátoru , pilový průběh na 80kHz



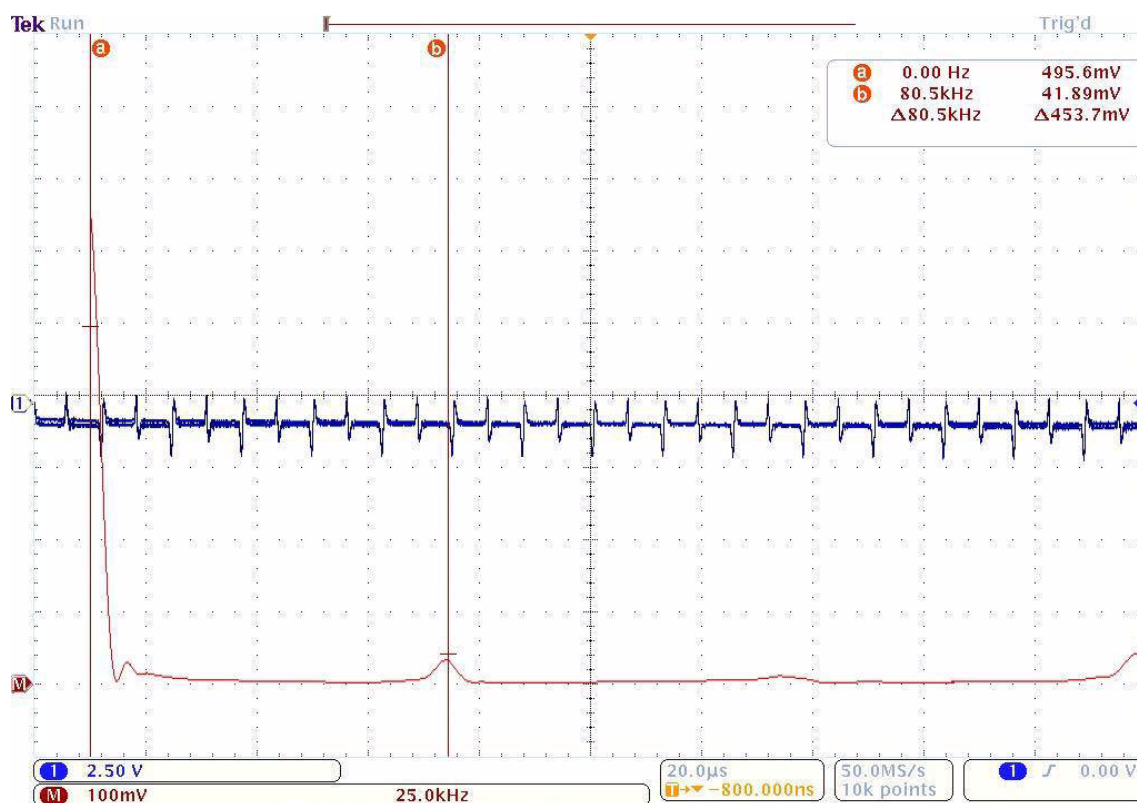
Obr č.6 výstup generátoru , obdélíkový průběh na 80kHz



Obr.č.7 průběh rušícího signálu na vedení, zdroj rušení - sinusový signál



Obr.č.8 průběh rušícího signálu na vedení, zdroj rušení - pilový signál



Obr.č.9 průběh rušícího signálu na vedení, zdroj rušení - obdélníkový signál

Při pohledu na průběh signálu na vedení si lze všimnout, že není moc velký rozdíl mezi signálem sinusovým a signálem pilovým (viz obr. č.7 a obr. č.8). A to z důvodu toho, že rozdíl mezi sinusovým signálem a pilovým signálem není zas tak velký, aby se to více projevilo na signálu na vedení. Pouze sinusový signál je více kulatý (viz obr. č.7) než obdélníkový signál (viz obr. č. 8).

Na obrázku číslo č.9 je ukázán průběh obdélníkového signálu a je zde vidět, jak se na vedení projeví špičky, které se objevily při měření výstupu na vazebním členu.

Zde zobrazené průběhy na 80kHz reprezentují průběh rušících signálů v nejdůležitější oblasti pro přenos dat po vedení pro modemy. Při změně frekvence na generátoru v rozsahu 65kHz až 95kHz se zobrazovaný signál v podstatě nemění, pouze se posouvá ve fft spektru podle frekvence generátoru.

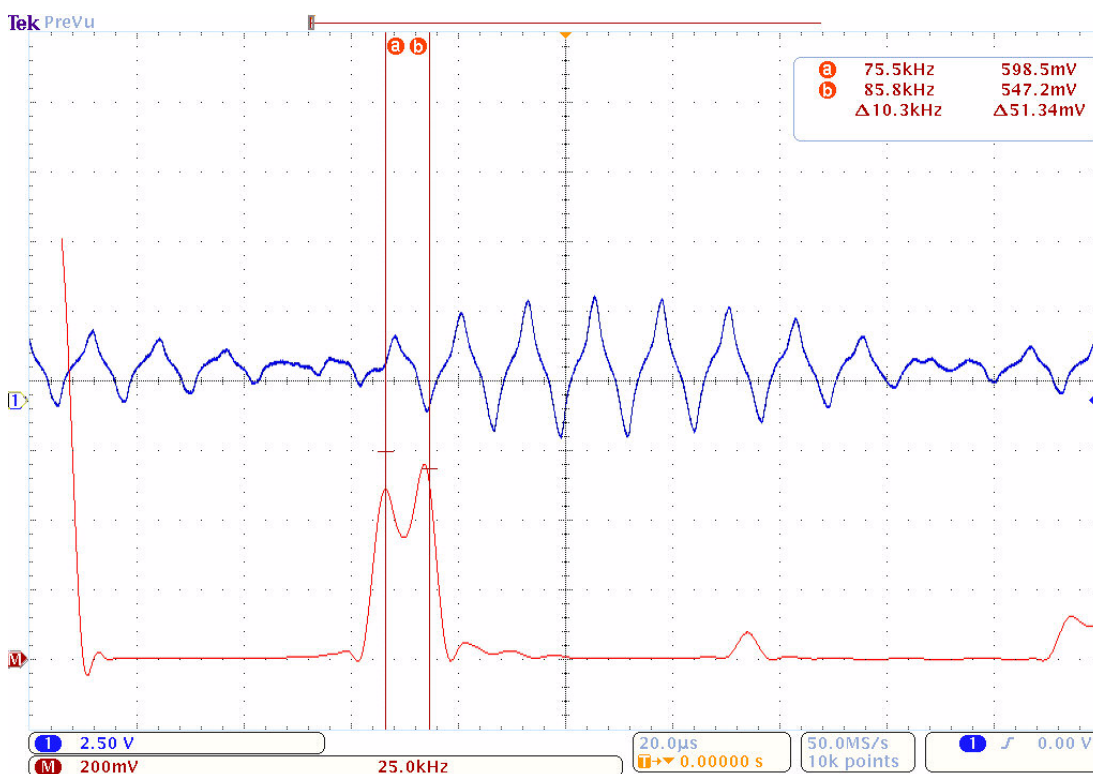
Je-li frekvence větší, je menší perioda a lze vidět více period signálu na vedení při stejném nastavení zobrazení. Při zmenšení frekvence se signál na vedení roztáhne, protože se zvětší perioda.

4.3 Zobrazení přenosového signálu bez vlivu 230V

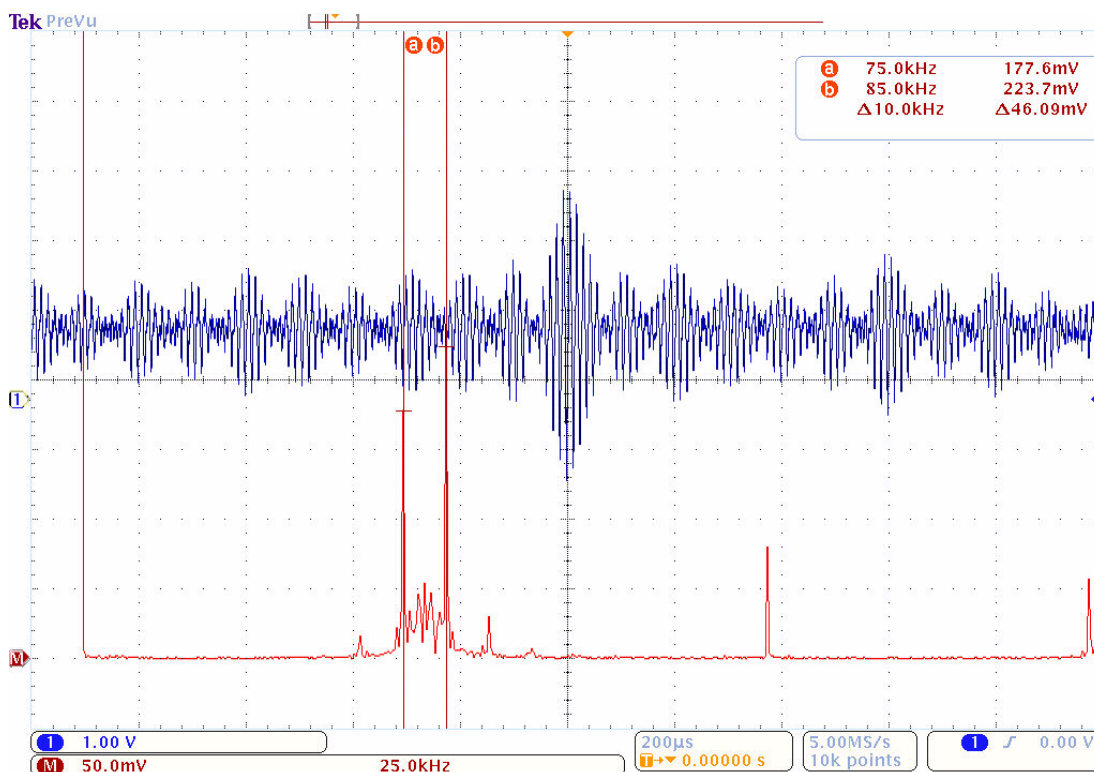
V předchozí kapitole jsou zobrazeny průběhy rušících signálů na vedení. Přenášený signál na vedení jež byl zobrazen v obrázku č. 3 je na straně 20. V této kapitole se budu věnovat signálu odfiltrovanému od 230V. Z takto zobrazeného signálu ve fft spektru určím, jaké kroky bude vhodné použít při testování vlivu rušícího signálu na signál přenášený.

Zobrazení přenášeného datového signálu bez vlivu 230V na 50Hz bylo zajištěno tak, že jsem osciloskop místo zapojení do prodlužovacího kabelu, zapojil za vazební člen. Tento vazební člen funguje jako filtr a na osciloskop dojde jen signál očištěn od vlivu napětí na vedení.

Jak je vidět z níže uvedených obrázků č. 10 a 11, jsou data přenášena modemy v pásmu 75kHz až 85kHz. Proto v následující kapitole 4.4 budu při měření vlivu rušícího signálu na přenášený signál v této oblasti, volit menší krok mezi frekvencemi tak, abych vhodně pokryl spektrum přenášeného signálu.



Obr. č. 10 průběh signálu přenášeného mezi modemy odfiltrovaný od 230V



Obr. č. 11 průběh signálu přenášeného mezi modemy odfiltrovaný od 230V -
zobrazeno více period přenášeného signálu

4.4 Vliv rušícího signálu na přenosovou rychlost

Jeden z parametrů, který je důležitý pro uživatele modemů, je rychlost přenosu dat. Z důvodu toho se v této kapitole budu zabývat vlivem tří rušících signálů (uvedených v kapitole 4.2) na přenosovou rychlost. Cílem této kapitoly je zobrazit, jak závisí přenosová rychlost mezi modemy na rušícím signálu v rozmezí od 65kHz do 95kHz.

Pro měření vlivu rušení na přenosovou rychlost jsem si vytvořil testovací soubor o velikosti 105000 bajtů, který bude sloužit k porovnání přenosových rychlostí při posílání dat mezi modemy.

Tento soubor byl vytvořen tak, že se skládá z opakujících se posloupností čísel, kdy jeden řádek tvoří jedničky, druhý řádek dvojky, následuje řádek trojek a až po řádek 9 a tak stále dokola. Soubor má tuto strukturu proto, aby se signál přenosu lépe zobrazil na osciloskopu.

Měření probíhalo tak, aby bylo vhodně pokryto spektrum signálu. V oblasti kde byla větší pravděpodobnost, že dojde k rušení (dle poznatků z kapitoly 4.3) jsem zvolil menší krok mezi frekvencemi.

Při měření jsem pro každou frekvenci provedl tolik měření, abych dostal z naměřených hodnot vypovídající průměrné hodnoty.

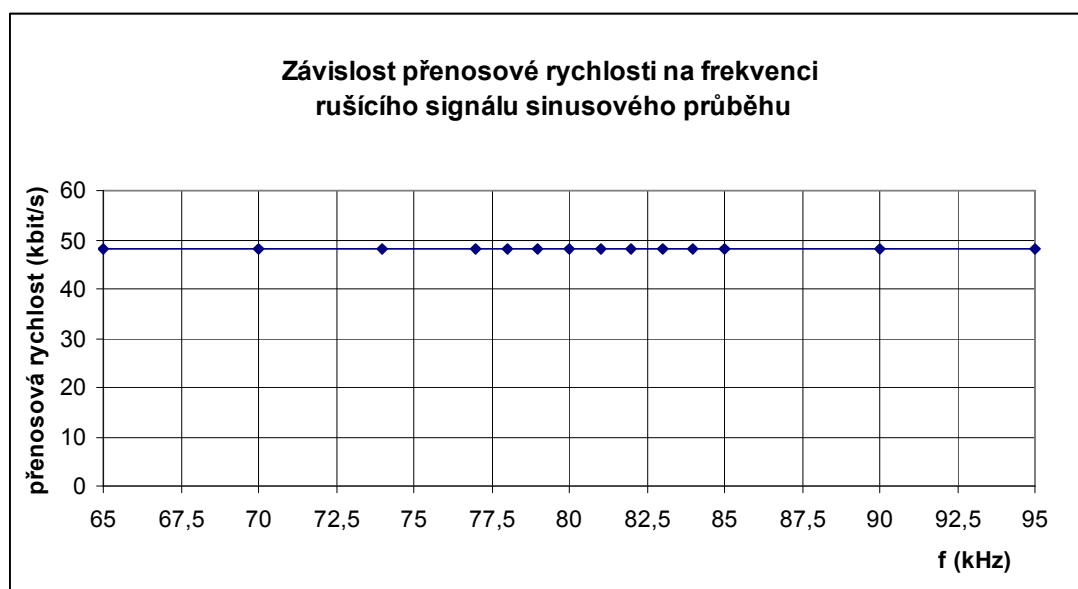
Při měření přenosu datového souboru jsem se zaměřil na dobu přenosu. Testovací soubor je přenášeny v programu hyperterminal, ze kterého jsem odečítal dobu přenosu. Tyto hodnoty budou zapsány v tabulce níže.

V této tabulce bude pro každou frekvenci rušícího signálu napsán dostatečný počet časů, průměrný čas a průměrná přenosová rychlost. Průměrná přenosová rychlost se vypočítá: velikost souboru krát 8, aby velikost byla v bitech a poté se podělí průměrnou dobou přenosu.

Z tabulek budou poté vytvořeny grafy závislosti přenosové rychlosti na frekvenci rušícího signálu.

Tabulka č. 3

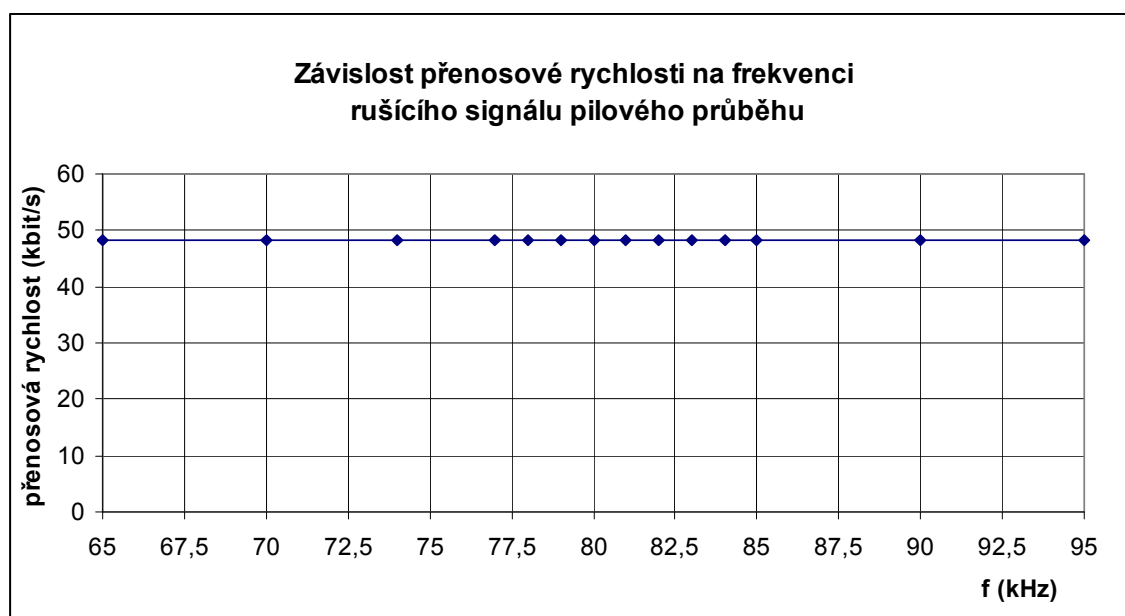
Přenosové rychlosti pro rušící signál sinusového průběhu							
frekvence	čas přenosu	průměrný čas	přenosová rychlost	frekvence	čas přenosu	průměrný čas	přenosová rychlost
kHz	s	S	kbit/s	kHz	s	s	kbit/s
65	17	17	49,4	80	17	17	49,4
	17				17		
	17				17		
70	17	17	49,4	81	17	17	49,4
	17				17		
	17				17		
74	17	17	49,4	82	17	17	49,4
	17				17		
	17				17		
75	17	17	49,4	83	17	17	49,4
	17				17		
	17				17		
76	17	17	49,4	84	17	17	49,4
	17				17		
	17				17		
77	17	17	49,4	85	17	17	49,4
	17				17		
	17				17		
78	17	17	49,4	90	17	17	49,4
	17				17		
	17				17		
79	17	17	49,4	95	17	17	49,4
	17				17		
	17				17		



Obraz č.12 závislost přenosové rychlosti na frekvenci rušícího signálu sinusového průběhu

Tabulka č.4

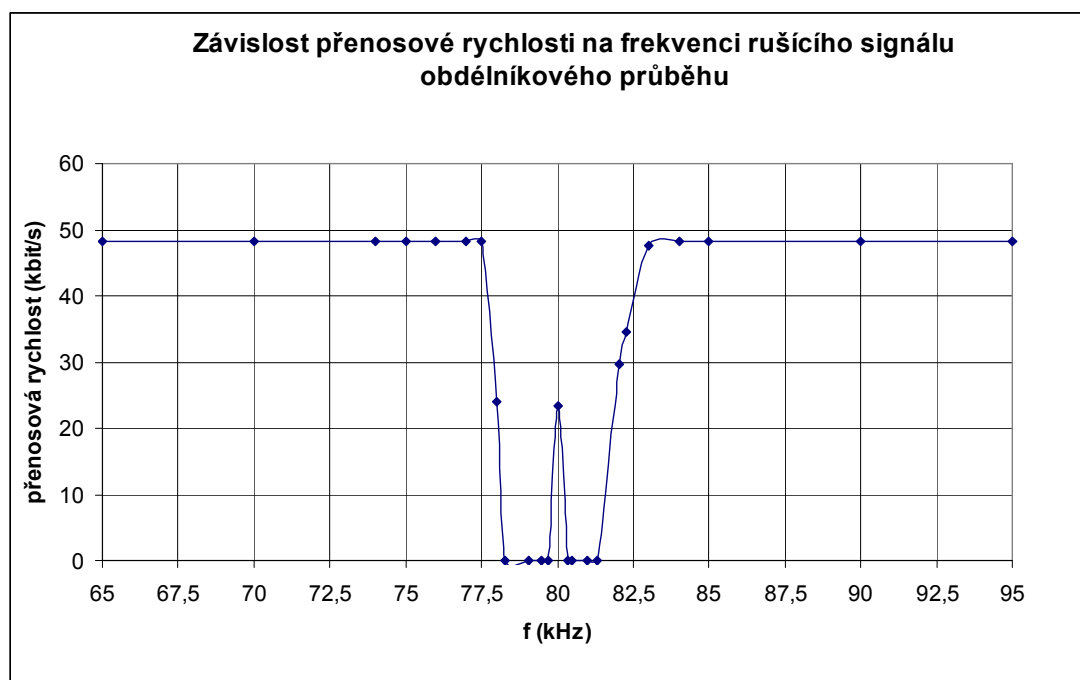
Přenosové rychlosti pro rušící signál pilového průběhu							
frekvence	čas přenosu	průměrný čas	přenosová rychlost	frekvence	čas přenosu	průměrný čas	přenosová rychlost
kHz	s	S	kbit/s	kHz	s	s	kbit/s
65	17	17	49,4	80	17	17	49,4
	17				17		
	17				17		
70	17	17	49,4	81	17	17	49,4
	17				17		
	17				17		
74	17	17	49,4	82	17	17	49,4
	17				17		
	17				17		
75	17	17	49,4	83	17	17	49,4
	17				17		
	17				17		
76	17	17	49,4	84	17	17	49,4
	17				17		
	17				17		
77	17	17	49,4	85	17	17	49,4
	17				17		
	17				17		
78	17	17	49,4	90	17	17	49,4
	17				17		
	17				17		
79	17	17	49,4	95	17	17	49,4
	17				17		
	17				17		



Obrázek č.13 závislost přenosové rychlosti na frekvenci rušícího signálu pilového průběhu

Tabulka č. 5 Přenosové rychlosti pro rušící signál obdélníkového průběhu

Přenosové rychlosti pro rušící signál obdélníkového průběhu											
frekvence	čas přenosu	průměrný čas	přenosová rychlost	frekvence	čas přenosu	průměrný čas	přenosová rychlost	frekvence	čas přenosu	průměrný čas	přenosová rychlost
KHz	s	s	kbit/s	KHz	s	s	kbit/s	KHz	s	s	kbit/s
65	17	17	49,4	79	∞	∞	0,0	80,5	74	∞	0,0
	17				∞				∞		
	17				∞				∞		
70	17	17	49,4	79	∞	∞	0,0	81	∞	∞	0,0
	17				∞				∞		
	17				∞				∞		
74	17	17	49,4	79,5	∞	∞	0,0	81,3	∞	∞	0,0
	17				∞				∞		
	17				∞				∞		
75	17	17	49,4	79,7	∞	∞	0,0	82	26	27,7	30,4
	17				∞				33		
	17				∞				25		
76	17	17	49,4	79,7	∞	∞	0,0	82	25	27,7	30,4
	17				∞				32		
	17				∞				25		
77	17	17	49,4	80	50	35	24,0	82,3	25	23,8	35,3
	17				67				32		
	17				36				26		
77,5	17	17	49,4	80	20	35	24,0	83	18	17,25	48,7
	17				71				25		
	17				33				18		
78	31	34,1	24,6	80	20	35	24,0	84	18	17	49,4
	39				35				17		
	34				28				17		
78,3	32	∞	0,0	80,3	35	∞	0	85	17	17	49,4
	32				20				17		
	31				21				17		
	40	∞	0,0	80,3	28	∞	0	90	17	17	49,4
	∞				27				17		
	∞				34				17		
	55	34	0,0	80,3	35	∞	0	95	17	17	49,4
	∞				∞				17		
	34				∞				17		



Obrázek č.14 závislost přenosové rychlosti na frekvenci rušícího signálu obdélníkového průběhu

Z výše uvedených obrázku číslo 12 a 13 vyplývá, že rušící sinusový a pilový signál neměl žádný vliv na přenosovou rychlost v testovaném rozsahu.

U obdélníkového signálu došlo k rušení přenášeného signálu v rozsahu 77,5kHz až 82,5kHz, kde v rozsahu 78,3kHz až 79,7kHz dojde k úplnému rušení signálu, těsně kolem 80kHz dosahuje přenosová rychlost v průměru 24kbit/s a od 80,3kHz do 81,3kHz je signál opět úplně rušený (viz obr. č.14).

Rušení na přenášeném signálu se projevilo tehdy, když frekvence rušícího signálu se nacházela na frekvencích, na kterých probíhal signál přenosu (viz obr. č.10, str.29).

Při přenosu dat byla vypočítaná maximální rychlost přenosu 49,4kbit/s. Tato rychlost však neodpovídá reálné přenosové rychlosti přesunu dat mezi modemy. Skutečná přenosová rychlost se pohybuje kolem 2kbit/s.

Důvodem vysoké přenosové rychlosti je struktura testovacího souboru. V souboru se často po sobě opakují stejná data např. při primitivní kompresi dat, když si vezmeme, že první číslo představuje 1 a druhé číslo počet jedniček v řadě, tak dojde k podstatné redukci dat, které je nutno přenést.

4.5 Reakce modemu po vypnutí rušení

Poté co jsem v předchozí textu popsal vliv rušícího signálu na přenosovou rychlost, zde bude dále uvedeno, jak reagoval přenášený signál na to, když rušení bylo vypnuto a jak dlouho trvalo než začal přenos dat fungovat maximální rychlostí.

Přenos dat mezi modemy funguje tak, že jeden modem pošle pakety a čeká, že protější modem odpoví potvrzovacím paketem. Jestli paket nepřijde v časových intervalech, které jsou pro to určené, vyšle modem data znovu.

Když byl přenos dat rušený, podařilo se například jednomu paketu dostat na protější modem, ale z modemu se už nepodařilo dostat potvrzovací paket zpět na vysílací modem. Proto modem opakoval posílání dat. Tento proces probíhá na modemtak dlouho, jak je nastaveno v parametrech modemu (viz kap.3.2).

Modem může posílat data donekonečna, dokud mu nedojde potvrzení od protějšího modemu anebo v mém případě vyčerpá pokusy a spojení je ukončeno.

V případě, že je signál rušení vypnut před tím než dojde k ukončení vysílání, nastane v podstatě okamžité obnovení maximální přenosové rychlosti.

Doba obnovení záleží na tom, v jakém okamžiku se zrovna nachází komunikace mezi modemy. Je-li vypnuto rušení a modem vyšle data druhý modem je přijme a vyšle potvrzení, které přijme vysílací modem a ten pokračuje ve vysílání. Ale je-li nejdříve poslán paket a pak vypnuto rušení, tak další paket bude poslán až uplyne doba, kterou bude čekat modem na potvrzení paketu a poté vyšle znova stejný paket a následně bude přenos bude pokračovat maximální přenosovou rychlostí.

5. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo zjistit jaký je vliv rušení na přenášený signál pomocí PLC po vedení.

Rušení mělo být implementováno do vedení pomocí generátoru. Původně bylo zamýšleno indukovat rušení na vedení pomocí cívky. Tento způsob se však ukázal pro můj příklad neefektivní (viz kapitola 3.8).

Proto jsem jako náhradní řešení vybral vazební člen MCB10-PLA (viz kap. 4.1). Přes tento vazební člen byly do vedení pouštěny tři signály - sinusový, pilový a obdélníkový (viz kap. 4.2).

Pro přenos dat po vedení byl použit modem MT23R, který přenáší data kolem frekvence 80kHz. Při testování jsem zjistil, že rušící sinusový a pilový signál neměl žádný vliv na přenos dat. Při přenášení testovacího souboru se rušení obdélníkovým průběhem projevilo na frekvencích 77,5kHz až 82,5kHz (viz kap.4.4).

Během měření bylo dále zjištěno, že doba potřebná k plnému obnovení přenosové rychlosti závisí na tom, v jakém stavu se zrovna nachází modem a jak má nastavené parametry (viz kap. 4.5).

Při testování se také projevilo, že modemy firmy Modemtec, které v mém případě přenášely data, jsou odolné proti rušení přenosu dat. Jejich nevýhodou ale je přenosová rychlost, která nesplňuje požadavky uživatelů na tuto rychlost. Tyto modemy jsou totiž zaměřeny na využití v oblasti průmyslu.

Literatura

- [1] SVOBODA, J. a BAŽANT, I. PLC systém – další prostředek přístupových sítí. In *Komunikace po silnoprůdých vedeních nn a vn (Perspektiva využití technologií PLC/BPL)*. Power-com a Katedra telekomunikační techniky FEL CVUT, Praha 2006
- [2] SVOBODA, J. PLC – přenosové systémy po energetických vedeních. In *Radiokomunikace 2007. České radiokomunikace*. Pardubice: UNIT, 2007.
- [3] PAVELKA O. - Internet ze zásuvky ? Ano, ale..., Publikováno v internetovém magazínu Elektrorevue, <http://www.elektrorevue.cz/clanky/00034/index.html>
- [4] VODRÁŽKA, J. - Modelování vlastností silových vedení. Publikováno v internetovém magazínu Access server <http://access.feld.cvut.cz/view.php?navezclanku=&cislocclanku=2006012901>
- [5] PETERKA, A. -Powerline, aneb přenos dat po 220 voltech. Publikováno v internetovém archivu článku <http://www.earchiv.cz/b01/b0500001.php3>
- [6] Compatibility of VDSL & PLT with Radio Services in the Range 1.6 MHz to 30 MHz :
Final Report of the Technical Working Group. [s.l.] : [s.n.], 2002. 427 s.
- [7] VANČATA, P. - Standardizace širokopásmových systémů přenosu po energetickém vedení. Publikováno v internetovém magazínu Access server. <http://access.feld.cvut.cz/view.php?navezclanku=&cislocclanku=2005112801>
- [8] HALLIDAY, D. RESNICK, R. a WALKER, J. *Fyzika - část 3. Elektřina a magnetismus*. Brno: VUTIUM, 2003. 888 s. ISBN 80-214-1868-0.