

SYSTÉMY PLC PRO DÁLKOVÝ SBĚR MĚŘENÝCH DAT

doc. Ing. Jiří Mišurec CSc., Ing. Petr Mlýnek

Ústav telekomunikací, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Vysoké učení technické v Brně
Purkyňova 118, 612 00 Brno

Email: misurec@feec.vutbr.cz, xmlyne01@phd.feec.vutbr.cz

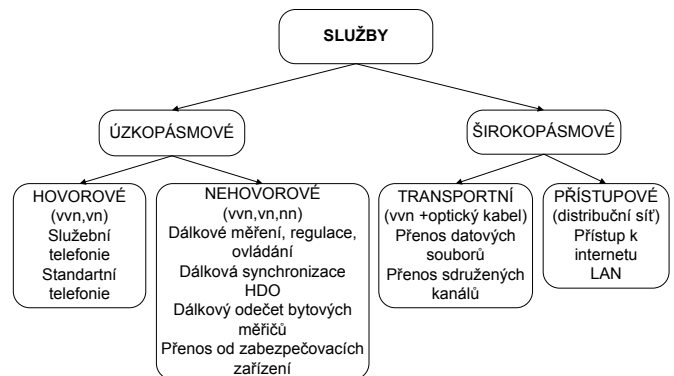
Článek rozebírá možnosti a ukazuje na určité problémy komunikace po silových vedeních pro dálkový sběr dat. Dálkový odečet dat je v současnosti nutností, daný zákonnými podmínkami. Systémy PLC (Power Line Communication) nabízí další možný datový kanál pro odečtové telemetrické systémy. Příspěvek se zaměřuje především na úzkopásmový přenos dat pomocí PLC, popisuje topologii a strukturu PLC sítě pro sběr dat. Na závěr příspěvek ukazuje zdroje rušení a způsob měření tohoto rušení.

1. ÚVOD

Přenos dat po silových vedeních probíhá již velmi dlouho. V poslední době se však značně rozvíjí technologie skutečné datové komunikace po silových rozvodech, která je označována jako PLC (Power Line Communication). Vychází se především z toho, že síťová infrastruktura je velmi rozvinutá a je snaha ji využít i k datovým přenosům. Ve všeobecném povědomí veřejnosti je pak znám termín „internet ze zásuvky“ či jiná zařízení, poskytující datovou komunikaci mezi počítači v domácnosti přes silový rozvod. V této oblasti však dosažené výsledky nejsou přesvědčivé a jiné technologie dosahují podstatně lepších výsledků. Využití silových rozvodů nízkého a vysokého napětí se nabízí jako určitá alternativa k ostatním využívaným komunikačním technologiím jako je v současnosti používaná síť PSTN, GSM, GSM GPRS. Tyto systémy s kmitočtovým pásmem do 30MHz jsou označovány jako širokopásmové. Naproti tomu úzkopásmové systémy s pásmem do 150kHz jsou doménou především energetických distribučních společností. Tyto systémy nejsou určeny pro všeobecné použití, ale jsou jistou alternativou komunikačních kanálů pro automatizované systémy dálkového sběru dat, řídicích systémů a dispečerských systémů.

2. DATOVÉ SLUŽBY PROVOZOVANÉ PO SILOVÝCH VEDENÍCH

Vymezení oblasti služeb, které lze pomocí technologie PLC poskytovat je uvedeno na Obr. 1. Hovorové služby, jako služební a standardní telefonie, je již z minulosti známa. Nehovorové služby, a to zejména dálkové měření, dálková regulace, dálkový odečet bytových měřičů se dostává do popředí v současné době, kdy zejména s otevřením trhu s elektrickou energií je toto dáno zákonem.



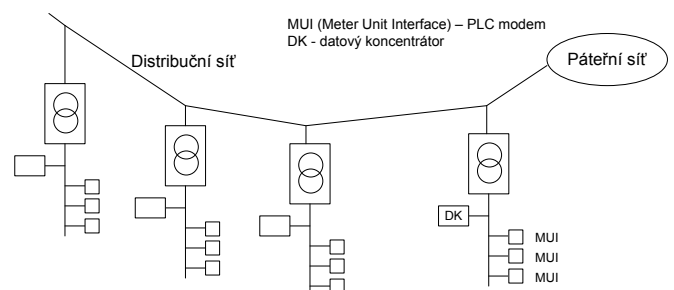
Obr. 1: Datové služby na silových vedeních

3. TOPOLOGIE DISTRIBUČNÍ SÍTĚ Z HLEDISKA PLC

Rozvodné sítě se budují v různých topologiích, přičemž jednotlivé topologie mají své výhody a nevýhody z hlediska PLC. V principu lze budovat sběrníkové sítě, hvězdicové sítě a kruhové sítě [1].

3.1. SBĚRNÍKOVÉ SÍTĚ

Sběrníková topologie sítě může být realizována s relativně nízkými náklady, ovšem limitujícím faktorem sběrníkového typu sítě je spolehlivost v případě poruchy. Když v případě sběrníkové topologie (Obr. 2) dojde k přerušení propojení mezi PLC přístupovými sítěmi, všechny PLC sítě za poruchou budou odpojeny. Proto je tento typ topologie obecně považován za nevhodný.

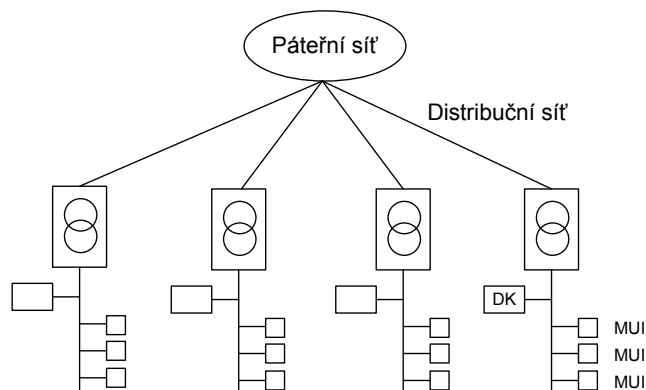


Obr. 2: Sběrníková topologie

3.2. HVĚZDICOVÉ SÍTĚ

Hvězdicové sítě jsou napájeny z jednoho místa. Z místa napájení, např. z transformátorové stanice (Obr. 3) nebo

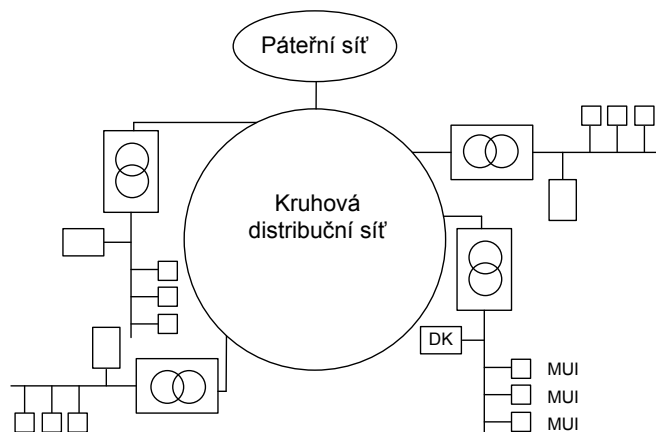
spojovacího uzlu vycházejí vedení paprskovitě ke spotřebitelům. V případě přerušení jednotlivého spojení dojde k odpojení pouze jedné PLC sítě.



Obr. 3: Hvězdicová topologie

3.3. KRUHOVÉ SÍTĚ

Kruhové sítě zabezpečují napájení vždy ze dvou stran (Obr. 4). Při poruše nedojde k odpojení všech odběratelů, ale pouze některé části kruhu. Dojde tak k rekonfiguraci topologie na dvě hvězdicové sítě. Z toho je patrné, že z hlediska spolehlivosti je kruhová topologie nejvýhodnější.



Obr. 4: Kruhová topologie

4. ÚZKOPÁSMOVÉ PLC

Úzkopásmové PLC systémy se využívají pro automatizovaný dálkový sběr dat, disponují přenosovými rychlostmi v řádech jednotek až stovek kbit/s. Využívané pásmo 9 až 148,5 kHz je definováno normou CENELEC [2] a je rozděleno na 4 pásma, která jsou označována písmeny A, B, C, D viz Tab. 1.

Pásmo	Kmitočtový rozsah	Poznámka
A	3 - 95 kHz	pro účely dodavatele elektrické energie
B	95 - 125 kHz	pro privátní účely odběratelů

C	125 - 140 kHz	jen pro odběratele - vyžadován protokol o přístupu k dohodě
D	140 - 148,5 kHz	pro privátní účely odběratelů

Tab. 1: Rozdělení kmitočtových pásem

V našich podmínkách vše spadá do normy ČSN EN 50065-2-3 (333435) s názvem: „Signalizace v instalacích nízkého napětí v kmitočtovém rozsahu 3 kHz až 148,5 kHz. Všeobecné požadavky, kmitočtová pásma a elektromagnetická rušení“ [3].

Pokud je vyžadován protokol o přístupu k dohodě, systém musí splňovat tyto podmínky:

- všechny systémy musí použít kmitočet 132,5 kHz k upozornění, že vysílání pokračuje,
- žádný vysílač nesmí vysílat spojitě po dobu přesahující 1 s a po každém vysílání nesmí vysílat znovu po dobu alespoň 125 ms,
- každý vysílač musí být vybaven signálním detektorem, který detekuje, kdy je pásmo v použití,
- přístroj může vysílat, jestliže pásmo není využito po dobu v každém případě náhodně zvolenou a rovnoměrně rozloženou mezi 85 ms a 115 ms s alespoň sedmi možnými hodnotami v tomto pásmu.

5. STRUKTURA PŘÍSTUPOVÉ SÍTĚ PLC

Základními prvky PLC sítě jsou koncový uživatelský modem, opakovač, koncentrátor a centrální řídicí stanice. [1]

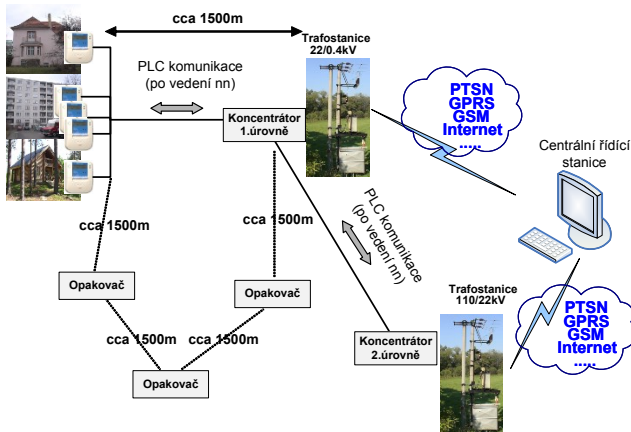
PLC modem - je koncovým zařízením přístupové sítě, spojuje standardní telekomunikační zařízení, které používá daný uživatel s elektrickým vedením jakožto přenosovým médiem. Na straně uživatele mohou být různá rozhraní pro odlišné komunikační zařízení (ethernet, USB, ...). PLC modem implementuje všechny funkce fyzické vrstvy, včetně modulace a kódování. Je v něm implementována i druhá (linková) vrstva, zahrnující její MAC (Medium Access Control) a LLC (Logical Link Control) podvrstvy dle referenčního modelu OSI (Open System Interconnection).

Centrální řídicí stanice - propojuje PLC přístupové sítě s páteřní sítí. Zařízení tedy nespojuje jednotlivá zařízení uživatelů, ale umožňuje komunikaci se sítěmi s rozhraními jako je xDSL, SDH pro spojení vysokorychlostních sítí nebo pro bezdrátové spojení atd. Tímto způsobem se může PLC řídicí stanice spojit s páteřní sítí s odlišnou komunikační technologií. Obvykle tato stanice řídí operace z PLC přístupové sítě. V mimořádných případech však může kontrolu nad operacemi sítě převzít PLC modem a uskutečnit spojení s páteřní sítí.

Koncentrátor - tato jednotka zajišťuje komunikaci s jednotlivými PLC modemy, umístěnými na straně účastníků. Jinak řečeno, demoduluje a shromažďuje naměřená data z jednotlivých měřících přístrojů a předává centrální jednotce.

Opakovač - v některých případech jsou vzdálenosti mezi PLC uživateli v rozvodné síti nízkého napětí a mezi jednotlivými uživateli a řídicí stanicí příliš velké. Proto je nutné síť doplnit opakovači. Opakovače dělí přístupovou síť PLC na několik kmitočtově oddělených částí.

Řešení sítě pro dálkový sběr dat z elektroměrů je uvedeno na Obr. 5.



Obr. 5 Rozvržení prvků sítě PLC pro komunikaci s elektroměry

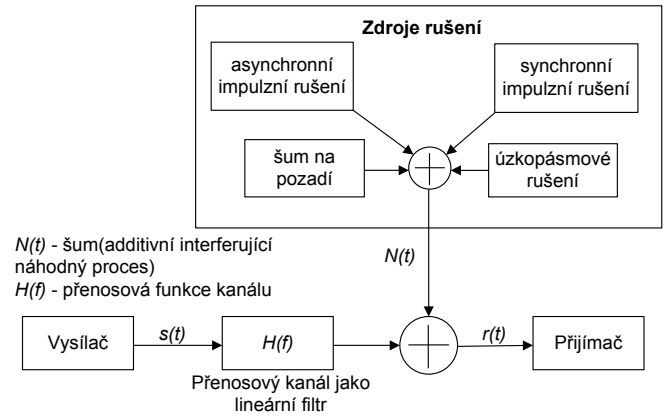
Systém je založen na tom, že každý účastník (bytový nebo rodinný dům, firma) je vybaven PLC modemem, který po síti nn komunikuje s koncentrátorem umístěným někde v síti nn v rámci jednoho napájecího uzlu (transformátoru). Koncentrátor předává odečtená data z jednotlivých elektroměrů (popř. jiných měřících zařízení) do centrály, která se zabývá řízením, monitoringem celého systému a správou dat.

6. MODEL KOMUNIKAČNÍHO DATOVÉHO KANÁLU NA SILOVÝCH VEDENÍCH

Zásadní vliv na přenos dat po silovém vedení mají především některé negativní vlastnosti silového vedení. Lze je shrnout do několika bodů:

- nepřizpůsobené impedance na vysílači a přijímači,
- útlum na komunikačním kanálu,
- rušení (šum),
- rušení měnící se v čase.

Na Obr. 6 je znázorněn zjednodušený blokový model PLC komunikačního kanálu, ve kterém jsou zahrnuty uvedené vlastnosti a parametry. Parametry rušení, kromě šumu, jsou znázorněny jako časově proměnný lineární filtr charakterizovaný kmitočtovými vlastnostmi. Šum je znázorněn jako aditivní interferující náhodný proces.



Obr. 6: Model PLC kanálu

I když je model na Obr. 6 schematicky zjednodušen, zachycuje celou škálu vlastností nezbytných pro model komunikačního systému s odpovídajícími charakteristikami.

Přenosová funkce a šum se mohou buďto odhadnout z měření nebo odvodit z teoretických analýz. Měření na silovém komunikačním kanálu jsou popsána v [4] a teoretické modely jsou uvedeny např. v [5].

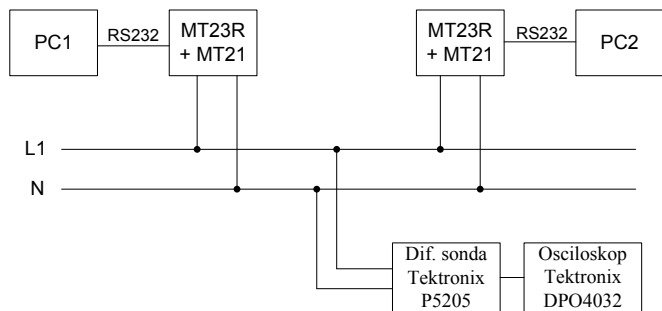
6.1. ZDROJE RUŠENÍ

- Šum na pozadí** - vzniká skládáním velkého počtu zdrojů rušení o nízké intenzitě. Jeho parametry jsou proměnné v čase a je v síti přítomen vždy. Je možné ho popsat spektrální výkonovou hustotou (PSD - Power Spectral Density).
- Úzkopásmové rušení** - jeho průběh má tvar úzkých špiček s vysokou PSD. Na frekvencích do 150 kHz ho způsobují zejména spínané procesy, měniče frekvence, zářivky, televize a počítačové monitory. Na vyšších frekvencích toto rušení pak pochází od rozhlasových stanic vysílajících ve středovlnném a krátkovlnném pásmu.
- Asynchronní impulsní rušení** - tento druh šumu je charakterizován vysokými ale krátkými napěťovými špičkami v délce 10 - 100 μs, které mohou dosáhnout úrovně až 2 kV. Normálně se tento typ šumu vyskytuje ojediněle a je zapříčiněn různými spínacími operacemi - spínáním kontaktů na zátěži.
- Synchronní impulsní rušení** - tento druh rušení mohou způsobit tyristory použité ve světelných stmívačích nebo kopírovacích strojích. Tyto tyristory spínají, když hodnota napětí dosáhne určité úrovně, což zapříčiní zátěž na spínač uvnitř i vně elektrické sítě v poměru vyšších harmonických k frekvenci elektrické sítě. [1]

7. MĚŘENÍ RUŠENÍ NA ELEKTRICKÉ SÍTI NN

Pro měření rušení na elektrické síti 230V/50 Hz bylo použito dvou modemů PLC MT23R (ModemTec) [6], diferenční sonda Tektronix P5205 a osciloskop Tektronix

DPO4032. Zapojení do měřicí soustavy je znázorněno na Obr. 7.



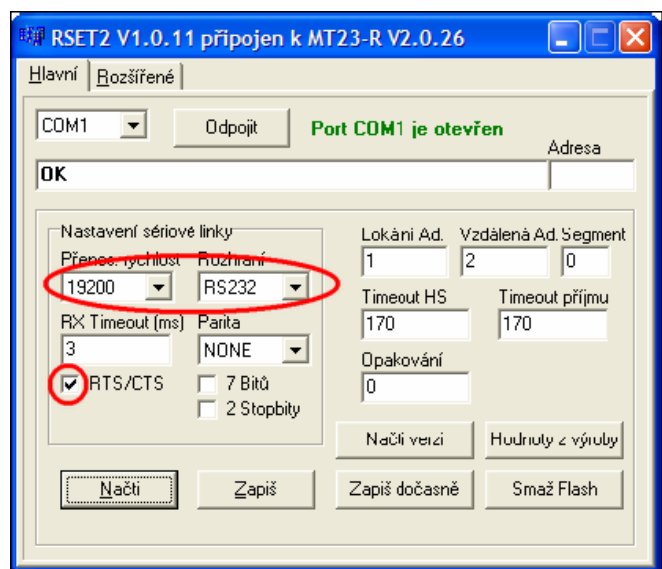
Obr. 7: Blokové schéma zapojení pro měření rušení

MT21 - napájecí zdroj pro ostatní PLC moduly a zároveň plní funkci analogového vysílače a přijímače datových signálů do PLC sítě (energetické sítě 230V). S ostatními moduly je MT21 propojen pomocí plochého šestnáctizilového kabelu.

MT23R datový komunikátor - určen pro přenos dat po síti nízkého napětí 230 V nízkou rychlostí. Maximální délka datového bloku je 520 bajtů. Modem MT23R může používat libovolný poloduplexní protokol, který není kritický na dobu odezvy.

Sonda P5200 - umožňuje provádět bezpečná měření obvodů s uzemněným osciloskopem. Sonda konvertuje měnící se signál na nízkonapěťový referenční signál vůči zemi, který může být bezpečně zobrazen na osciloskopu.

Pomocí servisního kabelu a softwaru RSET jsme se připojili k modemům a načetli hodnoty z modemu. Poté jsme nastavili na obou modemech komunikační rychlost, typ rozhraní, RX Time out, paritu a nastavili jsme hardwarové řízení toku (RTS/CTS). Lokální adresa a vzdálená adresa se nastavují v případě komunikace mezi dvěma PLC modemy do kříže (2-1 a 1-2) viz Obr. 8.

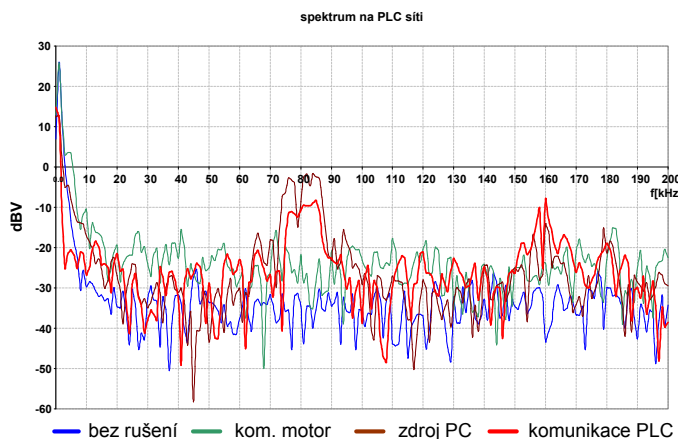


Obr. 8: Nastavení modemu MT23R pomocí programu RSET

Na obou PC jsme pomocí programu hyperterminál (standardní součást OS Windows) navázali spojení mezi modemy a přenesli soubor pro účely měření.

Pro převod signálů z časové do frekvenční oblasti na síti 230V/50 Hz bylo využito matematických funkcí FFT osciloskopu DPO4032 a čtvercového okna. Zobrazený výsledek představuje obálku průběhu.

Grafický výsledek měření je uveden na Obr. 9. Vlastní datová komunikace je patrná v kmitočtovém pásmu okolo 80 kHz. Při spuštění komutátorového motoru s výkonem cca 1000 W se úroveň šumu zvýšila o 10 dBV. Při zapnutí spínaného zdroje v PC byla zachycena obálka rušení v okolí 80 kHz. Zřejmě na COM port počítače při zapnutí proniklo rušivé napětí, které bylo jako logická úroveň přeneseno po PLC síti.

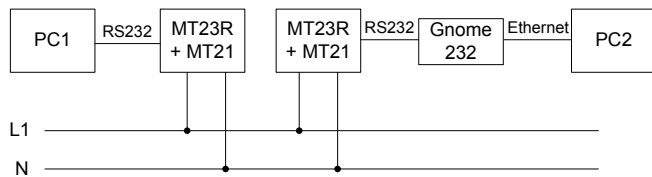


Obr. 9: Měření obálky spektra umělého rušení

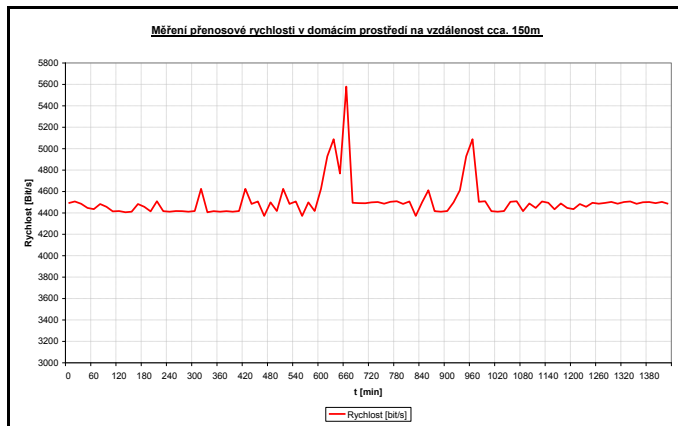
Při měření se ukázalo, že komunikace je prakticky nemožná v případě velmi blízkého zapojení počítačových zdrojů a náhradních zdrojů UPS spolu s PLC modemy. V praktickém provozu je zřejmě vhodné, aby PLC modem nebyl společně na stejné fázi a v blízkosti uvedených přístrojů, či přístrojů s podobnými vlastnostmi.

8. MĚŘENÍ RYCHLOSTI KOMUNIKACE

Pro měření rychlosti komunikace pomocí modemů PLC MT23R bylo použito zapojení dle blokového schématu na Obr. 10. Modemy byly zapojeny ve vzdálenosti scca. 150 m. První PC byl připojen k PLC modemu pomocí sériové linky RS232 a druhé PC přes ethernet k převodníku Gnome 232 [7] a dále k PLC modemu pomocí linky RS232. Převodník Ethernet/RS232 byl použit z důvodu možnosti dlouhodobého monitorování přenosové rychlosti v pravidelných intervalech pomocí programu Interface traffic indicator [8]. Výsledek měření je zaznamenán v Obr. 11, kde je vidět, že přenosová rychlost se pohybovala v průměru okolo 4.5 kbit/s. Kolem 10. a 16. hodiny měření došlo ke zrychlení přes 5 kbit/s. Vysvětlení je možné změnou zátěže elektrické sítě v rámci jednoho napájecího uzlu.



Obr. 10: Blokové schéma zapojení pro měření rychlosti



Obr. 11: Měření přenosové rychlosti

9. ZÁVĚR

V průběhu posledního desetiletí nastal prudký rozvoj této technologie. Distribuční společnosti v současnosti realizují pilotní projekty PLC určené především pro telemetrické systémy. Dálkový odečet dat je v současnosti nutností, daný zákonnými podmínkami. PLC se jeví jako alternativní datový kanál. Výsledky však zatím neukazují na masové využití.

Rozšířením možností o další datový kanál mohou poskytovat energetické společnosti další služby. Datová přípojka je všude tam, kde je potřeba odečítat data z elektroměru, či řídit síť a je využito stávajícího silového vedení. Síť silových rozvodů je poměrně hustá a instalace systémů je relativně jednoduchá.

Úzkopásmové PLC je využitelné pro řízení spotřeby elektrické energie, sledování kvality dodávky elektrické energie, možnost sledování průběhu odběru energie zákazníkem, dálkové ovládání domácích spotřebičů, dálkový odečet i pro další subjekty (teplo, voda, plyn), sledování zatížení rozvodu, možnost dálkového odpojování.

Nevýhody této technologie lze v současnosti vidět především v těchto problémových oblastech. Stávající silové vedení není dimenzováno pro VF provoz. Existující zařízení PLC mají krátký dosah cca 1000-1500 m (v nn distribuční síti). Na vedení se uplatňuje nestálost parametrů přenosového média, například různými druhy vedení - zemní, vzdušné nebo závěsné. V rozvodech jsou různorodá vedení a přechody mezi jednotlivými typy vedení zvyšují útlum, negativní vliv má použitý materiál vnitřních rozvodů (Cu, Al). Vliv má rovněž charakter připojených zátěží. Vedení s PLC signálem se chová jako

zářič (anténa) a může způsobovat rušení některých zařízení. Jednotlivé fáze se rovnoměrně rozdělují z hlediska zátěže a reálná funkce PLC podporuje provoz na jedné fázi. Nejzazším místem, kam je nutné dovést jiný typ datové komunikace, je první trafostanice. Útlum signálu na celé trase je dán útlumem v samotné trafostanici, na trase (vlastní délka kabelu, různé odbočky) a vstupu do objektu (elektroměr, jističe, proudové chrániče, ...) a je nutné jej kompenzovat opakovači. To výrazně zkracuje dosah. Jak je z výčtu vidět, nevýhody prozatím poněkud převažují.

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek vznikl za podpory projektu AVČR evid.č. 1ET110530523.

LITERATURA

- [1] HRASNICA, HAIDINE, LEHNERT. *Broadband Powerline Communications Network design*, ISBN:0-470-85741-2, 2004
- [2] CENELEC [online]. 2008 [cit. 2008-02-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.cenelec.eu/Cenelec/Homepage.htm>>.
- [3] ČSN EN 50065-1 : *Signalizace v instalacích nízkého napětí v kmitočtovém rozsahu 3 kHz až 148,5 kHz* . [s.l.] : [s.n.], 2002. - s.
- [4] PRASAD, K.V: *Principles of Digital Communication Systems and Computer Networks*. [s.l.] : Charles River Media, 2003. 742 s. ISBN 1584503297
- [5] PROAKIS, John G., MANOLAKIS, Dimitris G. *Digital Signal Processing : Principles, algorithms and applications*. Upper Saddle River, NJ07458 : Prentice-Hall Inc., 1996. 967 s. ISBN 0-13-394338-9.
- [6] ModemTec. www.modemtec.cz [online]. c2006 [cit. 2008-04-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.modemtec.cz/moduly.php>>.
- [7] PAPOUCH s.r.o.. *GNOME - převodník Ethernet RS232* [online]. 2008 [cit. 2008-04-30]. Dostupný z WWW: <http://www.papouch.com/shop/scripts/_detail.asp?katcislo=0175>.
- [8] Carsten Schmidt. *Interface Traffic Indicator* [online]. 2008 [cit. 2008-10-30]. Dostupný z WWW: <<http://software.ccschmidt.de/>>