

INFLUENCE OF PHYSICAL PARAMETERS AND AGE OF POWER LINES ON PLC/BPL PERFORMANCE AND RELIABILITY

Lukáš Beneš

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xbenes44@vutbr.cz

Supervised by: Petr Mlýnek

E-mail: mlynek@feec.vutbr.cz

Abstract: The power grid conditions in distribution networks are usually unknown and the issue is missing knowledge of current technical condition of power cables. Distribution system operator need to know the consumption and other measuring values closer to the customer. The Broadband Powerline Technology (BPL) provides cost-effective way to realize communication with the possibility of current infrastructure. This technology could be as communication channel and simultaneously diagnostic tool.

Keywords: power line communication, cable diagnosis, power cable

1 ÚVOD

Power line communication (PLC) technologie je na trhu již řadu let a našla si své místo. Distribuční poskytovatelé elektrické energie ji začleňují do své stávající infrastruktury s ohledem na to, že v určitých případech je to jediná komunikační možnost. Distribuční trafostanice (DTS) jsou často ve sklepních prostorech a není možné prozatím vybudovat optické sítě anebo prodloužit signál 4G/LTE. Obě možnosti jsou také značně finančně nákladné vůči PLC. V případě, že je použita PLC technologie na silovém kabelu, distributor má k dispozici v reálném čase stav jednotlivých kabelů. Jedná se o aktivní online metodu diagnostiky. Začleněním technologie do infrastruktury dostává distributor kontinuálně data o svých kabelech, z nichž lze vytvořit koeficient predikující životnost jednotlivého kabelu. Dále technologie umožní přenos potřebných měřených veličin až na úroveň řízení. Při instalaci je možné odhalit problematické úseky či vadnou spojku kabelu.

2 BPL TECHNOLOGIE JAKO DIAGNOSTICKÝ NÁSTROJ

V současné době je kladen vysoký důraz na kvalitu a kontinuálnost dodávky elektrické energie. Jedním z hlavních aspektů kvality distribuční soustavy jsou minimalizace počtu odstávek. Proto mají distribuční společnosti k dispozici pohotovostní jednotky, které pracují nepřetržitě [1]. Podle napětových úrovní lze kabely rozdělit na:

1. Kabely NN s následujícími nejčastějšími poruchami:
 - a. Nejčastější příčinou je mechanické poškození pláště a izolace vodiče. Často dochází k poškození cizím zaviněním při provádění zemních prací a nedodržením ochranného pásma kabelu.
 - b. Další příčinou může být špatné provedení pokládky anebo zavlčení atmosférického přepětí po úderu blesku. K poruše dochází i po několika měsících. Následkem vlhkosti a proudového zatížení dochází k oxidaci jádra, jeho rozpadu a přerušení.
 - c. Nastává i případ nekvalitně vyrobeného kabelu při výrobě.

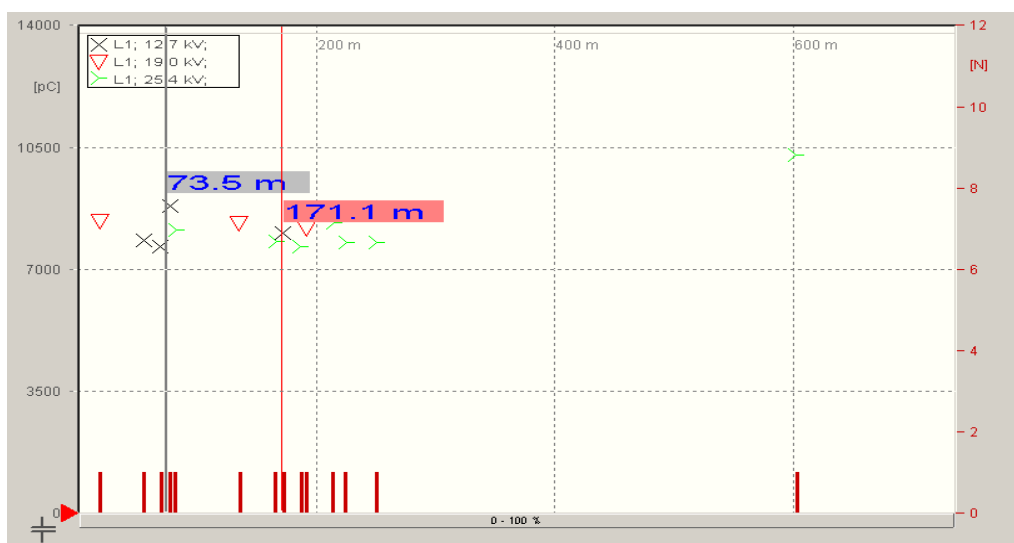
2. Kabely VN s následujícími nejčastějšími poruchami:
 - a. Častou příčinou je porucha armatury nebo navlhlá a zteřelá izolace.
 - b. U starších typů kabelů s napuštěnou papírovou izolací bývá příčinou působení částečných výbojů vlivem nedostatku impregnační hmoty.

Prozatím nejúčinnějším způsobem je pravidelná a preventivní údržba, která předchází společnosti vzniku závad a včasnou výměnou kabelu se minimalizuje dopad možných odstávek. Tento proces je však nákladný a neefektivní. Použitím aktivní online metody je možné zjistit aktuální informace o kabelu v reálném čase. Velkou výhodou tohoto přístupu je fakt, že neomezuje žádným způsobem provoz dané kabelové trasy. Díky tomu se zvyšuje využitelnost. Diagnostika tím pádem probíhá kontinuálně a může odhalit stavy, které se při sporadickém měření projevit nemusí. Stálým kontinuálním sledováním kabelů a sítě se zvyšuje bezpečnost a lze okamžitě reagovat v případě poruchy. Mezi nevýhody lze zařadit fakt, že se uživatel musí spokojit pouze se signály dostupnými za plného provozu. Ty mohou být méně vypovídající, data pro analýzu mohou být složitější na zpracování a interpretace výsledků nemusí být zcela správná [2].

Obdobným způsobem se již zabývají autoři článku [3], kde poukazují, že má vliv stárnutí kabelového dielektrika, lokální slabá místa v kabelech a částečné výboje. Výsledky jsou popsány, jak z teoretického hlediska, tak z praktického měření. Využití strojového učení pro diagnostiku popisuje autor [4] článku. Korelaci těchto parametrů lze využít technologii variantněji.

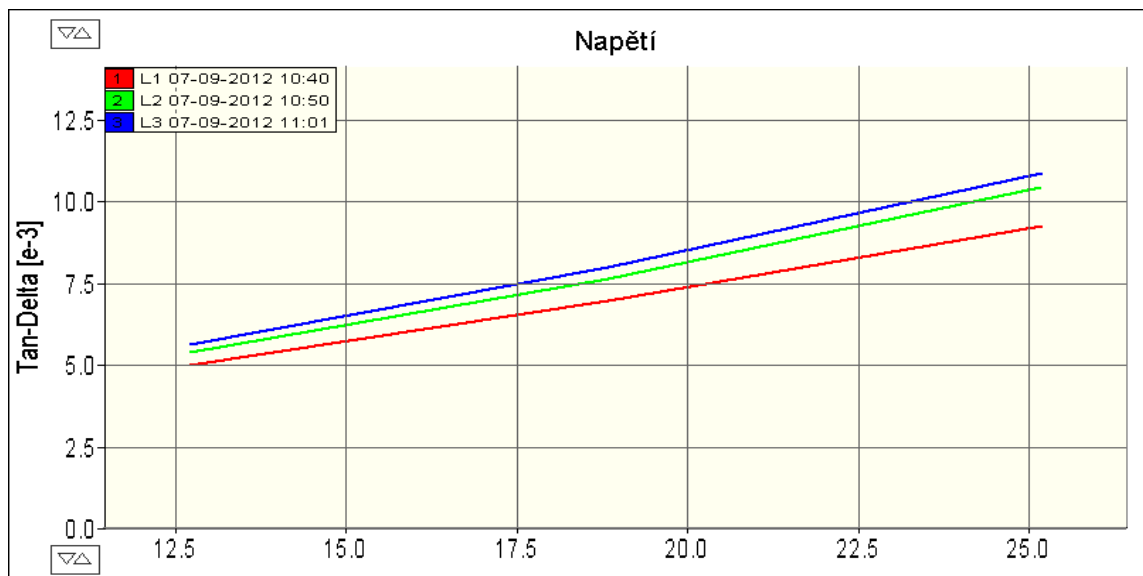
2.1 ODHALENÍ PROBLÉMOVÉHO ÚSEKU

Díky spolupráci s distribuční společností E.ON bylo provedeno experimentální měření v Brněstředu, kde je nasazena BPL technologie pro automatizaci trafostanic. Nainstalováním BPL technologie byl odhalen problematický kabelový úsek v lokalitě Brno – Střed mezi dvěma trafostanicemi. Proto byla provedena napěťová zkouška za pomoci kabelového vozu.



Obrázek 1: Snímek z měření kabelovým vozem

Obrázek 1 **Obrázek 1** znázorňuje konkrétní měření dané kabelové trasy. Na obrázku je zachyceno několik výbojů v první třetině kabelu. Výboje se objevily na všech třech měřených napěťových hladinách. Dle metodiky měření s nejvyšší pravděpodobností spojka nebo plášť kabelu obsahuje vlhkost. Tangens delta znázorňuje míru průsaku mezi pláštěm a fází. Tím se dostává částečný výboj skrz izolaci do plášťového stínění. Kapacitním vazebním členem se navýšila celková kapacita, a tím vzniká více částečných výbojů. Kabelová trasa je provozuschopná, avšak musí se využívat s určitým rizikem. Z měření plyne, že zvlhlá spojka funguje, jako vysokofrekvenční filtr, díky čemuž je znemožněna komunikace v oblasti 2–30 MHz na kterém komunikuje BPL technologie. Z tohoto důvodu byla spojka vyměněna.



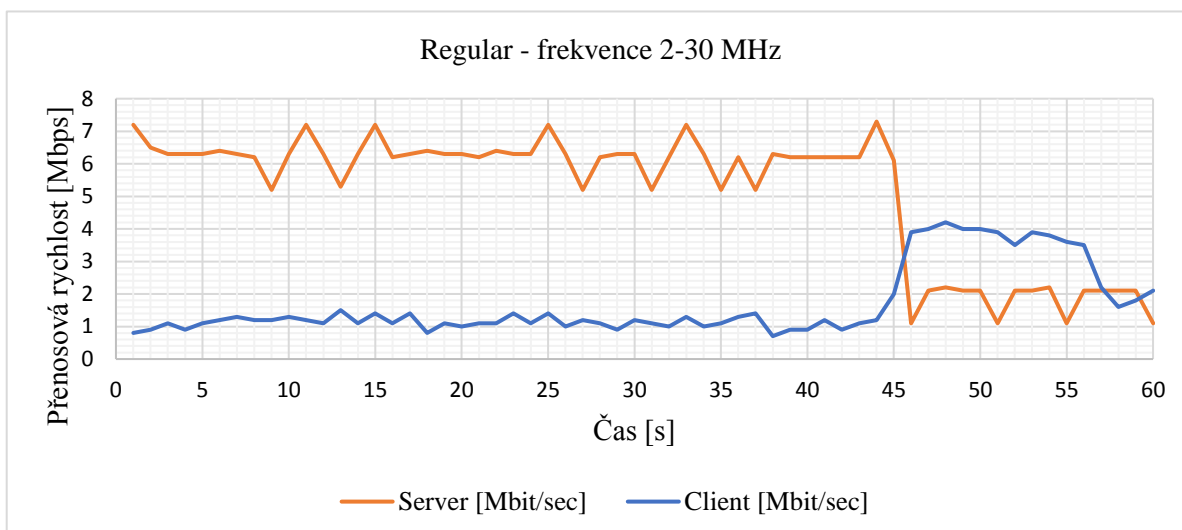
Obrázek 2: Rozhodovací úrovně tangens delta

Společnosti E.ON a ČEZ stanovili rozhodovací úroveň pro detekci vlhkosti, viz Obrázek 2. Měřený úsek tuto mezní hodnotu převýšil. Dle **Tabulka 1** vidíme, že bylo zaznamenáno celkem 6 výbojů. Všechny tyto nuance napovídají, že kabel, respektive spojka není v dobré kondici a bylo by vhodné je vyměnit.

$$TD(U_0) - TD(2xU_0) > 0,05 \quad (1)$$

Tabulka 1: Měření výbojů – problematický úsek

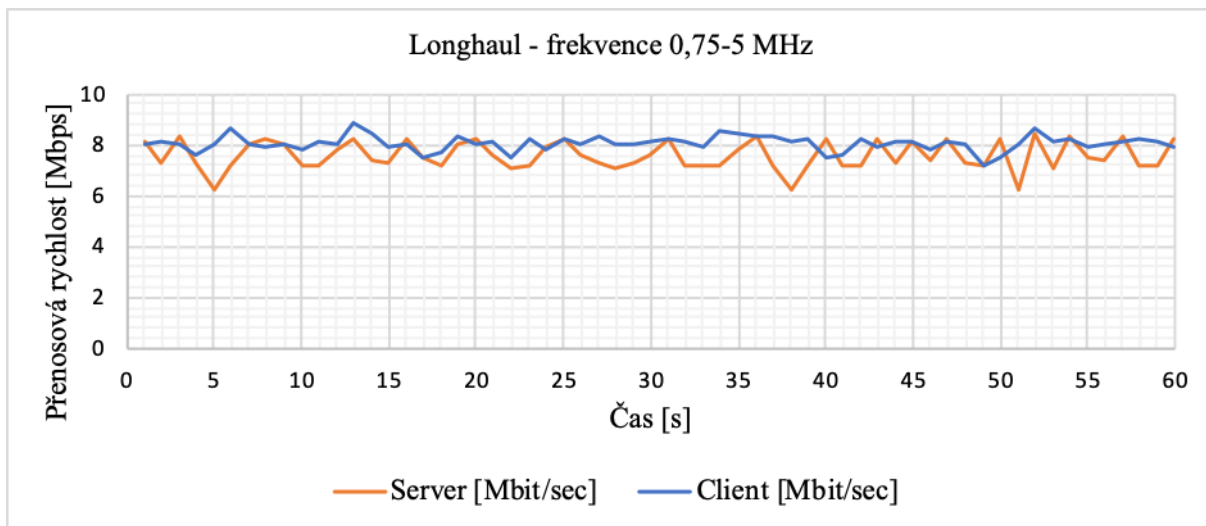
Vzdálenost	Vybíjení
82,40 m	8145,4 pC
166,40 m	7792,2 pC
186,40 m	7667,5 pC
214,40 m	8332,4 pC
224,80 m	7771,4 pC
602,40 m	10285,7 pC



Obrázek 3: Diagnostika pomocí BPL po výměně spojky

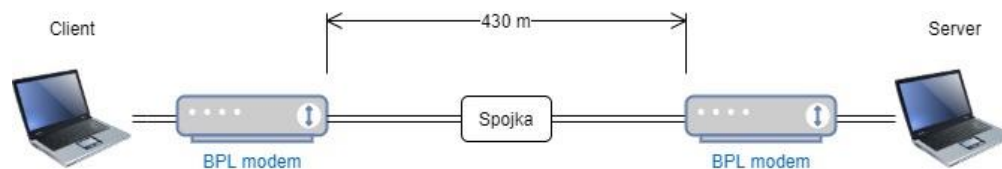
Po výměně spojky již bylo možné navázat komunikaci, jak vyplývá z výše položeného obrázku. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**, avšak rychlost byla časově volatilní. Přenosová rychlost byla

měřena ve směru Server-Client a Client-Server. Ve směru Server-Client byla přenosová rychlost většinu měření v okolí 6 Mbps, avšak nastal prudký propad rychlosti až pod 2 Mbps. V opačném směru se rychlost držela okolo 1 Mbps, na konci měření rychlost prudce stoupla a znovu klesla. Použitím modifikovaného BPL modemu s upraveným komunikačním spektrem v oblasti 0,75-5 MHz již bylo dosaženo přenosové rychlosti přibližně 7,5 Mbps ve směru Server-Client a v opačném směru přes 8 Mbps. Průběh modifikovaného BPL je znázorněn na obrázku 4.



Obrázek 4: Diagnostika pomocí BPL – modifikovaný modem

Měřená topologie byla point-to-point, kde bylo využito dvou BPL modemů a dvou přenosných počítačů, z nichž byl jeden jako client a druhý jako server. Pro testování bylo využito měřicího nástroje iPerf 3.0, který měří přenosovou rychlost. Schéma topologie je vyobrazeno na následujícím obrázku.



Obrázek 5: Schéma měřené topologie

ZÁVĚR

Distributoři hojně využívají BPL technologii pro přenášení dat z významnějších DTS stanic, a tím se nabízí sekundární využití pro diagnostiku. Ze získaných dat z geografického informačního systému (GIS) mají distributoři záznamy o kabelech, jejich délkách a počtech spojek, z nichž lze vybrat vhodnější lokality pro instalaci. Tam, kde jsou již modemy instalovány, lze vyčíst informace na každé kabelové trase z hlediska komunikace, a to především hodnoty Signal-to-Noise ratio (SNR), Bit Load Estimate (BLE), maximální rychlost komunikace měřena například pomocí nástroje iPerf 3.0 a další zjistitelné hodnoty. Veškeré hodnoty poukazují na aktuální stav kabelu. Tyto informace lze následně využít k výpočtu pomocného koeficientu určujícího kvalitu dané kabelové trasy. Data lze využít pro preventivní údržbu, a tedy vyměnit problematický úsek s předstihem. Online diagnostikou lze docílit variabilnějšího přehledu. Využití této metody zahrnuje vývoj metodiky pro výpočet koeficientu kvality kabelu. V budoucnu by bylo možné vyvinout diagnostický nástroj, který by dokázal odhalit závady. K tomu by bylo zapotřebí vývoje, jak hardware, tak software. Potenciál využití projevili distribuční společnosti nejen v tuzemsku, ale také ve světě. Z těchto důvodů má daná problematika budoucnost.

REFERENCE

- [1] ŠEBESTOVÁ, K. Kabelové měřicí vozy. E.ON Czech [online]. 2013, číslo 10 [cit. 2020-03-12], p. 10–11. Dostupné z: https://issuu.com/josefdrupal/docs/magazin_eon_czech_rijen
- [2] Rozdíly a přínosy online diagnostiky ve srovnání s offline metodami: ČK CIRED 2019. Editoral Šťastný, L., Beneš, B., Zaorálek, J., Lojek, D. 2019.
- [3] N. Hopfer, H. Rezaei, M. Zdrallek, M. Krampf, F. Karl and U. Dietzler, "Analysis of Broadband PLC Characteristics as a Second Use Case for Distribution System Operators," 2019 IEEE International Symposium on Power Line Communications and its Applications (IS-PLC), Praha, Czech Republic, 2019, pp. 1-6.
- [4] Y. Huo, G. Prasad, L. Lampe and V. C. M. Leung, "Cable Health Monitoring in Distribution Networks using Power Line Communications," 2018 IEEE International Conference on Communications, Control, and Computing Technologies for Smart Grids (SmartGridComm), Aalborg, 2018, pp. 1-6.