

# TEMPORAL ANALYSIS OF PULSED UHF PD SIGNAL AND PD SOURCE LOCALIZATION

**Petr Machala**

Master Degree Programme (1), FEEC BUT

E-mail: xmacha49@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Petr Drexler

E-mail: drexler@feec.vutbr.cz

**Abstract:** The topic of this paper is the analysis of PD (partial discharge) localization and related PD recording, processing and interpretation in the UHF (ultra high frequency) area. This issue in general includes an extensive number of ways of final implementation. These individual approaches are listed, implemented and afterwards tested using the input data of the experiment.

**Keywords:** Partial discharge, PD, ultra high frequency, UHF, detection, time difference of arrival, TDOA, localization

## 1. ÚVOD

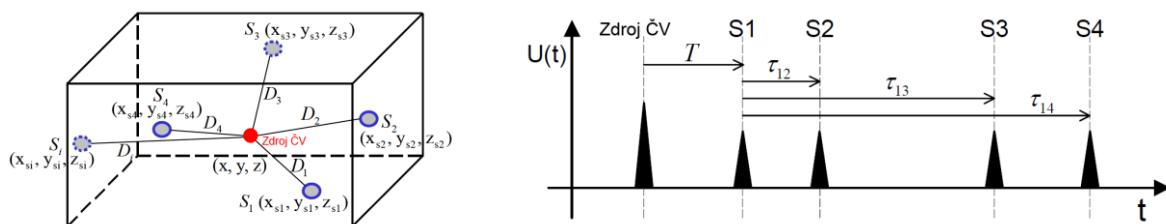
Jedním z důležitých systémů klasických elektrárenských komplexů jsou blokové transformátory, které slouží k transformaci napětí na úroveň vhodnou pro dálkový přenos elektrické energie. Pro spolehlivou činnost celé soustavy je nutno u blokových transformátorů provádět stálý nebo pravidelný monitoring a diagnostiku aktivity tzv. ČV (částečný výboj).

Samotný ČV je charakterizován normou ČSN EN 60270 [1]. Jedná se o lokální nahromadění elektrického náboje vlivem velkého napětí, který částečně přemostí izolaci mezi místy různého napěťového potenciálu. Obecně se ČV vyznačuje extrémně krátkou nástupnou hranou v sub-nanosekundové oblasti a velmi krátkou dobu trvání, čemuž odpovídá typický tvar spektra.

Jedním ze způsobů snímání aktivity ČV je detekce EM (elektromagnetické) vlnění v kmitočtové oblasti ultra krátkých vln neboli oblasti UHF. Tento přístup je nejmodernější a je považován za velmi perspektivní, protože nabízí značné množství technologických výhod a možnost velmi kvalitní lokalizace. Aplikací tohoto přístupu se zabývá tato publikace.

## 2. UHF METODA

Obecně se tato metoda řadí mezi tzv. triangulační metody, kde v případě lokalizace ČV nejčastěji hovoříme o TDOA (time difference of arrival) metodě. V principu se jedná o detekci vzájemných časových zpoždění mezi signály jednotlivých senzorů. Tyto časové diference představují rozdílnou dráhu EM signálu ČV v prostoru. Tuto problematiku lze přehledně vidět níže na obrázku 1.



**Obrázek 1:** Příklad realizace TDOA lokalizace a určení vzájemných časových diferencí [2]

System lze poté interpretovat tak, že každému senzoru odpovídá právě jedna lokalizační rovnice,

které mohou vypadat např. jako soustava (1)-(4) níže, která je vytvořena podle předlohy obrázku 1.

$$(x - x_{s1})^2 + (y - y_{s1})^2 + (z - z_{s1})^2 = (v_s T)^2, \quad (1)$$

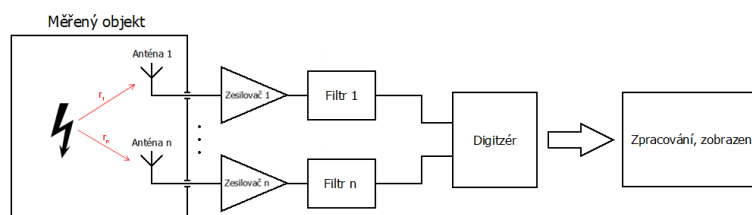
$$(x - x_{s1})^2 + (y - y_{s1})^2 + (z - z_{s1})^2 = (v_s (T + \tau_{12}))^2, \quad (2)$$

$$(x - x_{s1})^2 + (y - y_{s1})^2 + (z - z_{s1})^2 = (v_s (T + \tau_{13}))^2, \quad (3)$$

$$(x - x_{s1})^2 + (y - y_{s1})^2 + (z - z_{s1})^2 = (v_s (T + \tau_{14}))^2. \quad (4)$$

## 2.1. REALIZACE MĚŘÍCIHO ŘETĚZCE

Realizace měřicího řetězce je kritickou součástí lokalizačního systému. Tato skutečnost je dána požadavkem na vysokou kvalitu naměřených dat, protože kvalita těchto dat přímo koreluje s výslednou přesností lokalizace. Blokové schéma měřicího řetězce lze vidět na obrázku 2.



**Obrázek 2:** Zjednodušené blokové schéma realizace měřicího řetězce pro lokalizaci ČV [2]

Již reálné zapojení a konstrukci výsledného systému lze vidět níže na fotografiích obrázku 3.



**Obrázek 3:** Fotografie hlavní mobilní jednotky a snímacího senzoru měřicího řetězce [2]

Celý měřicí systém byl vytvořen v rámci projektu FR-TI1/001 Ministerstva průmyslu a obchodu České republiky "Výzkum a vývoj detekce výbojové aktivity ve výkonových olejových transformátorech". Detailnější popis systému lze nalézt zde [3].

## 2.2. METODY DETEKCE SIGNÁLŮ A LOKALIZACE ZDROJE ČV

Klíčovou problematikou je detekce EM impulzů generovaných ČV a určení jejich vzájemných časových diferencí. Tento problém lze realizovat různými číslicovými metodami, které lze i vzájemně kombinovat. Ve výsledném systému byly implementovány tyto detekční metody:

- Detekce výkonovým prahem – možnost libovolné změny úrovně detekčního prahu
- Detekce výkonovou kumulací
- Detekce energetickým kritériem – možnost libovolné změny hodnoty korekčního koef.  $\alpha$
- Detekce metodou AIC (Akaike Information Criterion)
- Detekce časovou korelací
- Detekce výkonovou korelací

Popis výše zmíněných metod je obvykle velmi jednoduchý, ovšem přesahuje obsah této publikace. Bližší popis zmíněných metod bude představen při prezentaci příspěvku, popř. je lze nalézt zde [2].

Pro lokalizaci polohy ČV na základě detekovaných časových diferencí lze prakticky použít pouze omezený počet lokalizačních algoritmů. Ve výsledné implementaci můžeme nalézt celkem dvě lokalizační metody - hyperbolickou lokalizaci a inverzní GPS lokalizaci.

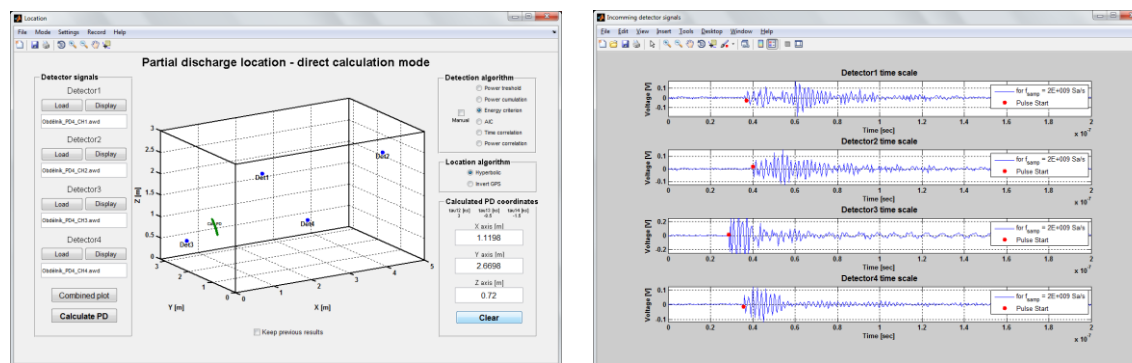
Popis těchto jednotlivých metod je obecně dosti náročný a je opět nad rámec této publikace. Bližší popis zmíněných metod bude představen při prezentaci příspěvku, popř. je lze nalézt zde [2].

### 3. NÁVRH A IMPLEMENTACE SYSTÉMU DETEKCE A LOKALIZACE ČV

Na základě získaných teoretických předpokladů a požadavků byla navržena testovací aplikace *Location* v prostředí MATLAB, která v sobě implementuje výše zmíněné detekční a lokalizační metody včetně možnosti libovolné změny uspořádání topologie přijímacích senzorů, možnost analýzy pouze v simulačním módu nebo zpracování přímo naměřených dat experimentu.

Aplikace je zaměřena na porovnání a analýzu různých topologií rozmístění přijímacích senzorů a výslednou funkci detekčních a lokalizačních algoritmů. Tato analýza byla provedena na základě měření provedeného experimentu obsahující celkem čtyři různé topologie a vzájemné kombinace detekčních a lokalizačních algoritmů. Popis experimentu a analýzy bude představen při prezentaci.

Příklad detekce a lokalizace ČV vycházející z dat experimentu lze vidět níže na obrázku 4.



Obrázek 4: Příklad detekce a lokalizace ČV v uspořádání topologie do obdélníku [2]

### 4. ZÁVĚR

Analýzou získaných výsledků experimentu bylo zjištěno, že z hlediska topologie je nejvýhodnější uspořádání jednotlivých přijímačů ve vrcholech nepravidelného čtyřstěnu. V případě použité časové detekční metody bylo dosaženo nejlepších výsledků při použití energetického kritéria s korekčním faktorem  $\alpha = 2$ . Srovnatelných výsledků bylo dosaženo metodou AIC. Z hlediska použití lokalizačních metod bylo zjištěno, že pokud je systém vhodně prostorově orientován, jako v případě topologie nepravidelného čtyřstěnu, je přesnost výše zmíněných lokalizačních metod srovnatelná, ovšem z hlediska výpočetní náročnosti je vhodnější použití inverzní GPS lokalizace, protože je založena pouze na jednoduchých algebraických operacích.

### REFERENCE

- [1] ČSN EN 60270. *Technika zkoušek vysokým napětím – Měření částečných výbojů*. Praha: Český normalizační institut, 2001.
- [2] MACHALA, P. *Metody lokalizace polohy zdroje impulzního širokospektrého signálu*. Brno, 2013. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií.
- [3] DREXLER, P. et al. Proposal of technical measures for a partial discharge detection system based on real measurement. In: *Proceedings of PIERS 2013 in Taipei*. Taipei: The Electromagnetics Academy, 2013, s. 1233-1236. ISBN 978-1-934142-24-0.