

Měření částečných výbojů pomocí digitálního měřicího systému

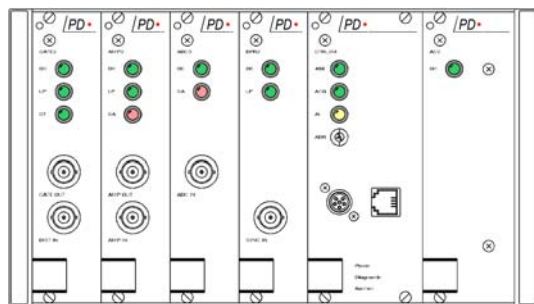
Ing. Petr Martínek, Doc. Ing. Jiří Laurenc, CSc.

Katedra elektroenergetiky a ekologie, Fakulta elektrotechnická, ZČU v Plzni

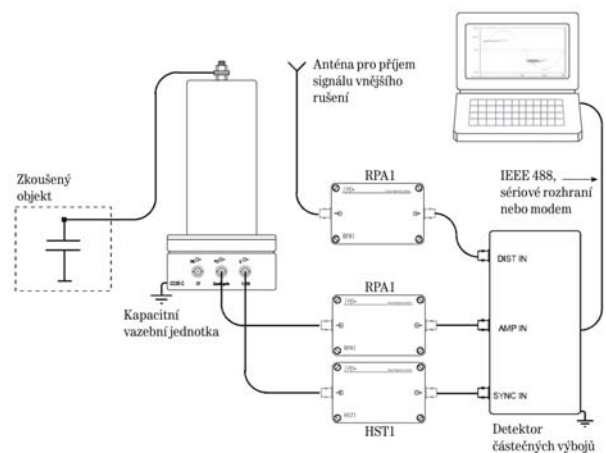
Nejmodernější měřicí zařízení používaná v současné praxi pro měření částečných výbojů představují digitální měřicí systémy, které jsou již plně řízeny počítačem. Takovéto „digitální“ detektory částečných výbojů často mívají veškeré ovládací a zobrazovací prvky přístupné pouze prostřednictvím grafického rozhraní počítače. Zásadní rozdíl vůči „klasickým“ analogovým detektorům spočívá v tom, že měřený signál impulzů částečných výbojů získaný na snímací impedanci je po zesílení zesilovačem převeden analogově digitálním převodníkem do digitální podoby a následně softwarově zpracován počítačem. Zaznamenané impulzy částečných výbojů jsou v digitální formě vyhodnoceny a roztrženy podle velikosti jednotlivých impulzů, fáze jejich výskytu ve vztahu k fázi zkušebního napětí a četnosti výskytu jednotlivých impulzů. Tyto tři základní sledované parametry pak lze zobrazit v podobě třírozměrných grafů dávajících tak názorně do souvislosti zmiňovanou velikost, fázi a četnost částečných výbojů. Výhodou převodu měřeného signálu do digitální podoby je fakt, že získaná data jsou uchovávána v binární podobě a jsou tak kdykoliv k dispozici k případnému pokročilejšímu zpracování a vyhodnocení. V následujícím textu bude popsán digitální měřicí systém firmy Power Diagnostik. Zvláštní pozornost bude věnována významu nejdůležitějších volitelných parametrů přímo ovlivňujících činnost detektoru a způsobu jejich vhodného nastavení.

Digitální měřicí ICMsystem

Popisovaný měřicí detektor je konstruován na základě modulárního konceptu. Kromě napájecího a řídicího modulu obsahuje detektor modul DPR3, který je vybaven logickými obvody referenční časové a fázové základny.



Obr. 1 Čelní panel digitálního detektoru



Obr. 2 Zapojení měřicího obvodu částečných výbojů

Vstupní jednotkou detektoru z hlediska měřeného signálu částečných výbojů je zesilovací modul AMP3, obsahující hlavní zesilovač s volitelným ziskem a pásmové filtry. Dolní mezní frekvenci filtru lze volit z následujících hodnot 40, 80, 1000 kHz. Volitelné horní mezní frekvence jsou 250, 600, 800 kHz. Modul hlavního zesilovače navíc napájí externí předzesilovač RPA1, přes který je signál částečných výbojů přiváděn ze snímací

impedance do hlavního zesilovače. Zesílený a filtrovaný signál částečných výbojů je přiveden na vstup A/D převodníku modulu ADC3. Převodník zpracovává jednotlivé impulzy částečných výbojů, převádí je do digitální podoby, určuje jejich velikost a vyhodnocuje rovněž polaritu impulzů. Poslední součástí detektoru je hradící modul GATE3, který slouží k zamezení zkreslení výsledků měření vnějším rušením. Tento modul v podstatě obsahuje stejné obvody jako jednotka hlavního zesilovače AMP3 s tím rozdílem, že je zde navíc počítačem řízený spínací prvek. Jestliže zesílený rušivý signál překročí určitou limitní úroveň, je v okamžiku sepnutí spínače vyslán ovládací signál, který následně zabrání převodníku v A/D konverzi měřeného signálu.

Signál částečných výbojů je ve vysokonapětovém obvodu snímán pomocí *vazební jednotky CC25C/V*, která je tvořena sériovou kombinací vazební kapacity $C_k = 1 \text{ nF}$ a snímací impedance. Vazební kapacita v sérii se snímací impedancí tvoří napětový dělič s převodem 1:250. Měřicí systém je vybaven externím bateriovým kalibrátorem. Kalibrace se provádí v beznapětovém stavu přivedením kalibračního náboje na svorky zkoušeného objektu.

Na uvedeném obr. 2 je schematicky zakresleno kompletní zapojení měřicího obvodu. Zkoušený objekt v obvodu charakterizovaný kapacitou je připojen paralelně k vazební jednotce tvořené sériovou kombinací vazební kapacity a snímací impedance. Měřený signál částečných výbojů je z výstupu snímací impedance přiveden přes aktivní předzesilovač RPA1 na vstup měřicího detektoru. Signál zkušebního napětí získaný na výstupu ze snímací impedance je po zesílení předzesilovačem HST1 zaveden na vstup měřicího detektoru. Signál úrovně vnějšího šumu je z vazební antény přes předzesilovač RPA1 přiveden na vstup detektoru. Měřicí detektor komunikuje s řídicím počítačem prostřednictvím GPIB, sériového nebo modemového rozhraní.

Nastavení měřicího detektoru

Zvláštní pozornost je třeba věnovat správnému nastavení měřicího detektoru, neboť v případě nevhodné volby některých parametrů může docházet k nepřesnostem měření nebo dokonce ke ztrátě funkčnosti detektoru. Mezi jedny z důležitých parametrů patří volba vhodné kombinace zesílení externího předzesilovače a hlavního zesilovače. V ovládacím rozhraní na obrazovce počítače je proto přítomen grafický indikátor výsledného zesílení poskytující uživateli představu o vhodnosti zvolené kombinace zesílení obou zesilovačů ve vztahu k aktuální úrovni měřených částečných výbojů. Další důležitou skupinou parametrů je nastavení tzv. *mrtvé doby*, *spouštěcí prahové úrovně* a *spouštěcího režimu* A/D převodníku.

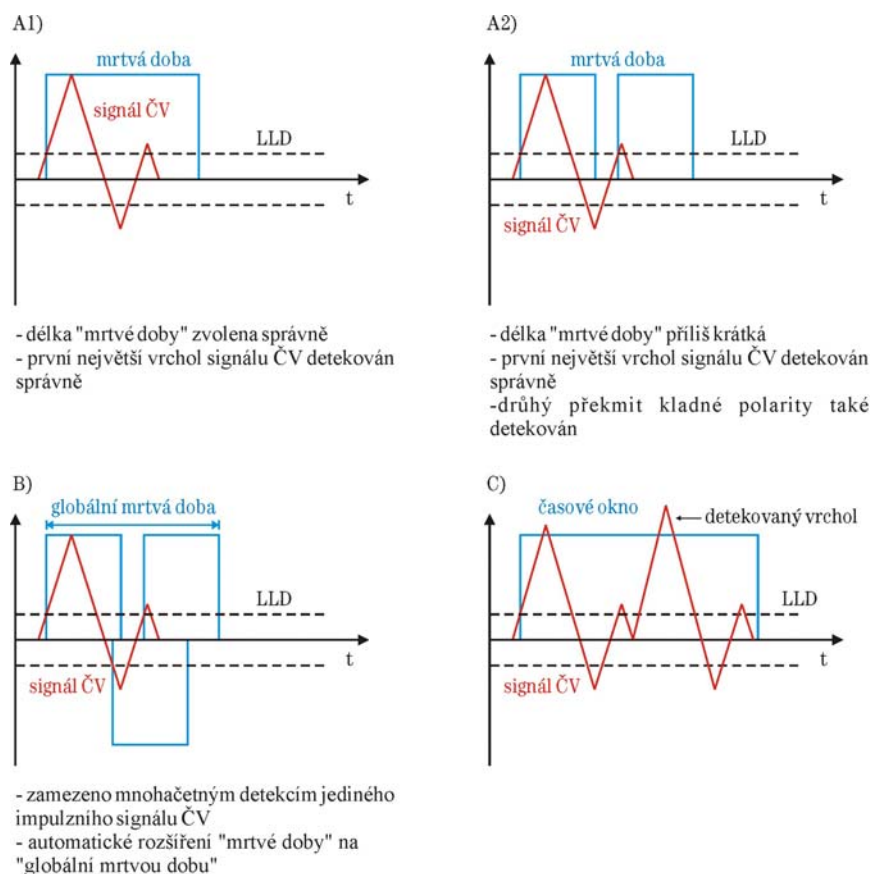
Volitelný parametr *mrtvá doba* („Dead Time“) představuje v podstatě dobu, která je vyhrazena na zpracování jednoho impulzu částečného výboje. Po tuto dobu probíhá vlastní analogově digitální převod zaznamenaného impulzu do digitální podoby a A/D převodník již dále nesleduje příchozí signál částečných výbojů. Velikost *mrtvé doby* by měla být volena co nejmenší, nicméně dostatečně velká na to, aby se předešlo případným mnohačetným záznamům jediného impulzu charakterizovaného oscilačním dozníváním jeho průběhu. Pokud by celková *mrtvá doba* dosáhla za zvolenou dobu měření enormně velkých hodnot, mělo by to za následek snížení statistické věrohodnosti provedeného měření. Proto je na obrazovce detektoru přítomen grafický indikátor relativní kumulované *mrtvé doby*.

Parametr *spouštěcí prahová úroveň* (LLD) představuje volitelnou úroveň, při jejímž překročení příchozím impulzem dostatečné amplitudy dojde ke spuštění analogově digitálního převodu zachyceného impulzu. Tento parametr tak slouží k odstranění negativního vlivu hladiny šumu trvale přítomného v měřeném signálu na přesnost měření, popřípadě k vyřazení impulzů charakterizovaných velmi velkou četností a malou velikostí z měření.

V případě parametru *spouštěcí režim A/D převodníku* („Trigger mode“) lze volit z následujících tří režimů (viz obr. 3):

- 1) *Spouštění na první impuls bez opětovného spouštění*- v tomto režimu je zaznamenán první impuls, který překročí zvolenu spouštěcí LLD úroveň a v rámci zvolené *mrtvé doby* již není další příchozí impuls zahrnut do měření.
- 2) *Spouštění na první impuls s opětovným spouštěním*- v tomto režimu dochází k automatickému prodlužování *mrtvé doby* tak, aby nedocházelo v případě oscilačního charakteru měřeného signálu k mnohačetným záznamům jednoho impulsu . Tím se celková *mrtvá doba* vhodně přizpůsobí době dozívání impulsu.
- 3) *Spouštění v časovém okně*- v tomto režimu dochází k určení výsledné polaritě a velikosti impulsu až po ukončení tzv. *časového okna*. Impulzy obou polarit jsou po dobu zvolené *mrtvé doby* zachytávány a registrovány, přičemž po jejím ukončení dojde k následnému porovnání amplitud impulsů a zjištěný největší impuls je převeden do digitální podoby a uložen.

Popisovaný digitální detektor nepracuje na principu kontinuální konverze veškerého příchozího signálu částečných výbojů, ale k převodu impulsu do digitální formy dochází pouze v případě, že příchozí impuls překročí nastavenou spouštěcí úroveň A/D převodníku. Průběh impulsu je pak sledován vrcholovým detektorem a po vyhodnocení jeho amplitudy a polaritě je následně převeden do digitální formy a uložen do paměti. Po uplynutí *mrtvé doby* je detektor připraven na zachytávání dalšího impulsu částečného výboje.



Obr. 3 Spouštěcí režimy A/D převodníku

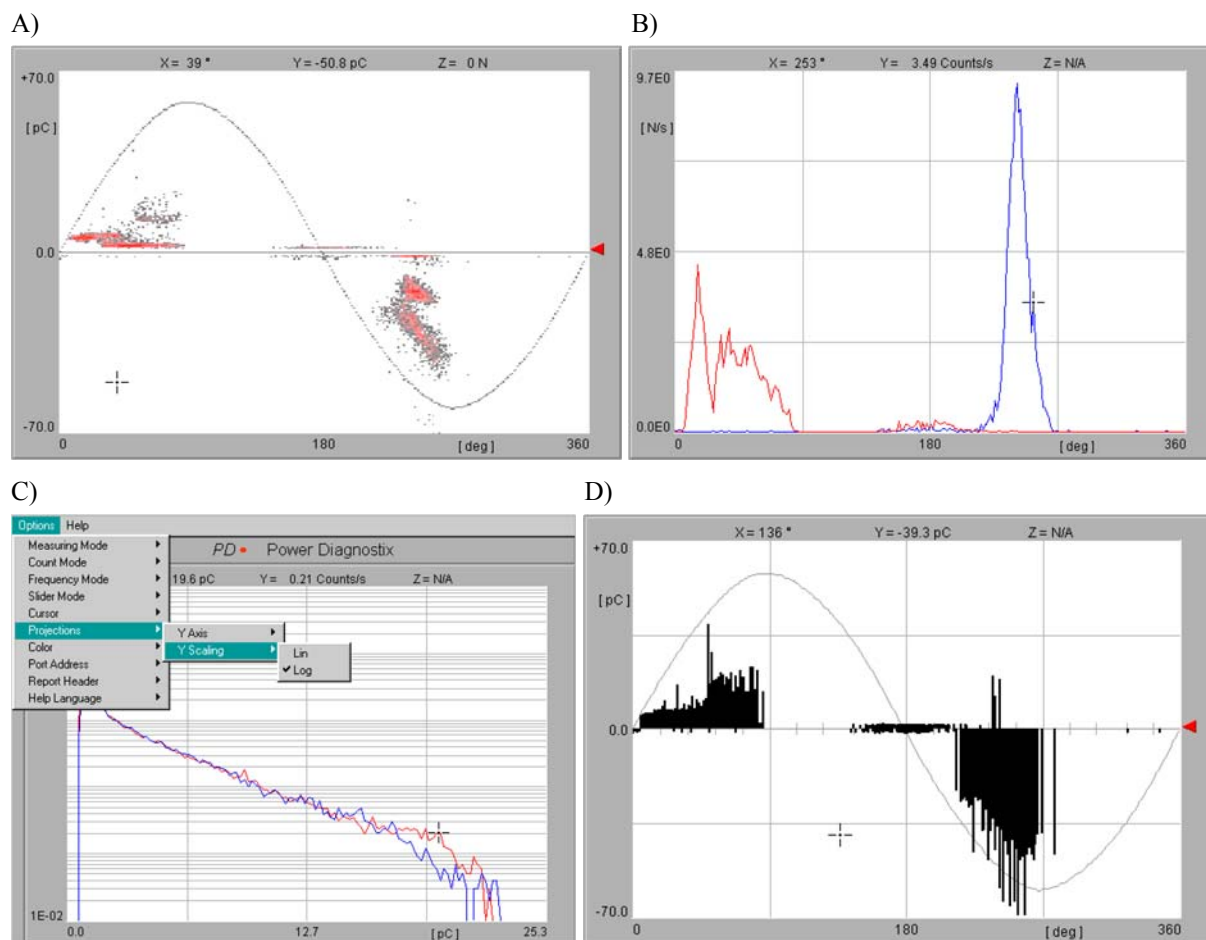
A1,A2) - spouštění na první impuls bez opětovného spouštění

B) - spouštění na první impuls s opětovným spouštěním

C) - spouštění v časovém okně

Způsob zpracování naměřených dat

Základním typem zobrazení je graf naměřených velikostí zdánlivého náboje částečných výbojů v závislosti na fázi zkušebního napětí a na četnosti jejich výskytu, viz obr. 4 A). Četnost impulzů je v grafu vyjádřena barevně odstupňovanou škálou barev.



Obr. 4 Jednotlivé způsoby vyhodnocení naměřených velikostí částečných výbojů

Dalšími dvěma možnými způsoby zobrazení naměřených dat jsou graf četnosti výbojů v závislosti na fázi zkušebního napětí, viz obr. 4 B) nebo graf četnosti výbojů v závislosti na velikosti zdánlivého náboje, viz obr. 4 C). Zobrazené četnosti částečných výbojů jsou barevně odlišeny v závislosti na polaritě výbojů. Čtvrtým typem zobrazení je tzv. *osciloskopický režim*, viz obr. 4 D).

Závěr

Určitá výhoda digitálních měřicích systémů oproti jejich analogovým předchůdcům spočívá právě v jejich schopnosti softwarového zpracování naměřených dat. Takto zpracované výsledky měření lze pak snadněji a objektivněji vyhodnocovat. Uvedené pokročilé možnosti ve způsobu zpracování zaznamenaných dat pak mohou představovat účinný nástroj při zjišťování charakteristických projevů částečných výbojů typických pro konkrétní elektrická zařízení, popřípadě specifické vady v jejich izolačních systémech.

Příspěvek vznikl v rámci řešení výzkumného záměru MSM 4977751310 - Diagnostika interaktivních dějů v elektrotechnice.