

WAMS - zdroj kvalitních dat pro analýzy stavu sítí a pro nové expertní systémy

Daniel Juřík, Antonín Popelka, Petr Marvan

AIS spol. s r.o. Brno

Wide Area Monitoring Systémy (WAMS) umožňují realizovat řadu analytických a expertních funkcí které jsou stávajícími systémy nerealizovatelné nebo umožňují zpřesnit existující aplikace.

Synchrofázory jako základní datový typ WAMS jsou používány v expertních aplikacích a funkcích. Kvalita synchrofázorů je předpokladem pro úspěšnou realizaci a praktické využití těchto nových funkcí. Věrohodnost a použitelnost výsledků závisí i na vlastnostech a kvalitě synchrofázorů.

KVALITA SYNCHROFÁZORŮ

Kvalitu synchrofázorů mj. ovlivňují tyto parametry:

- Přesnost estimace synchrofázorů – amplitudy a úhlu.
- Dynamické vlastnosti měření.
- Reporting rate (četnost předávání do nadřazených systémů).
- Výběr uzlů sítě pro měření.

PŘESNOST ESTIMACE SYNCHROFÁZORŮ

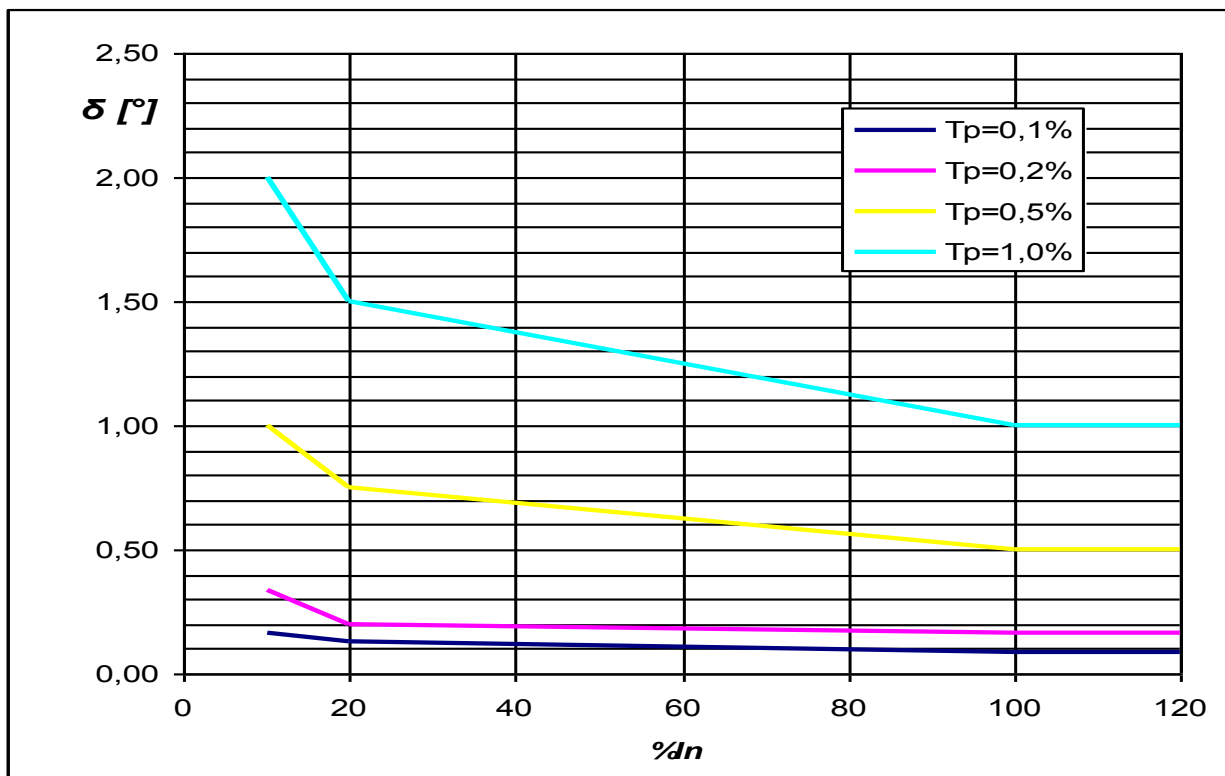
Synchrofázory se vypočítávají z časové řady měření výstupů z měřicích transformátorů napětí a proudu. Celková nepřesnost jejich estimace je ve standardu IEEE C37.18 definována jako Total Vector Error (TVE) - procentní vyjádření podílu délky (amplitudy) chybového vektoru k amplitudě vektoru správné hodnoty.

Chyba měření SF v síti se skládá z celkové chyby měřicího řetězce, tj. z chyby měřicího transformátoru (MT) a z chyby přístroje PMU. Chyby MT jsou limitovány normou v různých třídách přesnosti.

		Třída přesnosti měřicích transformátorů									
		0,1		0,2		0,5		1		3	
% In		$\pm \varepsilon$ [%]	$\pm \delta$ [°]	$\pm \varepsilon$ [%]	$\pm \delta$ [°]	$\pm \varepsilon$ [%]	$\pm \delta$ [°]	$\pm \varepsilon$ [%]	$\pm \delta$ [°]	$\pm \varepsilon$ [%]	$\pm \delta$ [°]
10		0,25	0,17	0,50	0,33	1,0	1,00	2,0	2,0	-	-
20		0,20	0,13	0,35	0,20	0,75	0,75	1,5	1,5	-	-
50		-	-	-	-	-	-	-	-	3,0	-
100		0,10	0,08	0,20	0,17	0,50	0,50	1,0	1,0	3,0	-
120		0,10	0,08	0,20	0,17	0,50	0,50	1,0	1,0	3,0	-
% Un		$\pm \varepsilon$ [%]	$\pm \delta$ [°]	$\pm \varepsilon$ [%]	$\pm \delta$ [°]	$\pm \varepsilon$ [%]	$\pm \delta$ [°]	$\pm \varepsilon$ [%]	$\pm \delta$ [°]	$\pm \varepsilon$ [%]	$\pm \delta$ [°]
80-120 %		0,10	0,08	0,20	0,17	0,50	0,33	1,0	0,67	3,0	-

Obr. 1: Povolené chyby MTU a MTI dle české normy

MT napětí měří v relativně úzkém měřicím rozsahu. Při použití vyšších tříd přesnosti přístrojů dosahované přesnosti měření vyhovují. Pro MT proudu je situace horší vzhledem k širokému měřicím rozsahu.

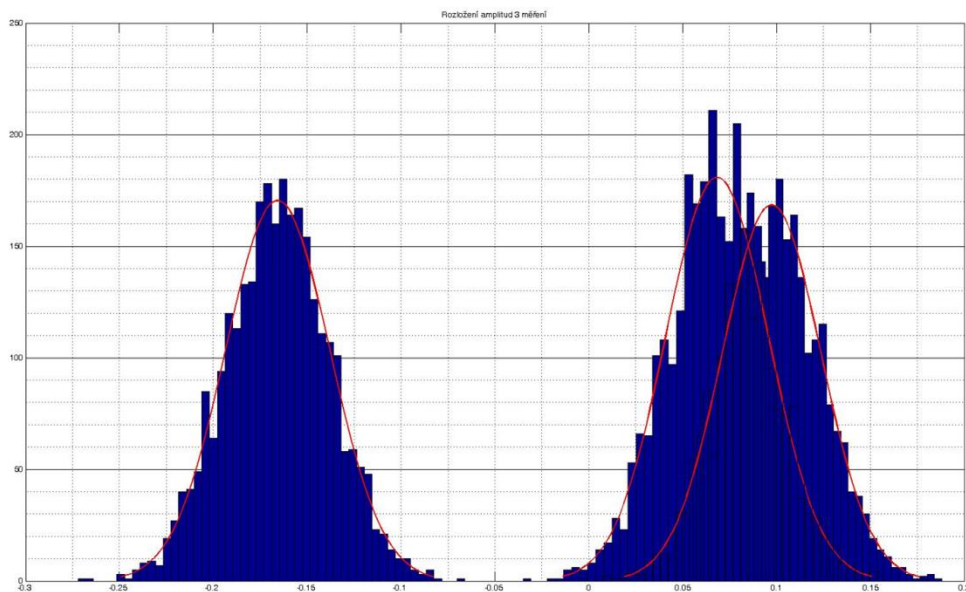


Obr. 2: Povolená chyba úhlu MTI dle normy v závislosti na třídě přesnosti a měřicím rozsahu

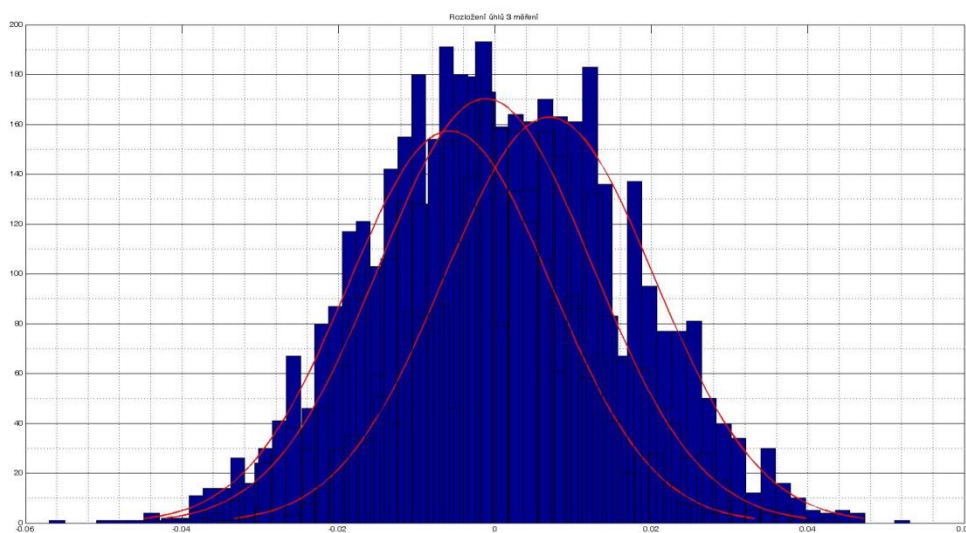
CHYBA AMPLITUDY A ÚHLU

Chyby amplitudy a úhlu synchrofázoru se vyznačují jinými statistickými charakteristikami. Hodnoty úhlu mají stabilnější charakter.

V rámci nasazeného WAMS je vhodné vyhodnocovat provozní přesnost, která vypovídá o přesnosti estimovaných synchrofázorů více než samozřejmé dodržení TVE jednotlivých PMU. Příkladem takového posouzení přesnosti je vyhodnocení měření napětí různými PMU v jednom uzlu.



Obr. 3: Provozní kontrola měření napětí v jednom uzlu – amplituda



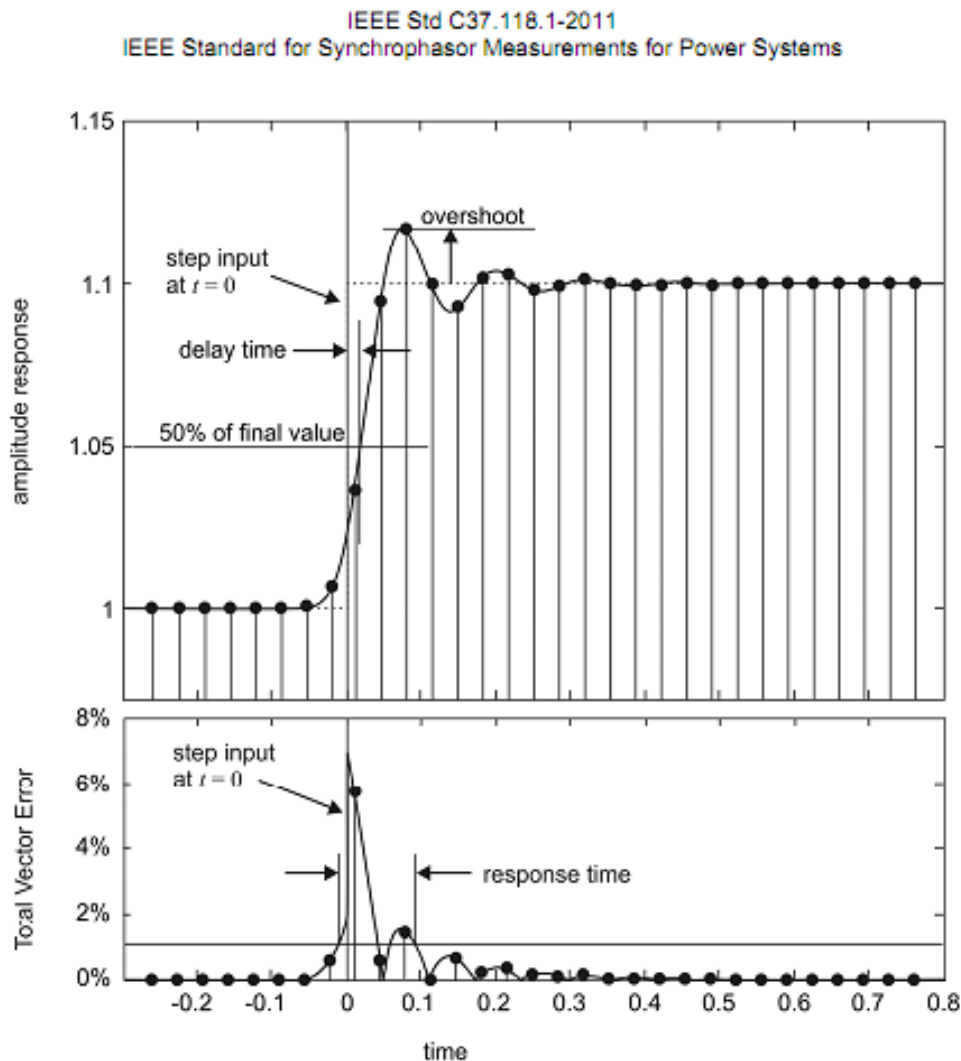
Obr. 4: Provozní kontrola měření napětí v jednom uzlu – úhel

Výsledky provozní kontroly v tomto příkladu:

- Rozdíl středních hodnot amplitud napětí je max 270V (0,25%).
- Rozptyl každého měření amplitud napětí je cca 60V (0,06%).
- Rozdíl středních hodnot úhlů napětí je max 0,016 stupně.
- Rozptyl každého měření úhlů napětí je cca 0,024 stupně.

DYNAMICKÉ VLASTNOSTI

Ve standardu IEEE C37.118.1-2011 jsou definovány dvě třídy přístrojů: třída P a třída M. P třída je určena pro aplikace, které vyžadují rychlou odezvu (písmeno P je odvozeno od slova „Protection“). M třída je určena pro aplikace, které by mohly být nepříznivě ovlivněny rušivými signály a nevyžadují vysokou rychlost zpracování (M od slova „Measurement“). Tyto dvě třídy v normě nenaznačují, která z nich je odpovídající nebo potřebná pro konkrétní aplikaci. Uživatel si musí vybrat třídu, která odpovídá požadavkům jeho aplikací.



Obr. 5: Parametry odezvy na skokovou změnu dle IEEE C37.118.1-2011

Parametry odezvy dle IEEE C37.118.1-2011

Parametr	třída P	třída M
Přechodová doba	34 ms	199 ms
Max. překmit	5%	10%

POŽADAVKY APLIKACÍ NA KVALITU SYNCHROFÁZORŮ

WAMS lze provozovat různými způsoby, které mají různé požadavky na kvalitu synchrofázorů. Příklady:

- Automatické ovládání zařízení.
- Podpora rozhodování, s cílem poskytnout inteligentní analyticky založené diagnózy, analýzy a doporučení, které pomáhají dispečerům reagovat na události v síti.
- Informační a analytický nástroj, který má pomoci provozovatelům pochopit, co se děje v oblasti v reálném čase.
- Pilotní nasazení a nástroj pro výzkum.
- Podpora off-line systémů jako je modelování a simulování provozu.

Systém, který bude použit pro podporu rozhodování nebo pro automatické řízení musí splňovat vyšší požadavky než ten, který je informativní a je považován spíše za výzkumné zařízení.

Existuje řada faktorů ovlivňujících, zda je systém technicky připraven na spolehlivé a důvěryhodné provozní využití. Jsou to např.:

- Provozní dostupnost a spolehlivost.
- Kvalita údajů.
- Splnění cílových funkcí.
- Poruchovost.
- Kvalita testování.
- Školení obsluhy a podpůrného personálu.
- Interní i externí technická podpora.

FUNKCE ZPRACOVÁVAJÍCÍ SYNCHROFÁZORY

Aplikace využívající synchrofázory lze kategorizovat z různých hledisek. Stanovení požadavků na kvalitu synchrofázorů pro různé funkce je proto úkol pro specialisty budoucího uživatele. Zcela zásadní je znalost požadavků na funkci a využívání systému. Následující tabulka je informativním příkladem, jak je možné přiřadit požadavky na kvalitu k plánovaným funkcím (příklad uvádí možné hrubé členění skupin funkcí s požadavky na kvalitu).

Přesnost	TVE	Úhel
nízká	≥ 1	0,5°
střední	1	0.2°
vyšší	0,5	0.1°

Funkce - použití	Přesnost	Třída	Četnost SF/sekundu
Základní monitoring sítě	nízká	M	1
Estimace stavu sítě	vysoká	M	1
Chránění	střední	P	50
Řízení sítě (Close Loop)	vysoká	P	50
Řízení napěťové stability	střední	M	10
Analýza událostí	střední	P	50
Řízení zdrojů	střední	P	50
Příprava provozu	nízká	M	1
Monitor a řízení stability	nízká	M	10
Monitoring teploty, ampacita	vysoká	P	10
Frekvenční stabilita, identifikace ostrovů	střední	M	10

UMÍSTĚNÍ JEDNOTEK PMU

Většina realizací WAMS je vybudována v pevné struktuře a v dané infrastruktuře. Vyskytují se ale situace, kdy je třeba zjistit a prověřit situaci v oblasti, kde není vybudován WAMS a chybí odpovídající komunikační infrastruktura. Pro takové účely mohou sloužit mobilní PMU jednotky s upravenými parametry a funkcí.

V poslední době byly mobilní jednotky PMU METEL (METEL – ucelený WAMS vyvinutý firmou AIS spol. s r.o.) použity několikrát např. pro měření vlivu výroby OZE na chování sítě a při měření parametrů vedení.

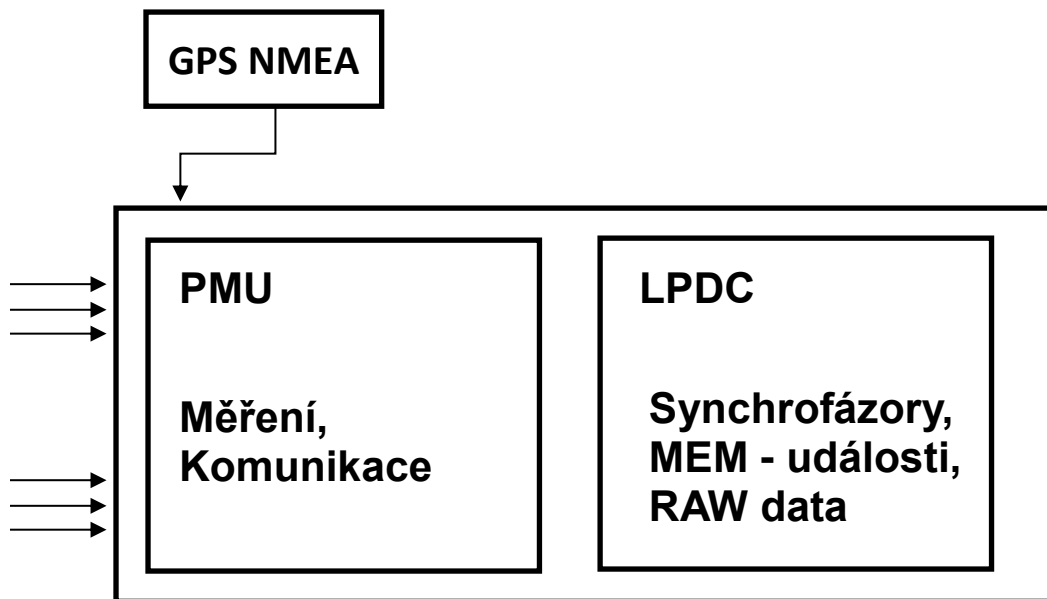
MOBILNÍ PMU METEL

Mobilní METEL lze nasadit operativně všude tam, kde je potřeba provést měření fázorů napětí nebo proudu a není k dispozici síťové propojení s centrálou fázorových měření nebo tato centrála vůbec neexistuje.

Další možná situace – spojení s centrálou existuje, ale kvůli krátkodobému měření nemá smysl do databáze centrály doplňovat nové procesní body.

Mobilní PMU METEL trvale měří, vyhodnocuje a ukládá synchrofázory. Má implementován MEM (METEL Event Management – programový modul vyvinutý pro LPDC a PDC) - při vyhodnocení provozní události nebo na vyžádání uloží měřené vzorky (RAW data) před a po události do souboru ve

formátu COMTRADE. Kromě toho je možno RAW data odesílat i přes LAN (např. programu, který je ukládá v CSV formátu).



Obr. 6: Blokové schéma mobilního PMU METEL

DALŠÍ ZPRACOVÁNÍ FÁZOROVÝCH DAT

Mobilní PMU METEL ukládá naměřené synchrofázory v datovém formátu, který je pro běžné programy nepoužitelný. Proto je vytvořena aplikace, která je umožňuje vložit do databáze WAMS METEL a následně je zobrazovat a zpracovávat programem METEL KLIENT. Jedním z výstupů tohoto programu je export do formátů MS EXCEL. To umožňuje další zpracování (Excel, Matlab, ATP, Open DSS, MathPower a další speciální programy).

MOŽNÁ VYUŽITÍ MOBILNÍCH PMU

- Měření parametrů vedení a kabelů během provozu.
- Zdroj dat pro řešení vybraných provozních problémů s důrazem na problémy generující rozdíly v úhlech fázorů napětí.
- Zjišťování fází při rozšiřování a rekonstrukcích sítí.
- Zdroj dat pro analýzy vlivu OZE na provoz distribuční soustavy s ohledem na stav u zdroje a v přípojném místě.
- Zdroj dat pro analýzu opakujících se provozních událostí.