

# *WAMS - SmartGrids*



Antonín Popelka, AIS spol. s r.o. Brno

### Aktivity v oblasti WAM:

- Zkušenosti se systémy WAM od r. 2000
- První nasazení systému WAM: JME, srpen 2000
- Referát o WAM na mezinárodní konferenci CIRED Torino 2005
- Výstava našich produktů WAM na mezinárodní konferenci CIRED ve Vídni 2007
- Přednášky o WAM na národních konferencích a seminářích (CIRED, CyklusE, Poděbrady)
- Připravovaná výstava na mezinárodní konferenci CIRED Praha 2009



# Co je WAM ?

## *Wide Area Monitoring*

Systémy založené na technologii měření synchronních fázorů:

WAM - Wide Area Monitoring

WAC – Wide Area Control

WAP - Wide Area Protection

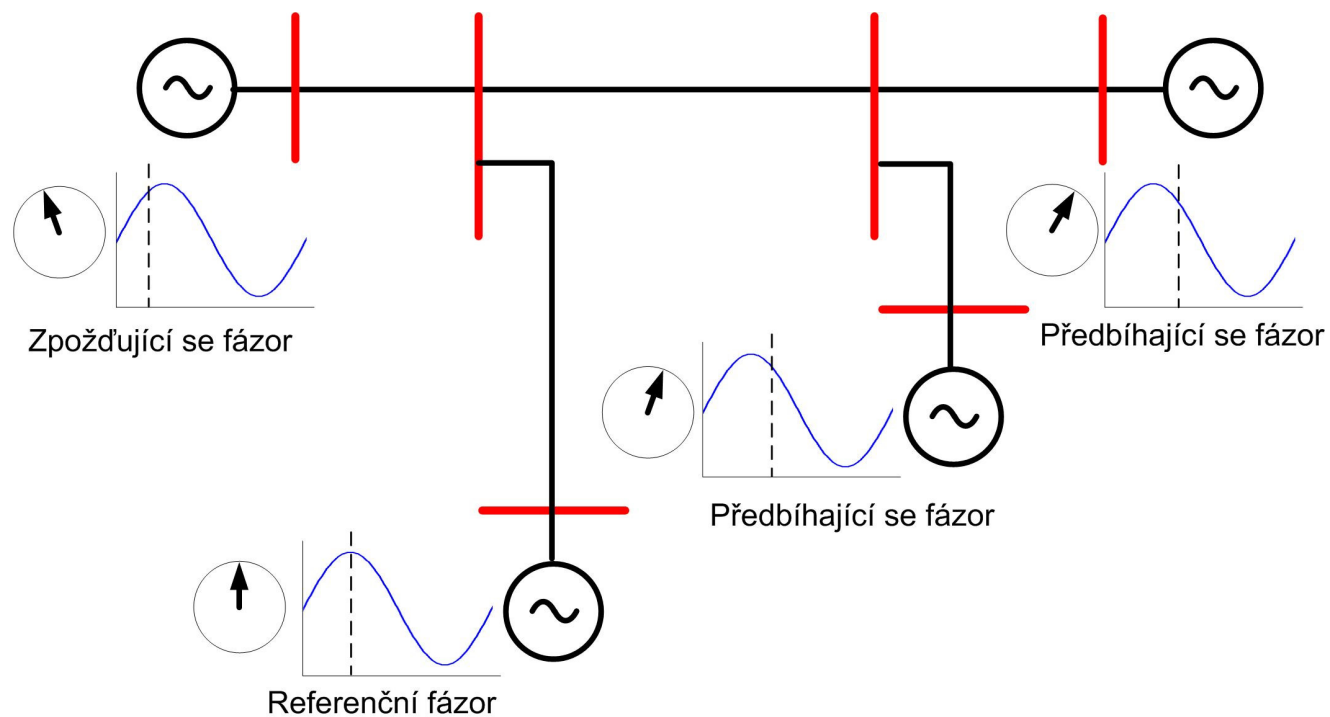
Základní principy a struktura těchto systémů jsou podobné:

- měření synchronních fázorů
- centrály - koncentrátoři - servery s databází synchronních fázorů (SF)
- aplikace využívající dat z DB SF a z jiných zdrojů (např. SCADA, databáze parametrů)

Nová technologie monitorování se rozvíjí pro přenosovou i distribuční síť.



# Synchronní fázory – plošné měření

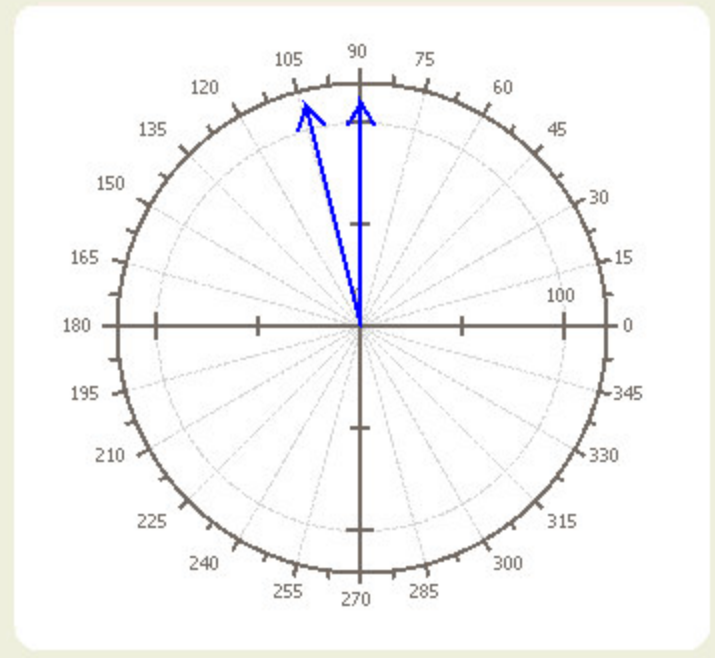
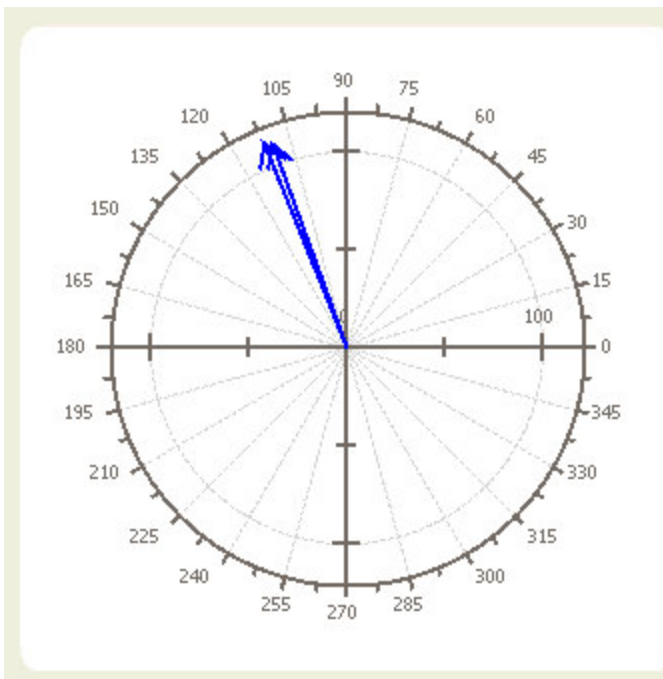
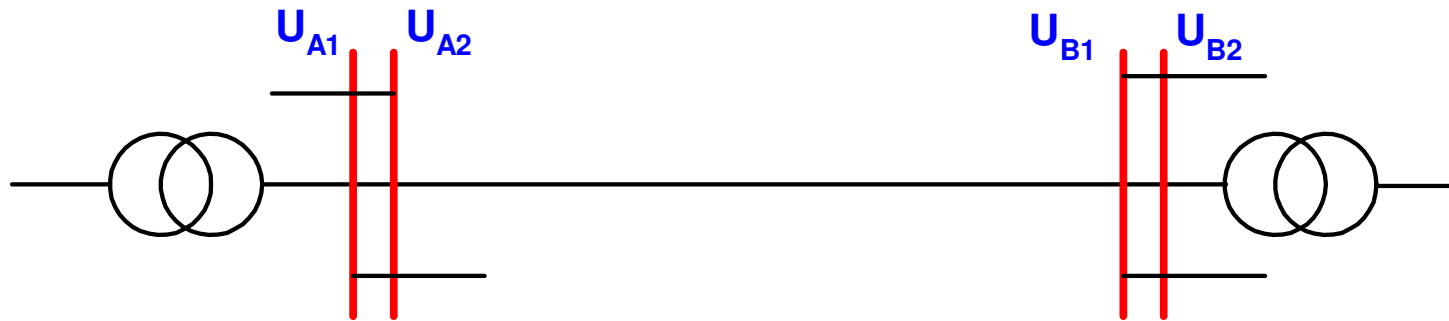


Synchronní fázor má úhel v okamžiku změření.

Relativní fázory jsou počítány ke zvolenému referenčnímu fázoru, u kterého bude úhel =  $0^\circ$ .

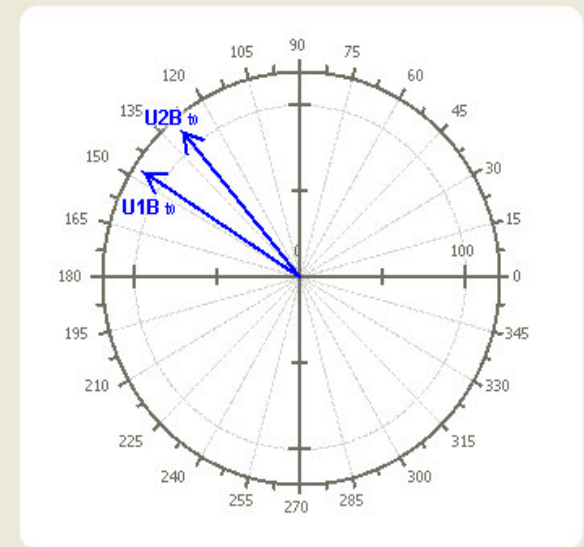
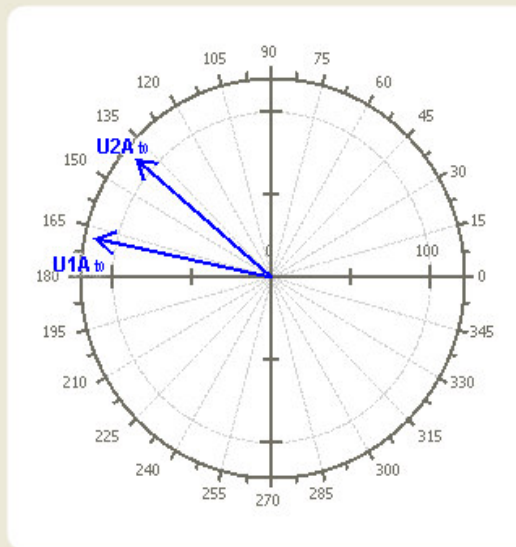
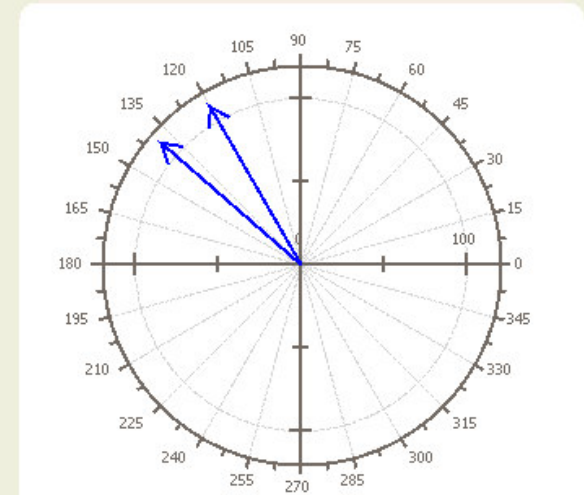
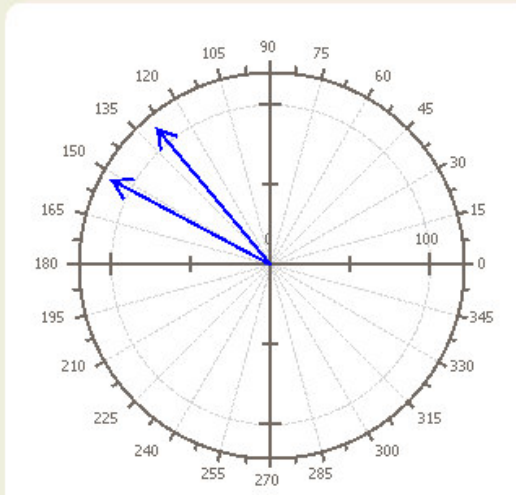


# Synchronní měření



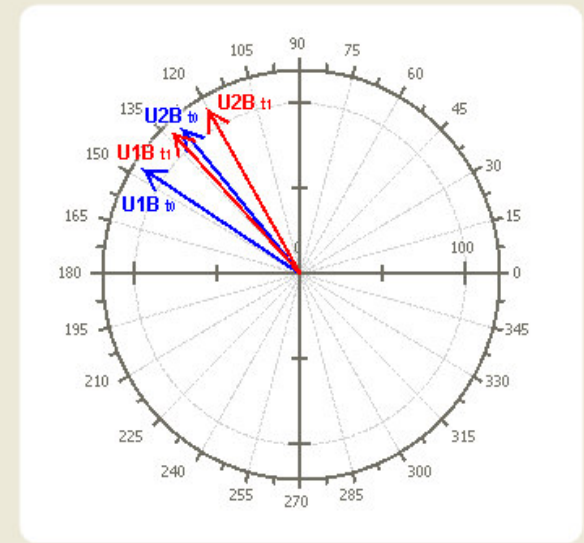
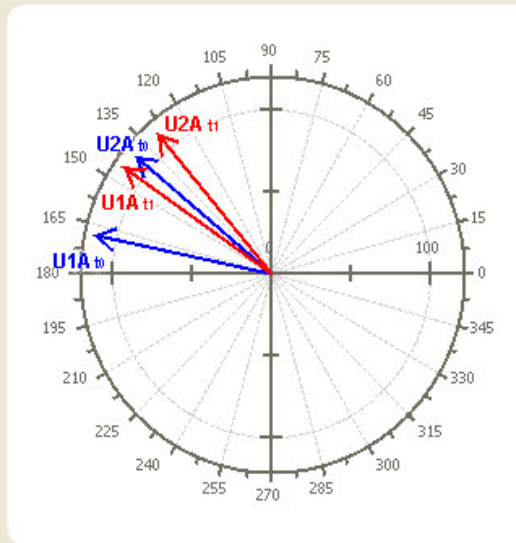
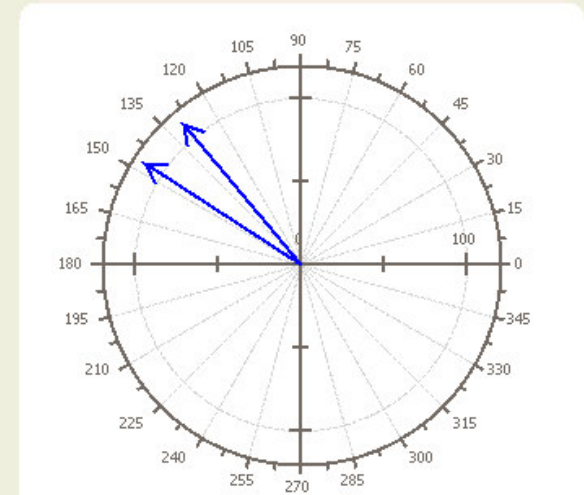
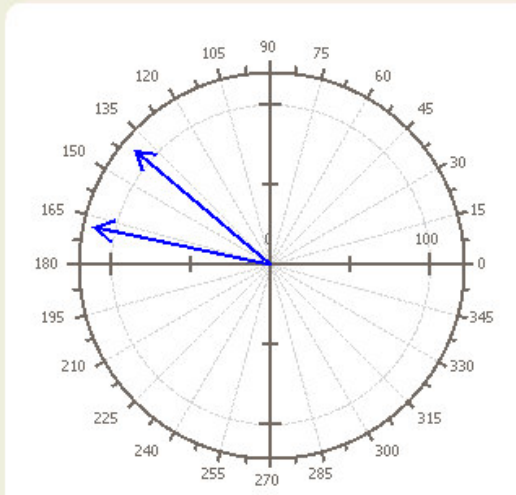
# Měření v čase $t = t_0$

- V čase  $t_0$  se současně změří fázory v rozvodně A i B a přenesou se do databáze.
- Úhel ( $U1A - U2A$ ) a ( $U1B - U2B$ ) je mezi přípojnici A1 a A2 (B1 a B2)
- Úhel ( $U1A - U1B$ ) je mezi rozvodnami A a B – přípojnici A1 a B1



# Měření v čase $t = t_1$

- Předpokládáme  $t_1 - t_0 = 1s$
- V čase  $t_1$  se současně změří fázory v rozvodně A i B a přenesou se do databáze (červeně).
- Žádný z vektorů nedokončil 50 otáček => frekvence je menší než 50Hz
- Přesná frekvence se spočítá z rozdílu ( $U1A_{t1} - U1A_{t0}$ ) pro napětí na přípojnici A1.



# Relativní fázory

Jeden z fázorů se vybere za referenční, jeho úhel bude  $0^\circ$ .

Úhly všech ostatních synchronních fázorů se na relativní přepočítají odečtením od úhlu referenčního fázoru.





# Wide Area Monitoring (WAM) - charakteristika

- Plošné měření synchronních fázorů (SF) napětí, případně proudů v uzlech sítě (PMU)
- Komunikační síť s fázorovým serverem (PDC)
- V PDC je databáze s aktuálními i historickými SF
- Data jsou k dispozici aplikacím (uživatelé, programy s vyššími funkcemi, SCADA)
- WAM není konkurencí systému SCADA, doplňuje jej a vzájemně se podporují
- WAM nabízí nové funkce a umožňuje nový pohled na chování sítě

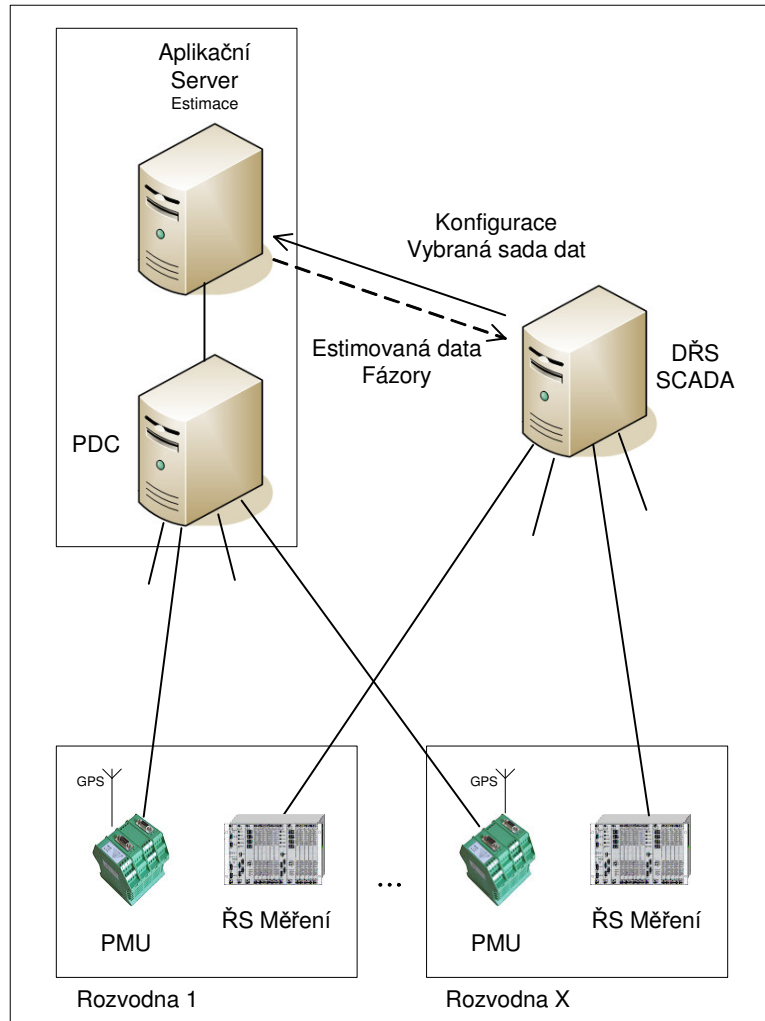


# WAM – funkce, využití

- Kontrola podmínek přípustnosti spínání uzlových oblastí
  - V propojených soustavách
  - Ostrovy
- Zpřesnění estimace ustáleného stavu soustavy
- Dynamická estimace – monitorování stavu soustavy v reálném čase
- Systémová kontrola stability a vlivu rozptýlené výroby
- Podpora přípravy provozu
- Analýza poruchových stavů



# Struktura systémů WAM

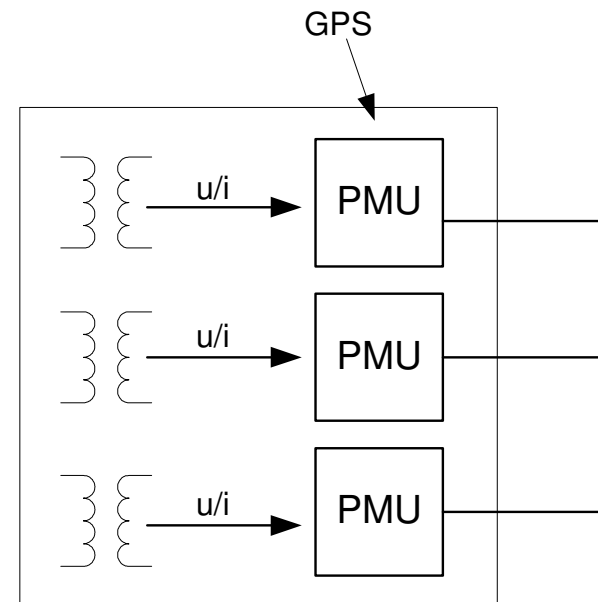


PMU – Phasor Measurement Unit  
PDC – Phasor Data Concentrator

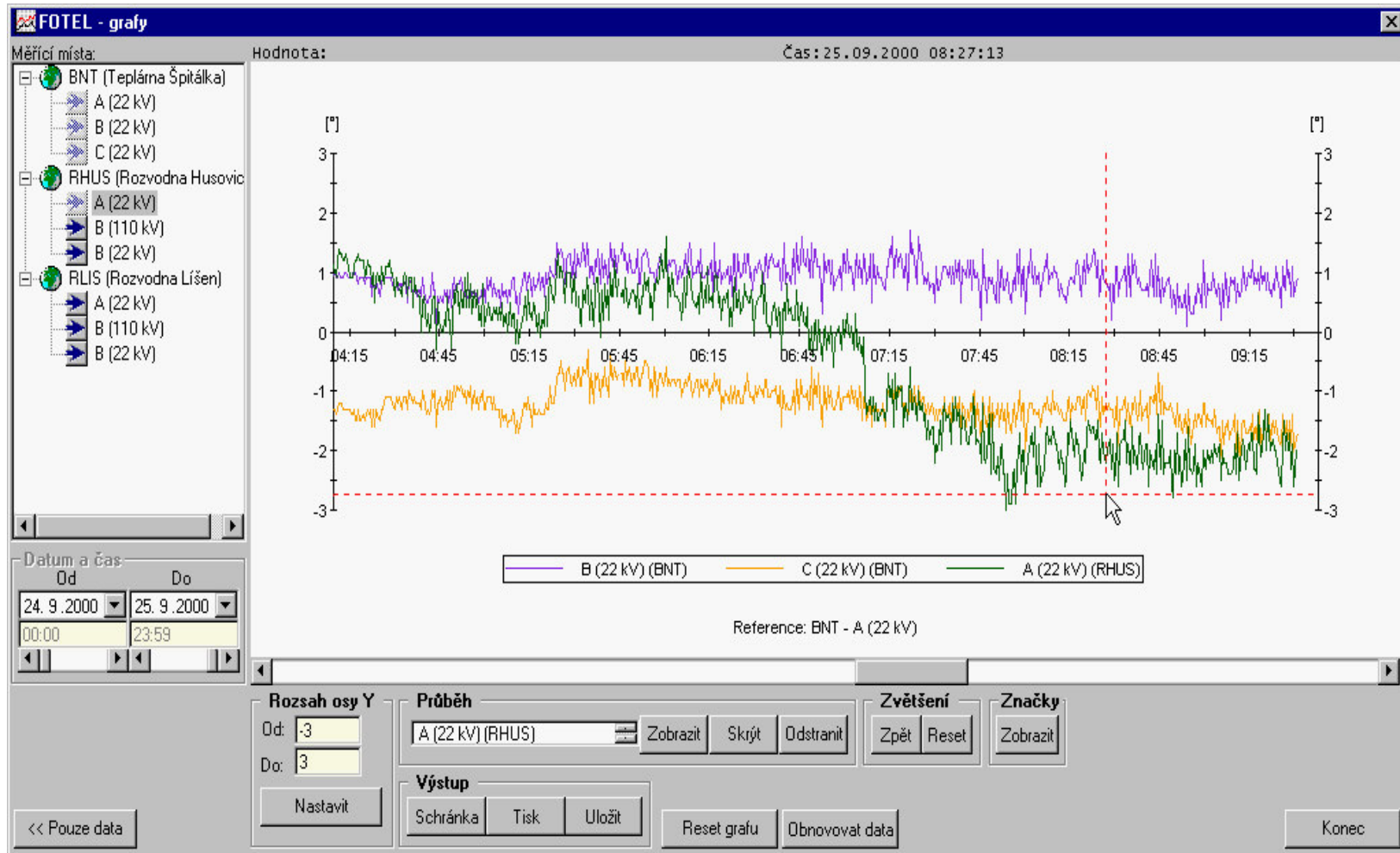
Příklad:

Aplikace estimace stavu

Spolupráce se systémem SCADA



# Výstupy - FOTEL - graficky



# Prezentace FOTEL – úhel přehledově

Přehledová tabulka (19.10. 2007 10:05:00)

Objekt							
AS			14.1	W11	14.1	W12	
BOH			12.6	W11	12.7	W12	
DOM					-0.8	W1	-0.1 W21 -0.1 W22
DRM			0.0	W1	---	W21	---
ELU			7.4	W12	12.0	W22	---
HER			3.7	W11	3.7	W12	
HOL	-1.0	W1					
HOR			-0.7	W11	-0.8	W12	
HSL			2.6	W1	---	W2	
HTR	7.4	W11	7.3	W21	7.4	W12	7.2 W22
HUS	7.4	W1	1.2	W2			
CHR					---	W1	
JIN			13.3	W1	13.6	W2	
KLA			---	W1	---	W2	
KRA			5.6	W11	5.6	W12	5.7 W21 5.6 W22
KRI			---	W1	---	W2	
NEP			0.3	W1			
NYR			0.5	W11	0.5	W12	
OST			15.3	W1	15.3	W2	
PLJ			1.3	W1	1.4	W2	
PLM			4.5	W1	5.0	W2	
PLS			5.1	W11	5.2	W12	
PRE			0.5	W1	0.6	W2	
ROK			2.7	W1	2.2	W2	
ROT			14.8	W11	14.9	W12	14.9 W13
STR					---	W11	---
SUS					-2.0	W1	-2.0 W2
TAC			-2.1	W1	-2.2	W2	
TOU			3.3	W1	---	W2	
VIT					13.1	W1	---
VYD		3.8	W1				
ZBI			4.5	W1			

Nastavení vlastností mezí

Referenční bod : DRM (W1 (sběrna 22 kV))

Fáze :  L1  L2  L3  
 L1-L2  L2-L3  L3-L1

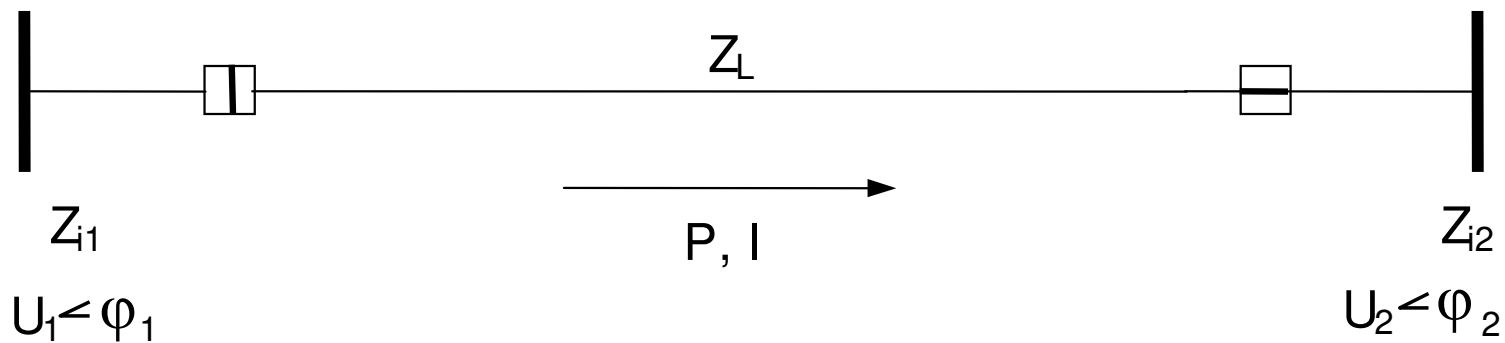
22

Konec



# Podmínky bezpečného spínání

Rozdíl úhlů mezi napájecími uzly vedení musí být v bezpečné oblasti.

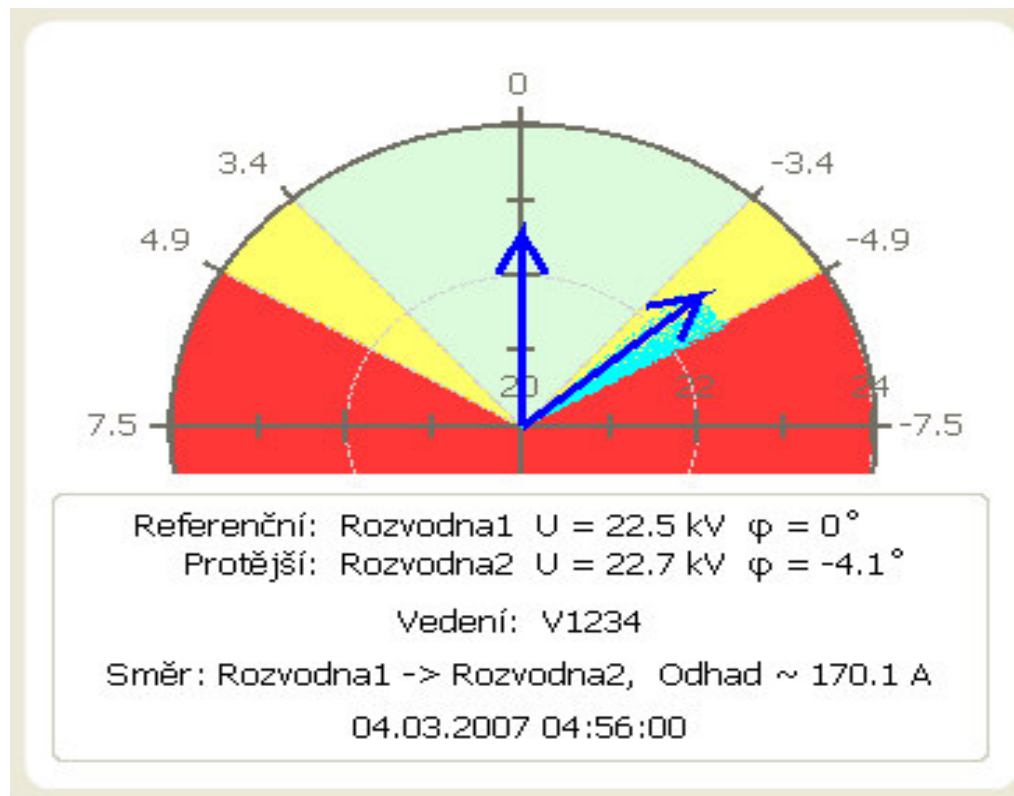


$$P = \frac{U_1 * U_2 * \sin(\varphi_1 - \varphi_2)}{Z_{i1} + Z_L + Z_{i2}}$$

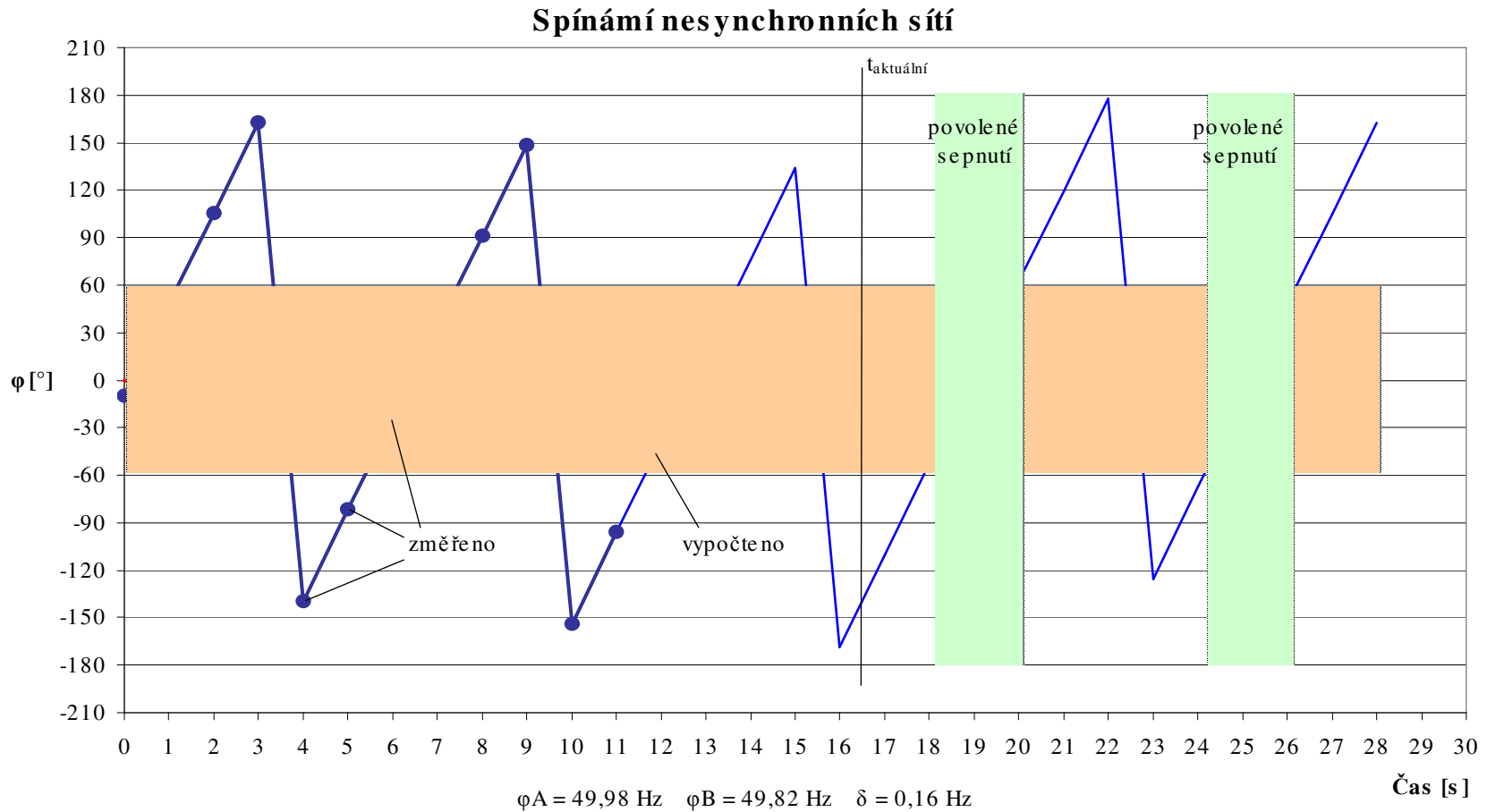
$$\approx \frac{U * \sin(\varphi_1 - \varphi_2)}{X_{i1} + X_L + X_{i2}}$$



# Podmínky pro bezpečné spínání

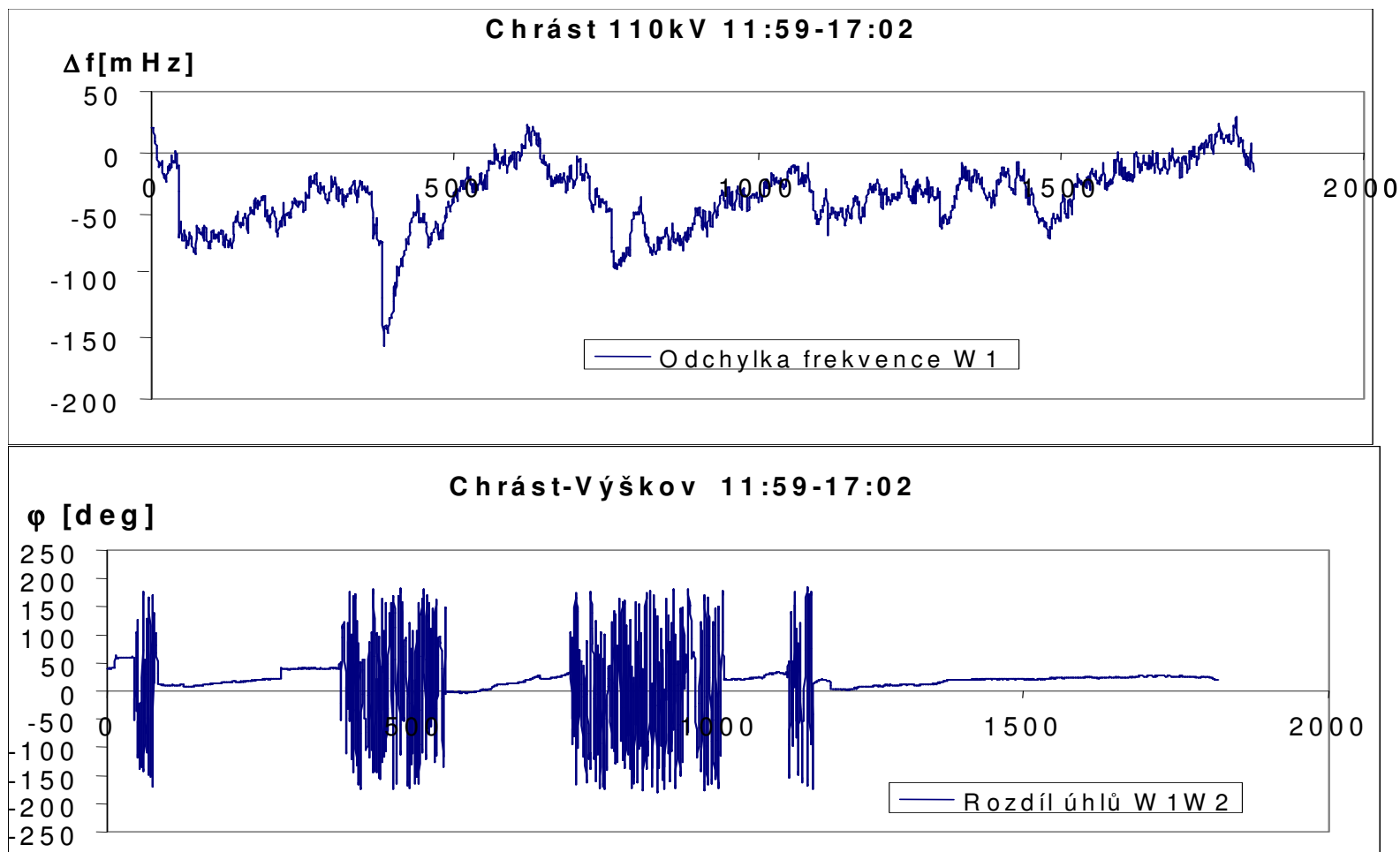


# Fázování nesynchronních oblastí





# Monitorování – stav nouze 25.7.2006



# Estimace stavu - 1

Klasické estimační programy jsou zatíženy chybami, které jsou způsobeny:

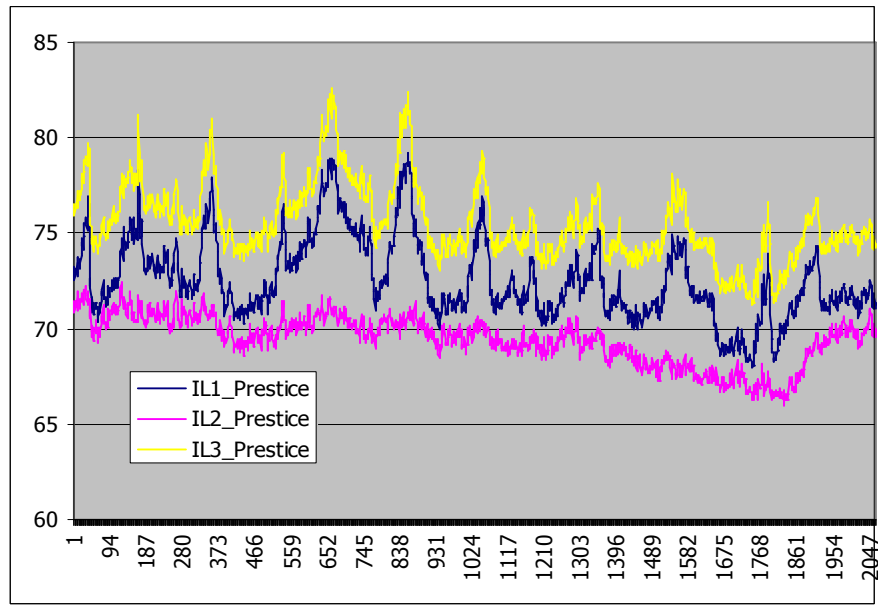
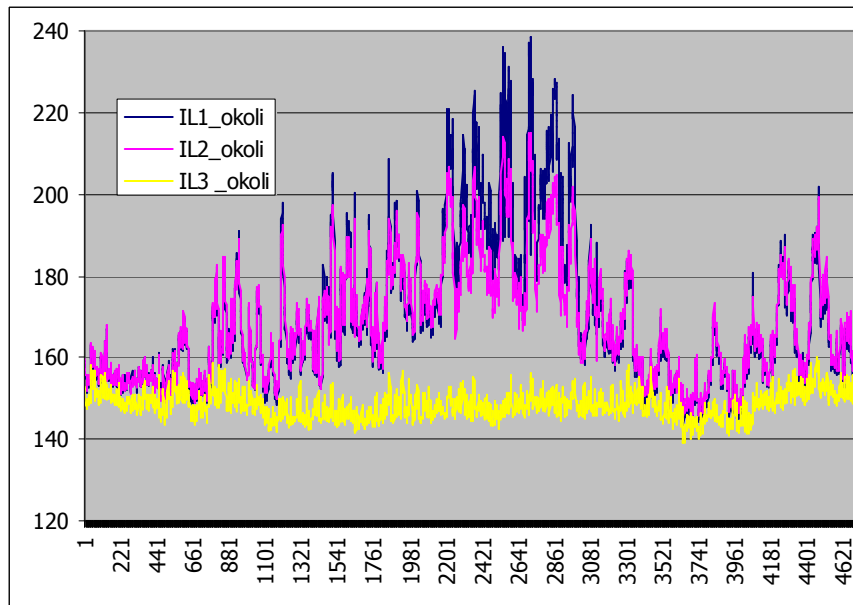
1. P, Q, U, I pro estimace jsou nesoučasnými vstupy. Nesoučasnost je způsobena např. použitím  $\Delta$ -kritéria, různou dobou zpracování v ŘS a dobou přenosu.
2. Programy počítají s 1. harmonickou, použité vstupní veličiny jsou efektivními hodnotami včetně všech harmonických. Tato chyba je významná zvláště u proudů.



# Estimace stavu - 2

- 3. Programy používají 1-fázový model, který je použitelný s fázovými hodnotami pouze při symetrickém zatížení.

Příklad průběhu zatížení 3-fází v síti 110kV:



## Estimace stavu - 3

Významného zpřesnění estimací stavu lze dosáhnout použitím synchronních fázorů napětí v uzlech jako další vstupní veličiny do algoritmu estimace:

1. Synchronní fázory jsou z principu veličiny současné.
2. SF jsou reprezentovány úhlem a první harmonickou měřené veličiny.
3. Vliv nesymetrie je možné snížit 3-fázovým měřením a použitím sousledné symetrické složky.



# Vlastnosti WAMS - shrnutí

- Poskytují údaje fázorů napětí a proudů současně zjištěných v různých místech sítě.
- Umožňují srovnávat stavy uzlů sítě mezi sebou.
- Poskytují data použitelná pro přesnější výpočty stavu a chodu sítí (estimace, parametry prvků, stabilita).



# Koncepce SmartGrid

- Rozptýlená výroba zvláště větrných elektráren snižuje provozuschopnost a stabilitu sítě, zvyšuje požadavky na přenos elektřiny.
- Tento problém řeší koncepce SmartGrid změnou struktury přenosu a distribuce elektřiny. Vytváří oblasti, které mohou být v případě potřeby vyčleněny do samostatného provozu. Významným prvkem SmartGrids budou též zásobníky energie (Energy Storage)
- Pro zjištění takového stavu je zapotřebí mít přesné a podrobné informace z uzlů sítě.
- Tato data lze s výhodou získat ze systémů WAM.
- Prvky WAMS mohou zajistit podporu bezpečného spínání synchronních i nesynchronních soustav.



# WAMS - SmartGrid

- V budoucích strukturách sítí je potenciál pro využití systémů WAM zvláště
  - Pro získání přesných, současných a vypovídajících údajů o stavu a přenosech v síti.
  - Pro provádění přesných výpočtů, tzv. vyšších funkcí.
  - Pro podporu bezpečných spínacích manipulací v sítích.
  - Pro zjišťování kritických a předkritických stavů.
  - Pro analýzu průběhu nestandardního chování sítí.



---

**Děkuji za pozornost**



AIS spol. s r.o., Brno  
[www.ais-brno.cz](http://www.ais-brno.cz)  
[popelka@ais-brno.cz](mailto:popelka@ais-brno.cz)

