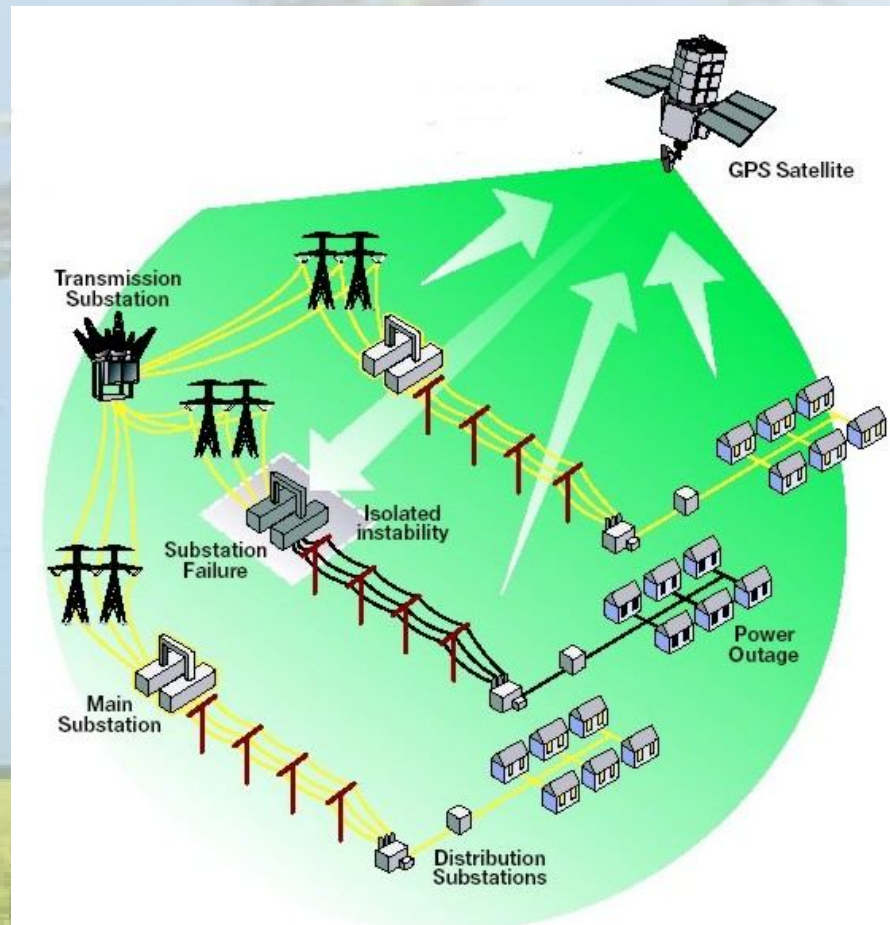


Nové směry v řízení ES



Nové směry v řízení ES

Systémy založené na technologii měření synchronních fázorů:

WAM - Wide Area Monitoring

WAC – Wide Area Control

WAP - Wide Area Protection

Někdy jsou všechny tyto systémy označovány zkratkou

WAMPC

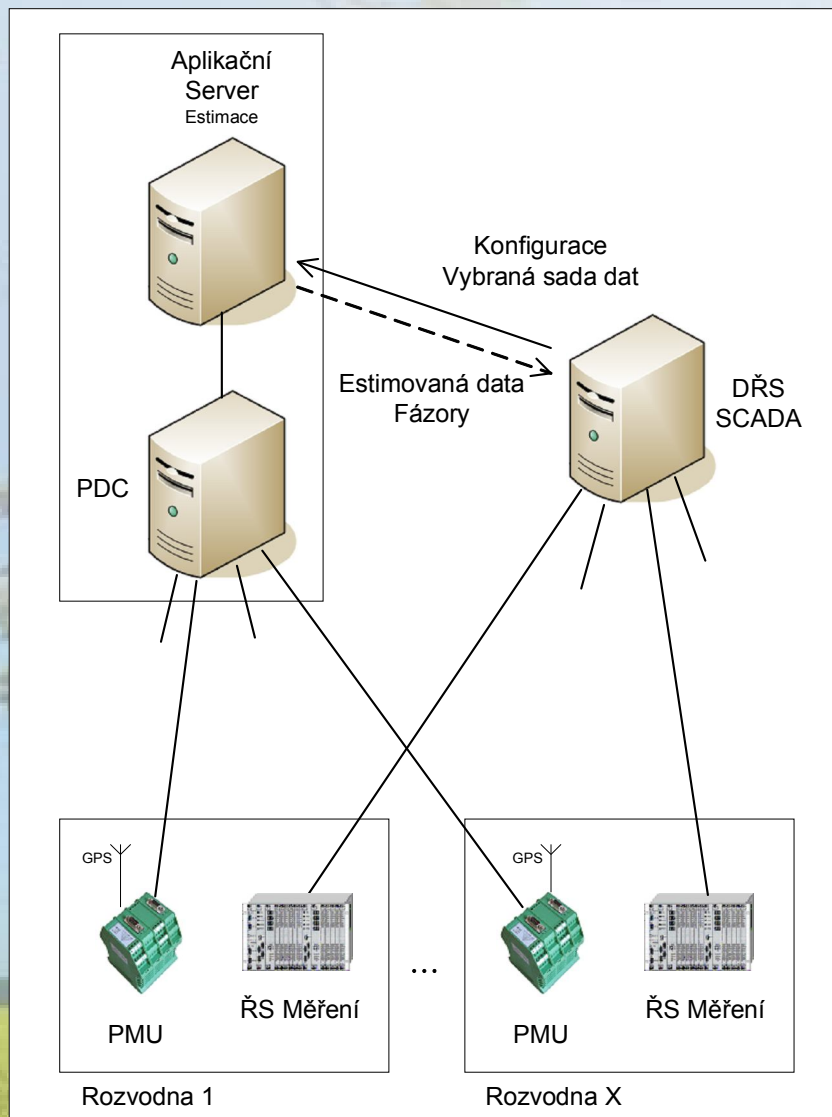
Základní principy a struktura těchto systémů jsou podobné:

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

Systemy řízení ES

- **Systemy, které využívají soubory fázorů např. pro**
 - **Monitorování chodu a stavu sítě (WAM)**
 - **Aplikace vyhodnocující stav a dynamické změny fázorů napětí a proudů**
 - **Vyhodnocování dynamických změn kmitočtu sítě v uzlech ES**
 - **Vyhodnocení předkritických stavů – alarmy**
 - **Analýzu kritických situací**
 - **Podklady pro výpočty a modelování**
 - **Řízení chodu sítě (WAC)**
 - **Např. automatické řešení frekvenční a napěťové nestability, řízení Q a U**
 - **Řízení „shift“ transformátorů pro optimalizaci přenosu**
 - **Adaptivní a globální chránění (WAP)**
 - **Anticipative – anticipativní: upravuje charakteristiky ochran**
 - **Responsive – výkonný: reaguje přímo spínacím procesem**

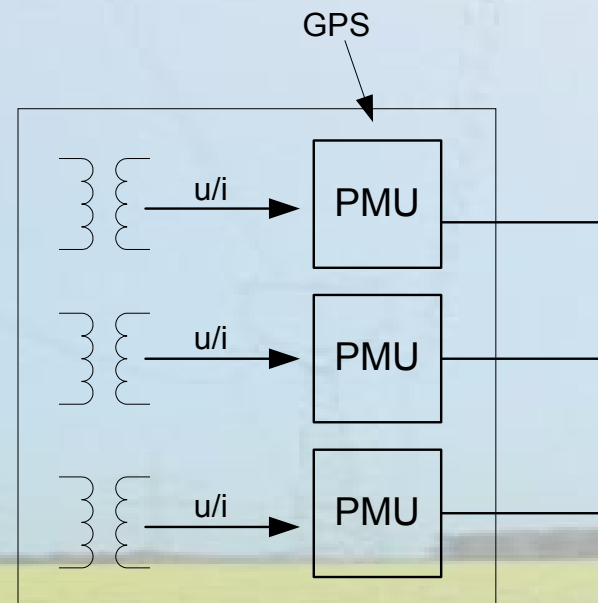
Struktura systémů WAM



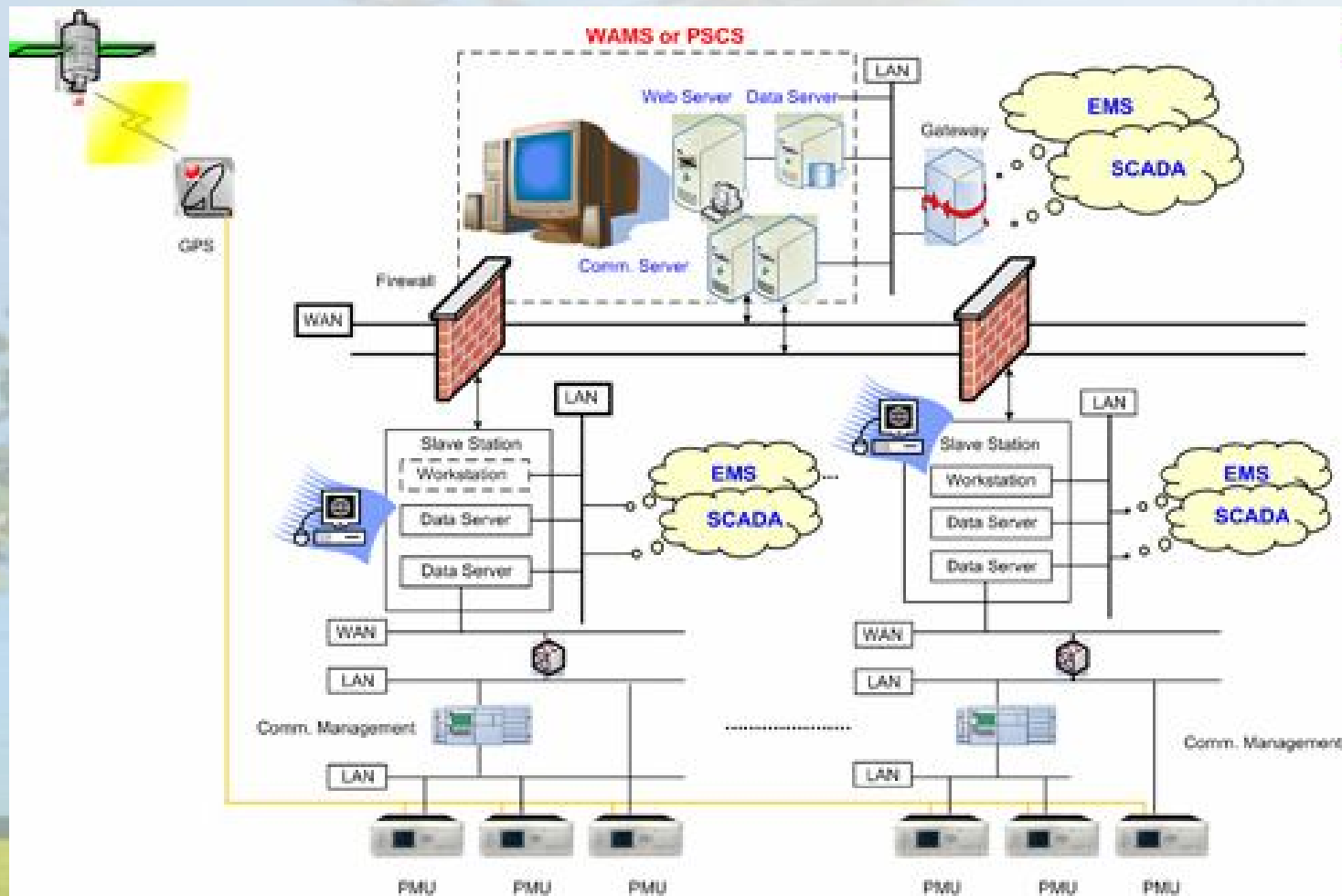
PMU – Phasor Measurement Unit
PDC – Phasor Data Concentrator

Příklad:

Aplikace estimace stavu
Spolupráce se systémem SCADA

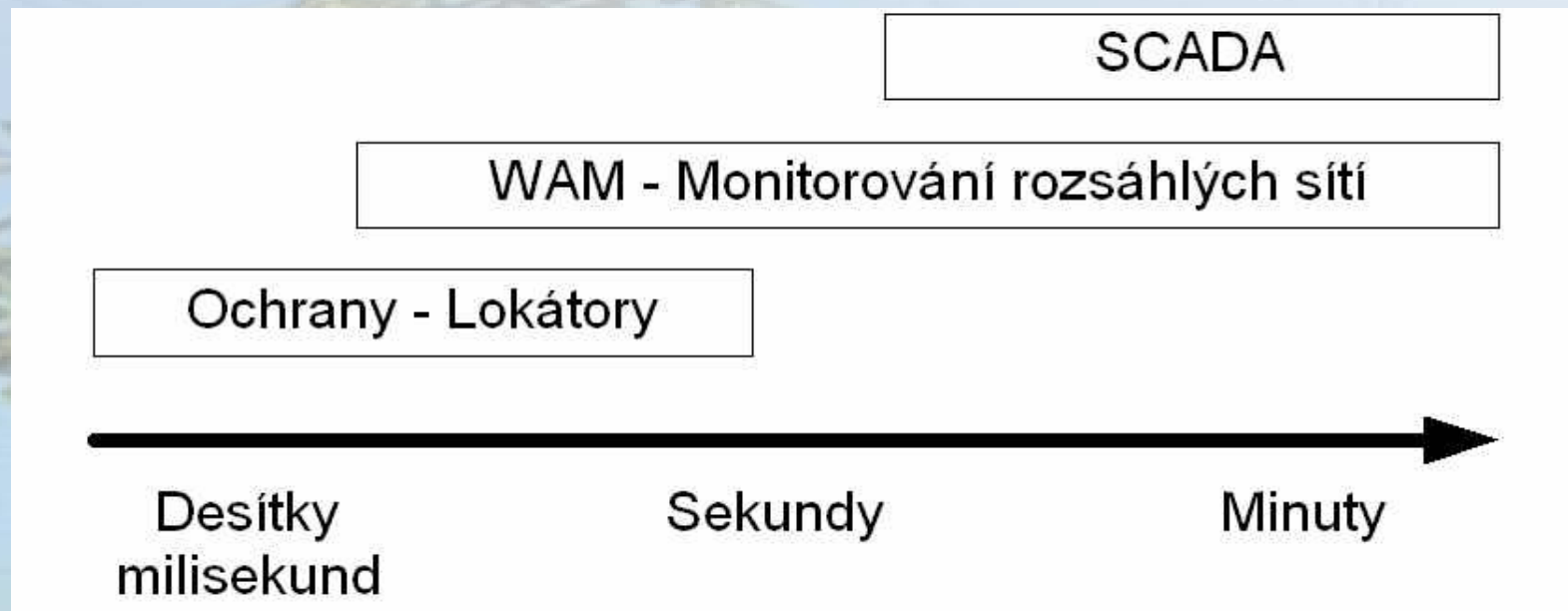


Struktura systémů WAM



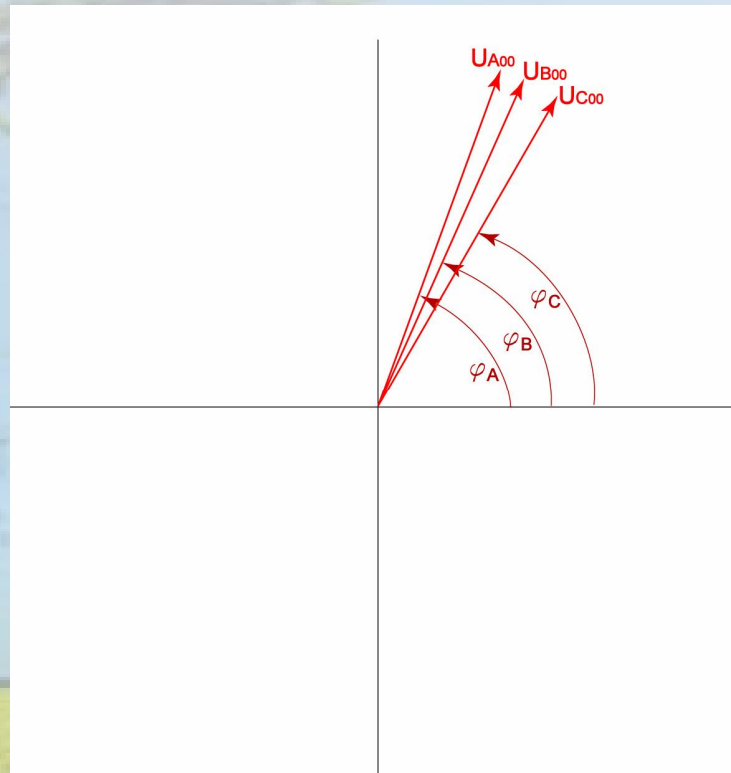
Vymezení WAMS

- Systémy WAM spojují časové požadavky systémů chránění a SCADA. S těmito systémy spolupracují a doplňují je.
- Zpracovávají chování soustavy v časovém spektru desítky milisekund až desítky sekund.



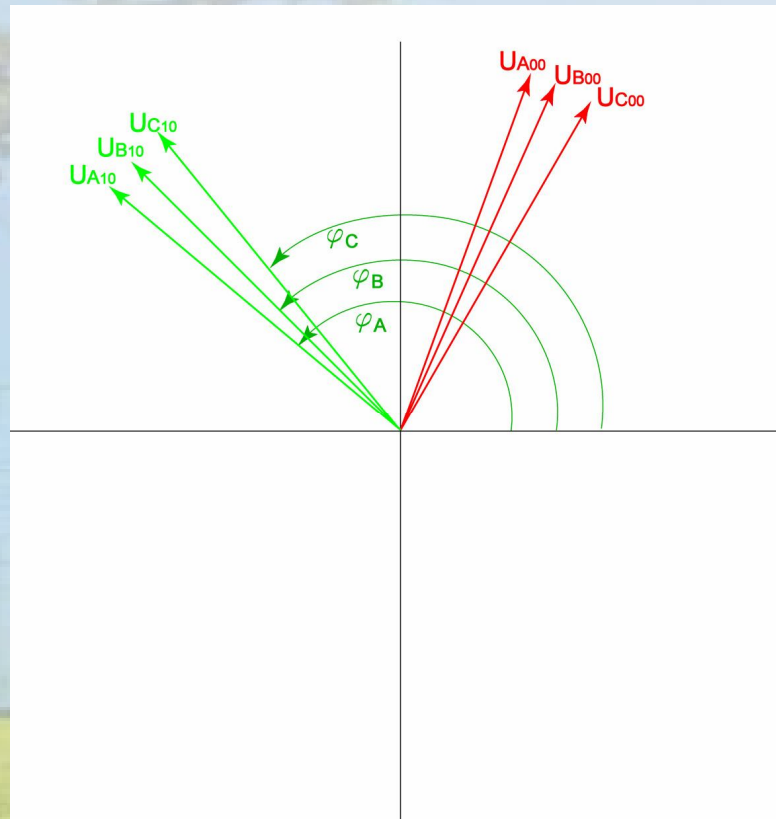
Synchronní fázory

- Harmonický průběh: $x(t) = X * \cos(\omega * t + \varphi)$
- Soustava synchronních fázorů v čase T1.
- Všechny fázory se v každém čase změní současně na všech měřicích místech.



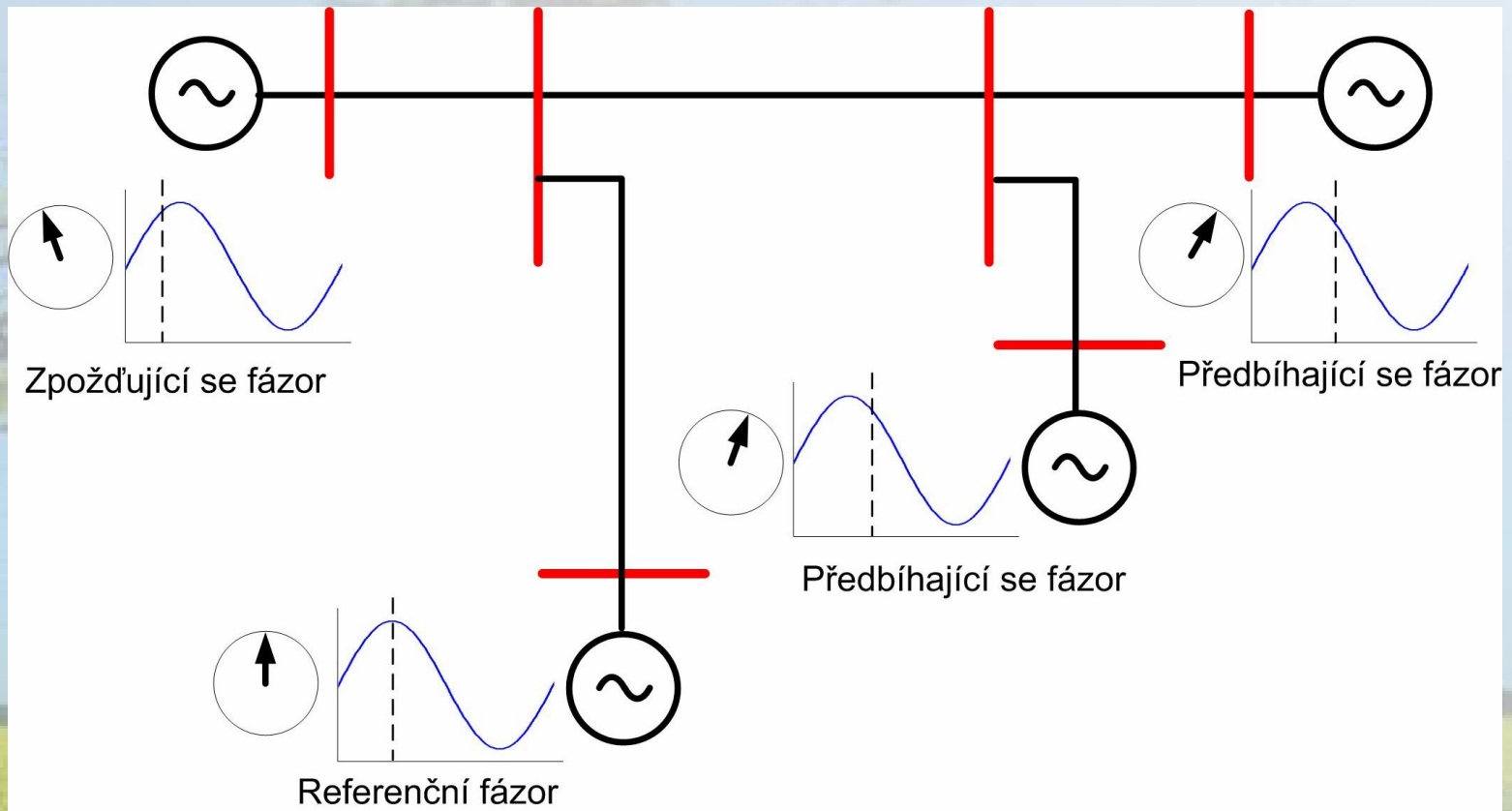
Synchronní fázory

- Harmonický průběh: $x(t) = X * \cos(\omega * t + \varphi)$
- Soustava synchronních fázorů v čase T1 a T2.
- Všechny fázory se v každém čase změní současně na všech měřicích místech.



Synchronní fázory – plošné měření

Relativní fázory jsou počítány ke zvolenému referenčnímu fázoru, u kterého bude úhel = 0° .



Kmitočet

- Kmitočet patří k základním veličinám v systémech WAM. Vyhodnocuje se ze změny úhlu za časový interval.
 - Příklad:
 - **SF** napětí je ve dvou následujících sekundách stejné.
 - Fázor za tuto dobu musel vykonat celý počet otáček. Při očekávaném kmitočtu kolem 50Hz jich bylo přesně 50 : $f=50,00\text{Hz}$
 - Rozdíl SF napětí ve dvou následujících sekundách je $3,6^\circ$, tj 1/100 otáčky. Jedna otáčka za sekundu (360°) představuje 1Hz, odchylka je 1/100 otáčky, tj. 10mHz. Znaménko odchylky závisí na tom, zda SF předbíhá nebo se zpožďuje.
 - Pokud předpokládáme oboupolaritní odchylku, je pracovní oblast rozdílu SF $\pm 180^\circ$, při sekundových vzorcích se pohybujeme v rozsahu odchylky kmitočtu $\pm 500\text{mHz}$.
 - Moderní WAMS pracují až se vzorky po 20ms, pro elektrizační síť v provozu je kmitočet v tomto případě měřen přesně.

WAM - monitorování

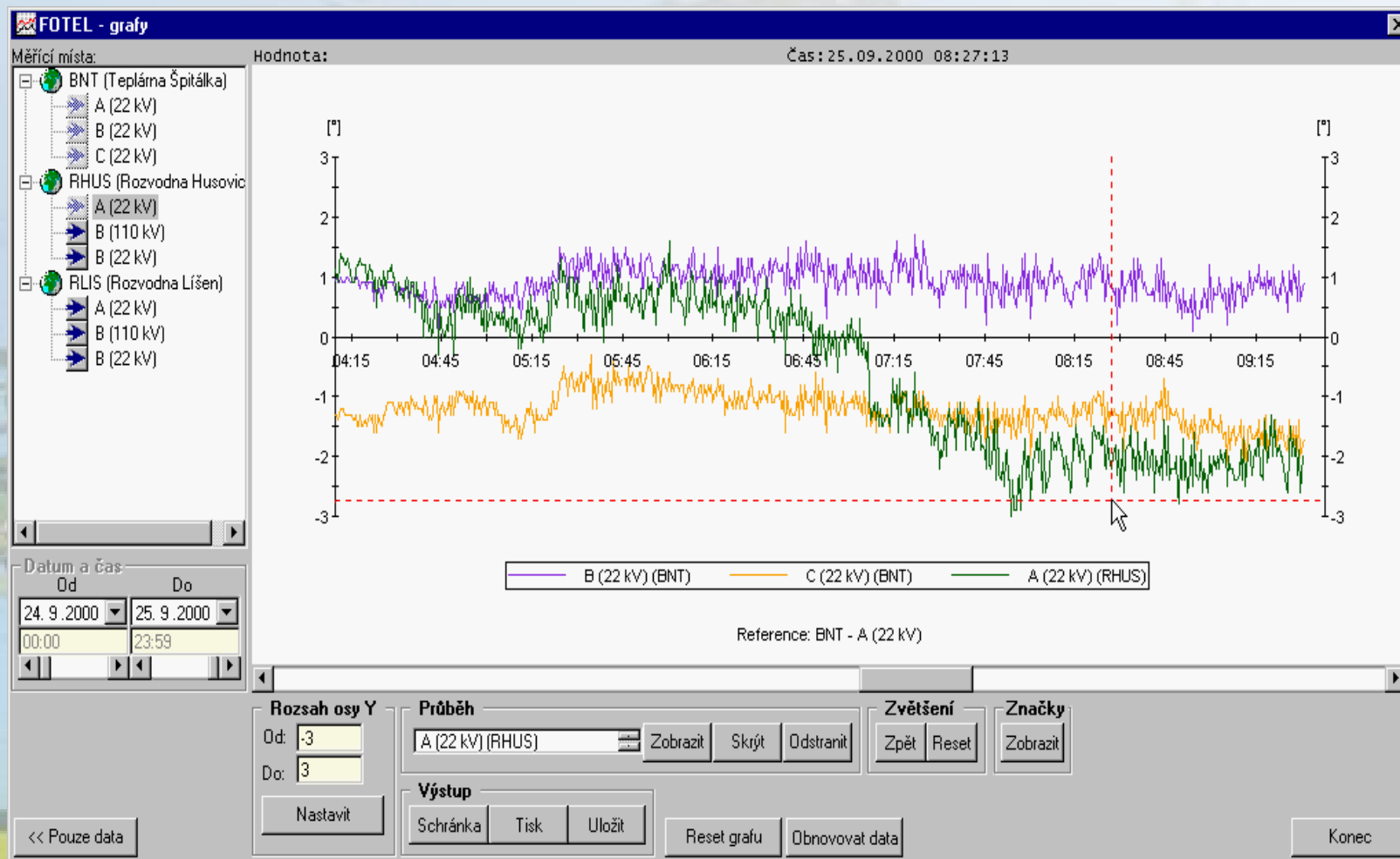
Aplikace využívají datové soubory frekvence a fázorů v úrovni monitorování:

- Monitorování úhlů mezi uzly sítě
- Kontrola podmínek pro spínání
- Výpočet frekvence, monitorování, analýza změn
- Analýza frekvence na propojených profilech
- Monitorování úhlů a amplitudy fázorů napětí a jejich dynamických změn
- Podpora přesnějšího a rychlejšího výpočtu estimace stavu
- Podpora modelování a testování chodu sítě pomocí souboru stavových veličin reálného stavu
- Záznam průběhu poruchových dějů
- Monitorování oscilací v síti
- Spektrální analýza frekvence

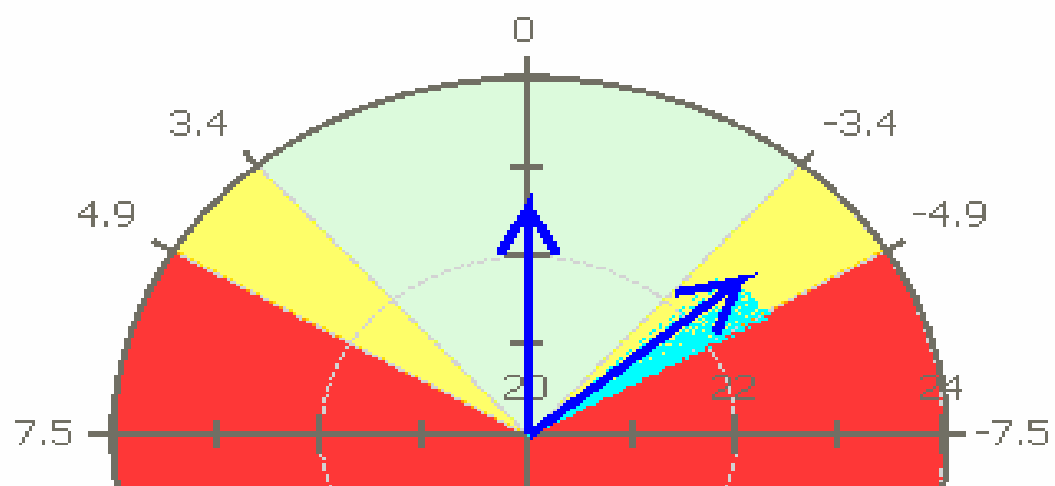
Příklad přínosů použití WAM v DS

- **Přípustnost spínání, kruhování, ostrovy**
 - Vyloučení chybných manipulací, snížení počtu vypnutí ochranou
 - Snížení počtu přípravných manipulací na úrovni 110kV při kruhování
 - Zkrácení času obnovy napájení po poruše, zvláště po rozsáhlých výpadcích
 - Snadnější připojování ostrovů
- **Zpřesnění estimace ustáleného stavu soustavy**
- **Předcházení poruch a snížení nedodávek použitím výsledků analýzy poruch**

Časový průběh SF



Podmínky pro bezpečné spínání



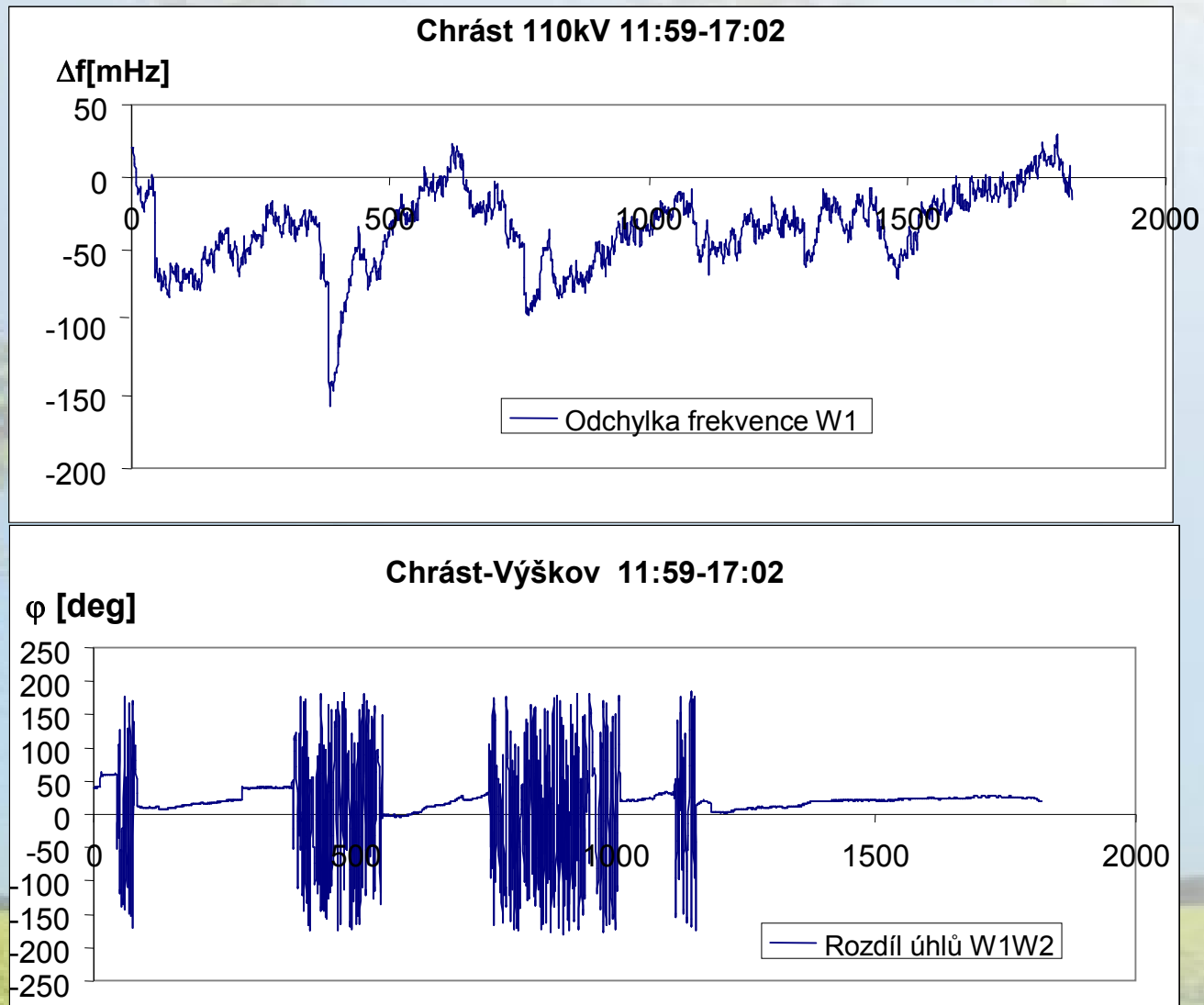
Referenční: Rozvodna1 $U = 22.5 \text{ kV}$ $\varphi = 0^\circ$
Protěžší: Rozvodna2 $U = 22.7 \text{ kV}$ $\varphi = -4.1^\circ$

Vedení: V1234

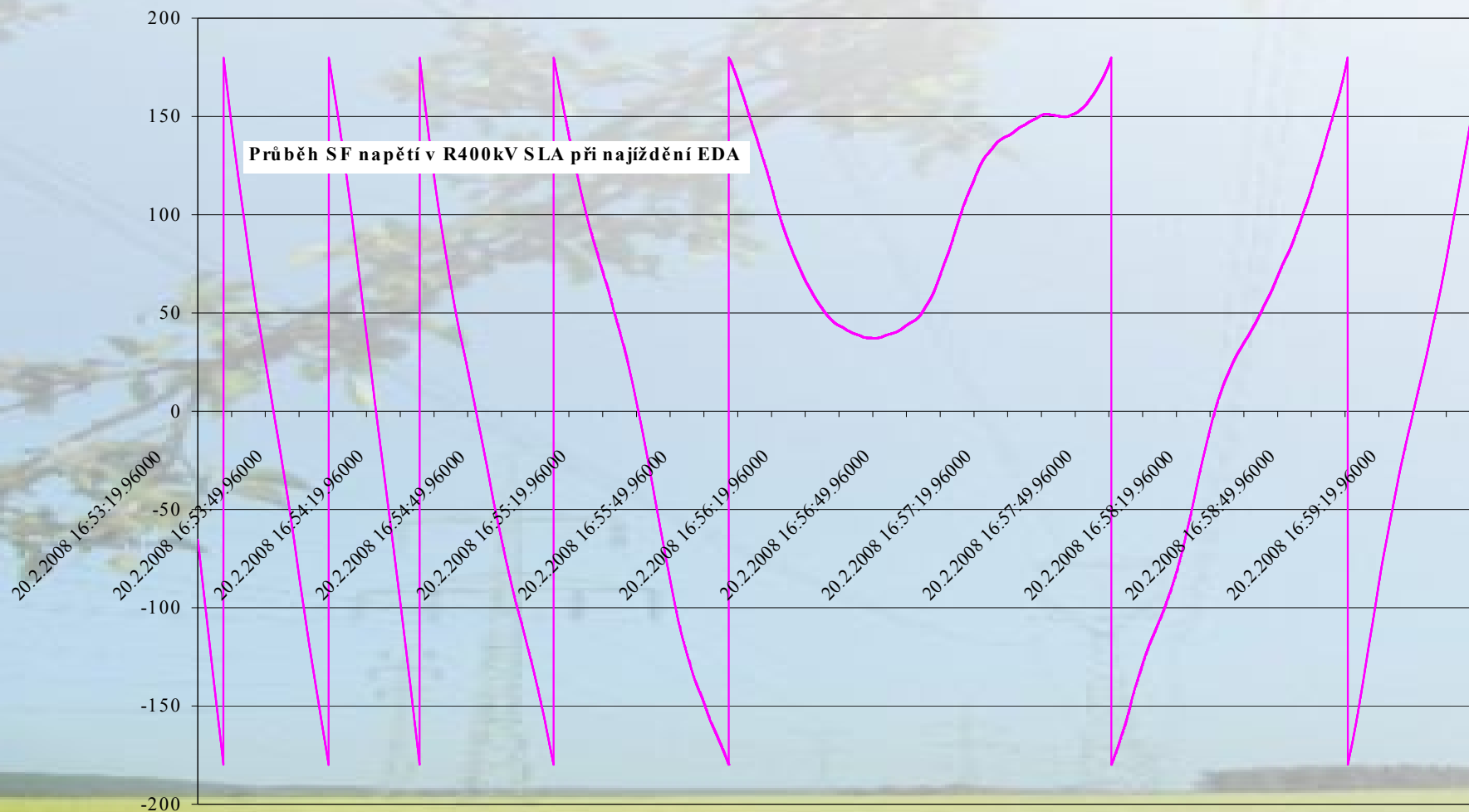
Směr: Rozvodna1 \rightarrow Rozvodna2, Odhad $\sim 170.1 \text{ A}$

04.03.2007 04:56:00

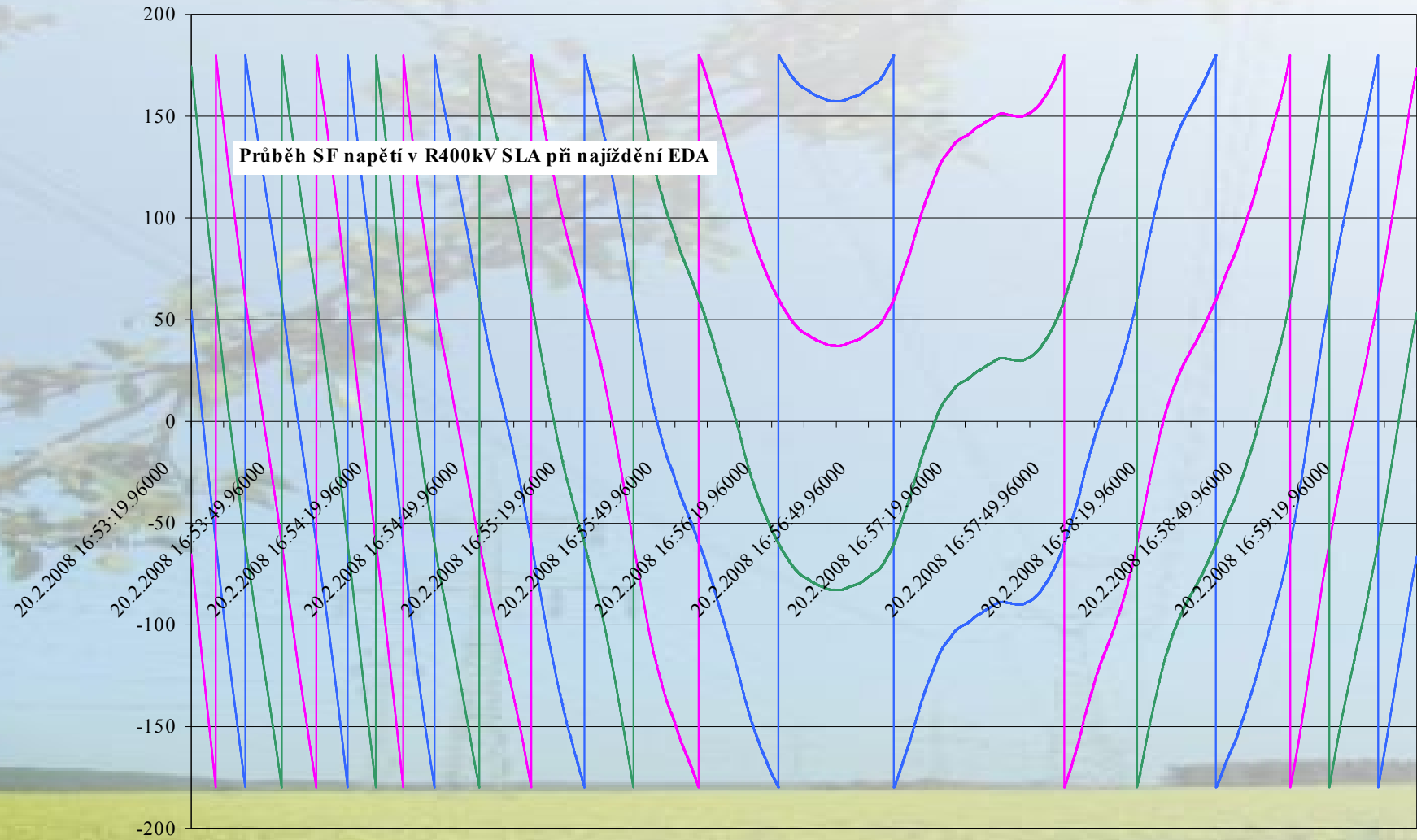
Monitorování – analýza - stav nouze 25.7.2006



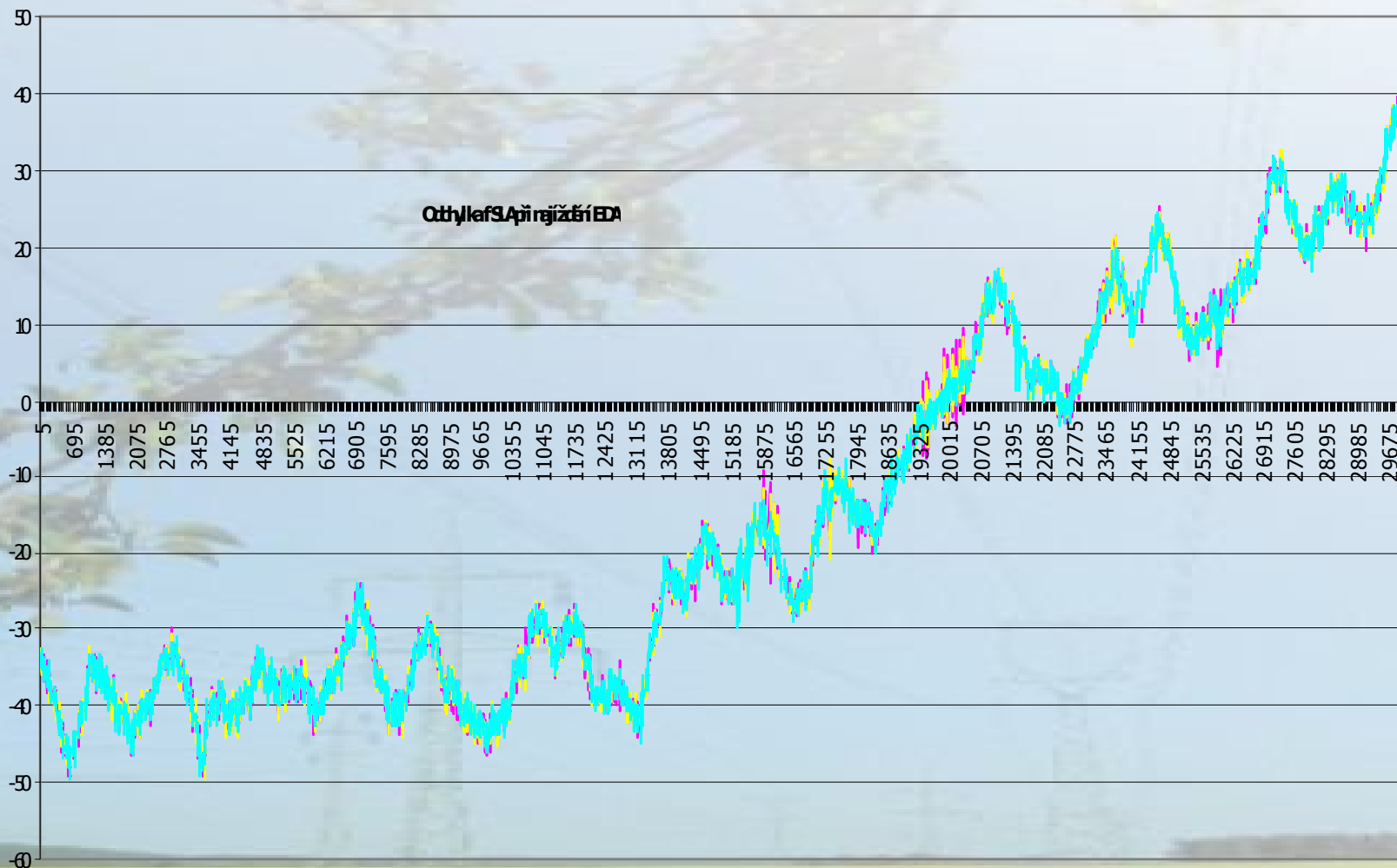
SF napětí R400kV SLAVĚTICE



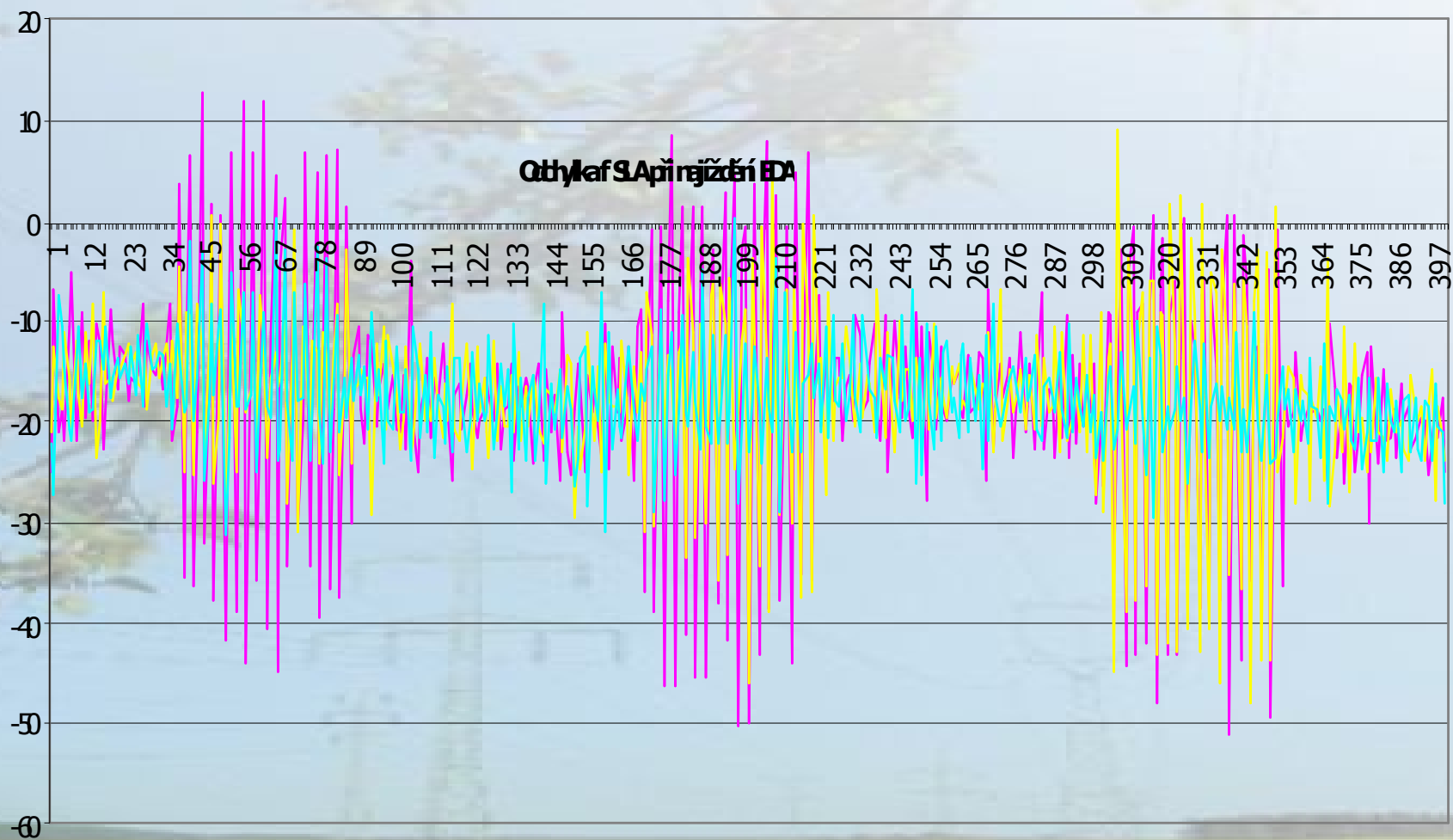
SF napětí R400kV SLA



Odchylka kmitočtu SLA při najíždění EDA



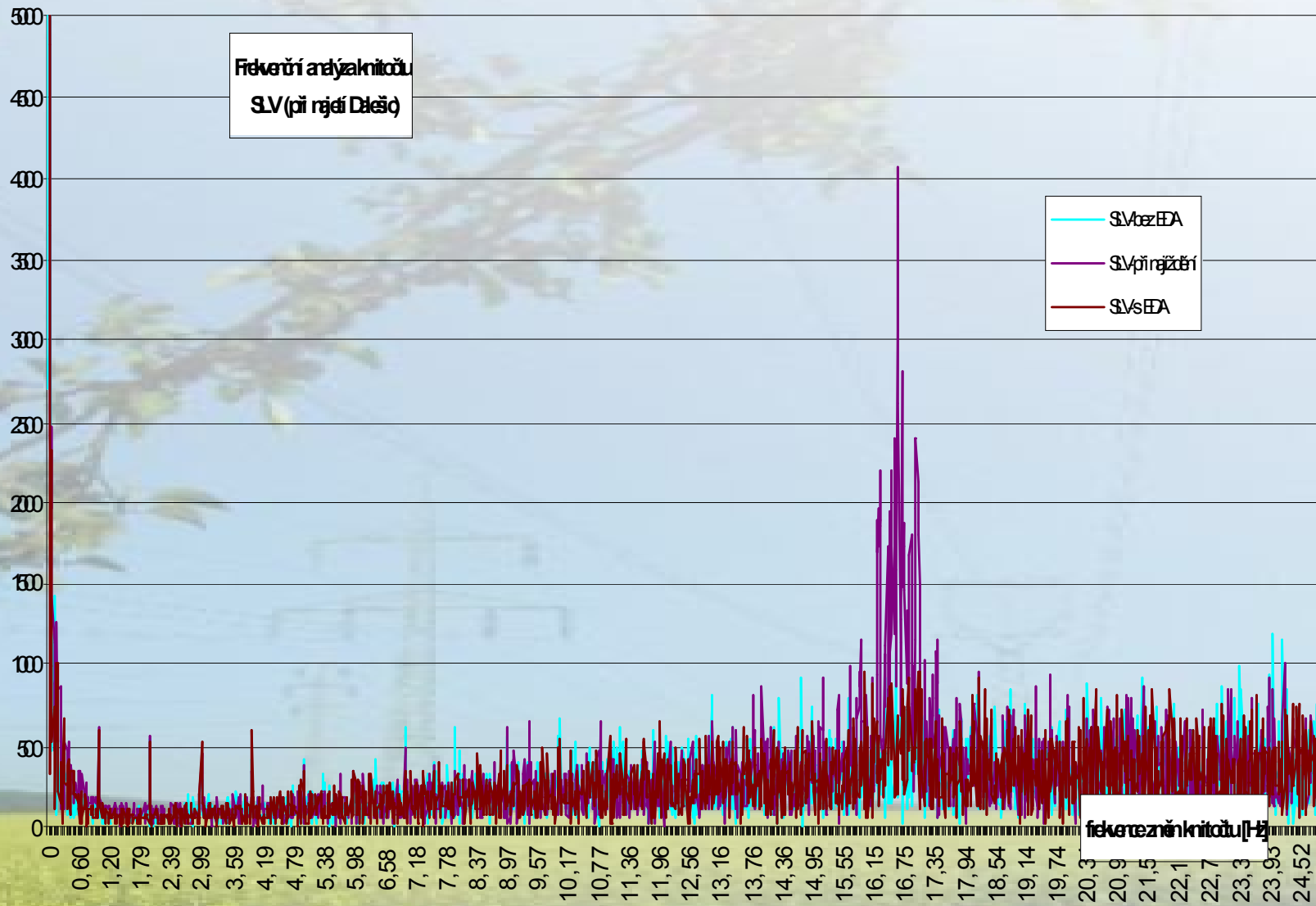
Odchylka kmitočtu SLA při najíždění EDA



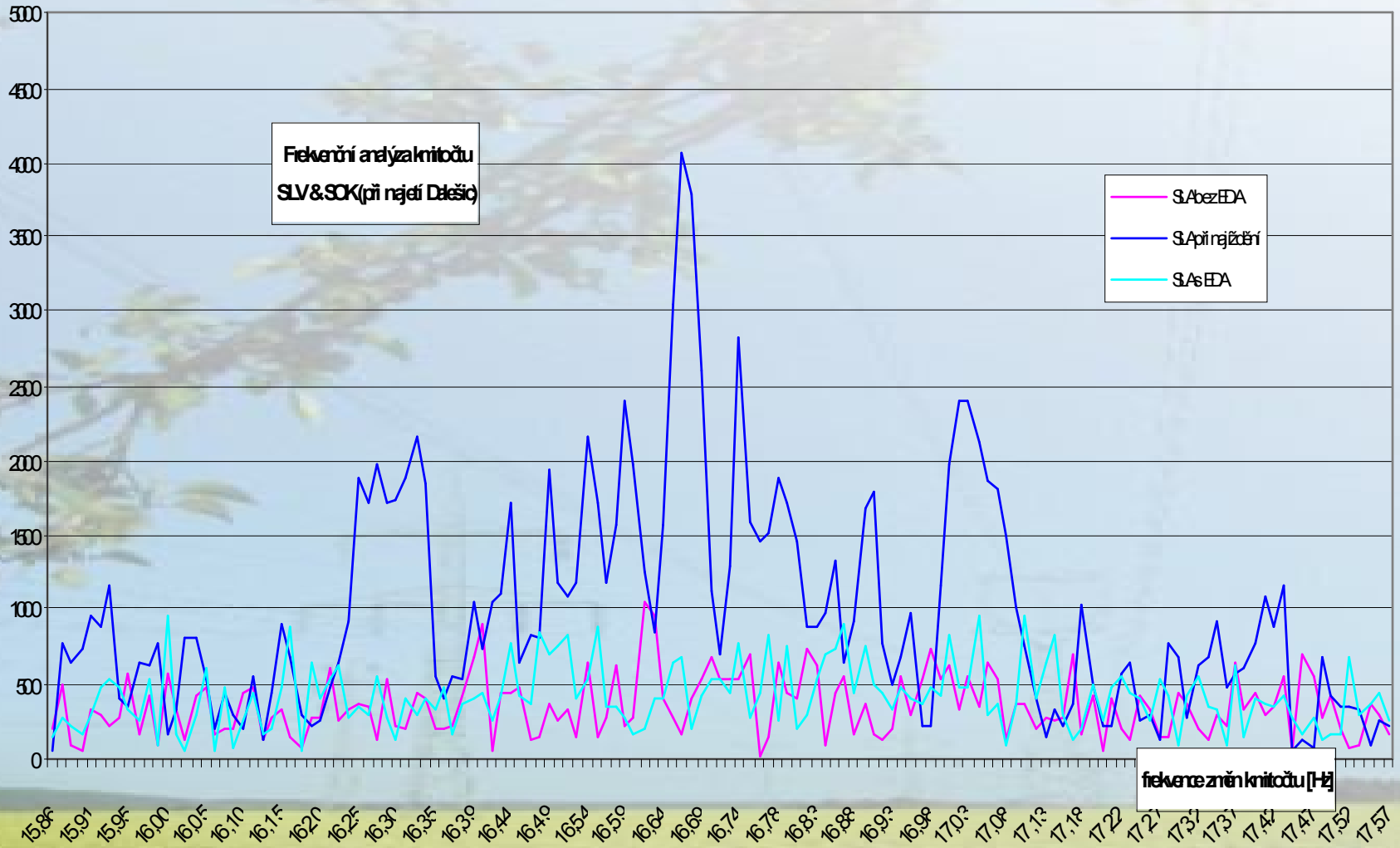
Analýza oscilací

- Při analýze oscilací kmitočtu nebo napětí lze vyhodnotit
 - Frekvenci oscilací
 - Amplitudu oscilací
 - Tlumení oscilací
 - Vzájemnou fázi oscilací

Frekvenční analýza kmitočtu sítě



Frekvenční analýza kmitočtu sítě



Estimace stavu

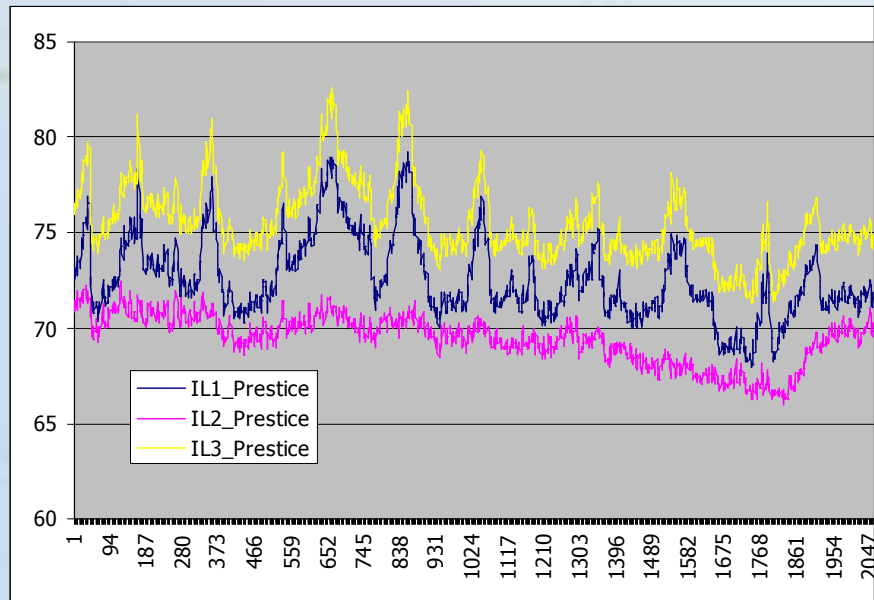
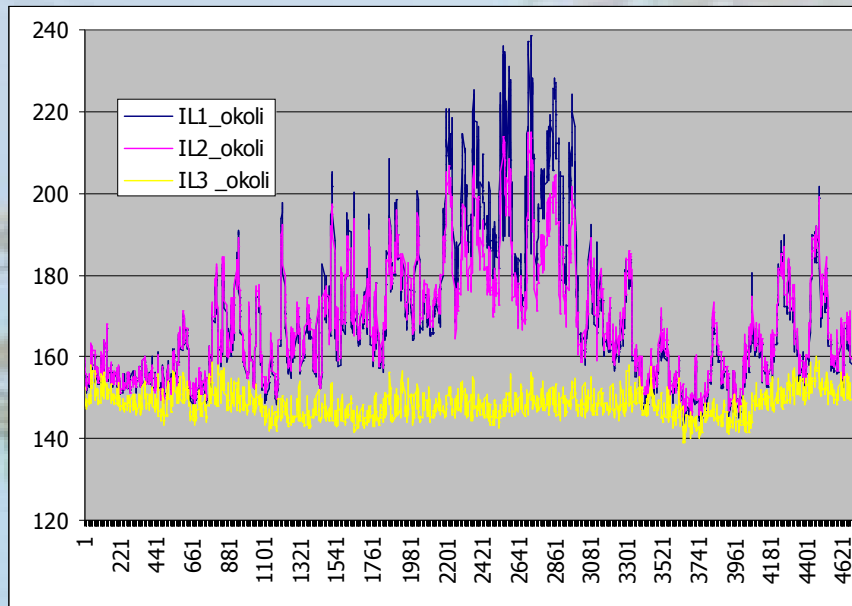
- Klasické estimační programy jsou zatíženy chybami.
- Významného zpřesnění estimací stavu lze dosáhnout použitím synchronních fázorů napětí v uzlech jako další vstupní veličiny do algoritmu estimace.
- P, Q, U, I použité jako vstupy pro estimace jsou nesoučasnými vstupy. Nesoučasnost je způsobena např. použitím Δ -kritéria, různou dobou zpracování v ŘS a přenosu
- Programy pro výpočet chodu sítě, estimace a další počítají s 1. harmonickou, použité vstupní veličiny jsou efektivními hodnotami zahrnující všechny harmonické. Tato chyba je významná zvláště u proudů

WAM: SF jsou z principu veličiny současné s velkou přesností.

SF jsou reprezentovány úhlem a hodnotou první harmonickou měřené veličiny

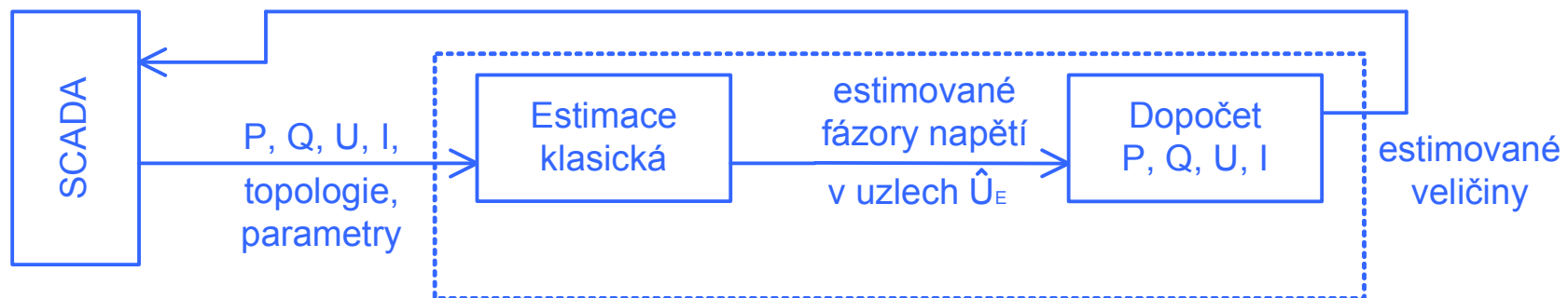
Estimace stavu

- Programy používají 1-fázový model, který je použitelný s fázovými hodnotami pouze při symetrickém zatížení.
- Příklad průběhu zatížení 3-fází v síti 110kV:

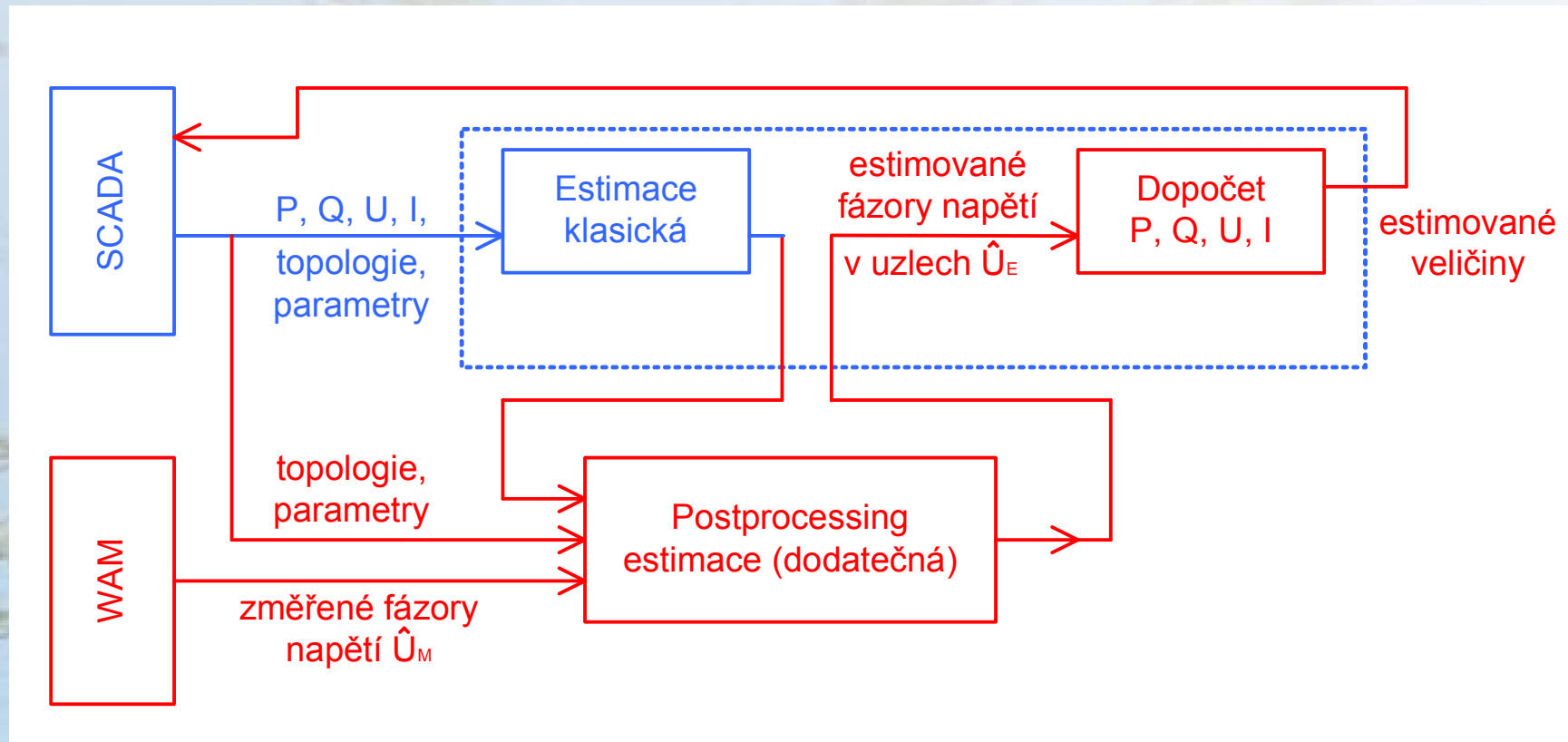


WAM: Vliv nesymetrie je možné snížit 3-fázovým měřením a použitím sousledné symetrické složky.

Struktura klasické estimace



Struktura estimace s využitím WAM - „postprocessing“.



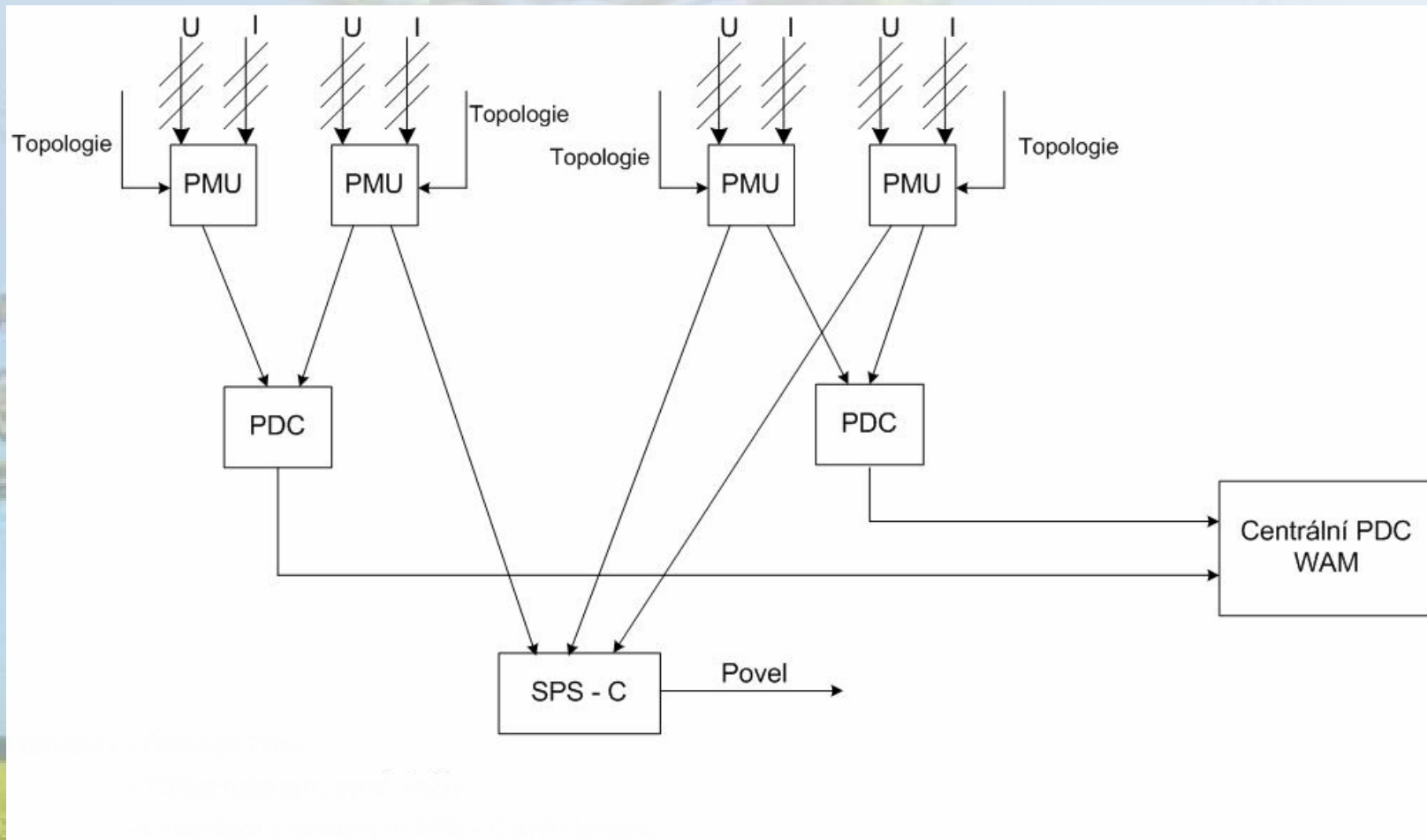
Existuje více metod

Součinnost WAM a chránění – WAP - SPS

- **Systemy WAP:**

- Standardní ochrany se orientují na chránění objektů – vývod, vedení, trafo, soustava přípojníc apod.
- WAP umožňuje chránění většího souboru objektů, např. oblasti kolem elektrárny, dlouhého vedení přes více el. stanic apod.
- WAPS obvykle vyžadují rychlejší reakce, než poskytuje standardní struktura WAMS.
- Pro zajištění rychlé odezvy se nad podmnožinou WAM vytvoří struktura Special Protection Schema (SPS).
- V jedné struktuře WAP-SPS jsou zpracovávána data, které řeší požadovanou chránicí funkci.

Struktura WAMS-SPS



Fázorová měření v DS ČR

Říjen 2007:

122 stanic 22kV a 110/22kV

> 700 fázorů U: 10,22,35 a 110 kV

