



Sledování kvalitativních parametrů elektřiny při jejím transportu

Doc. Ing. Daniel Kaminský, CSc.

Ing. Jiří Hula, Ph.D.

ELCOM, a.s.



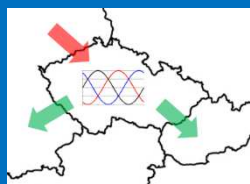
ELCOM, a.s.

- Založena v roce 1990
- Ryze česká společnost
- 165 zaměstnanců
- Rating společnosti D&B je 1A2



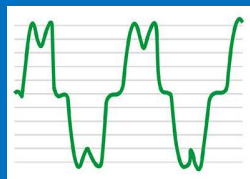
-
- Zaměření společnosti: Elektrotechnika a měřicí a testovací technika

Úrovně monitoringu elektrické energie



Globální měřicí systémy pro monitoring fázorů (WAMS)

na nadnárodní úrovni, přenosová soustava



Komplexní měření kvality elektřiny

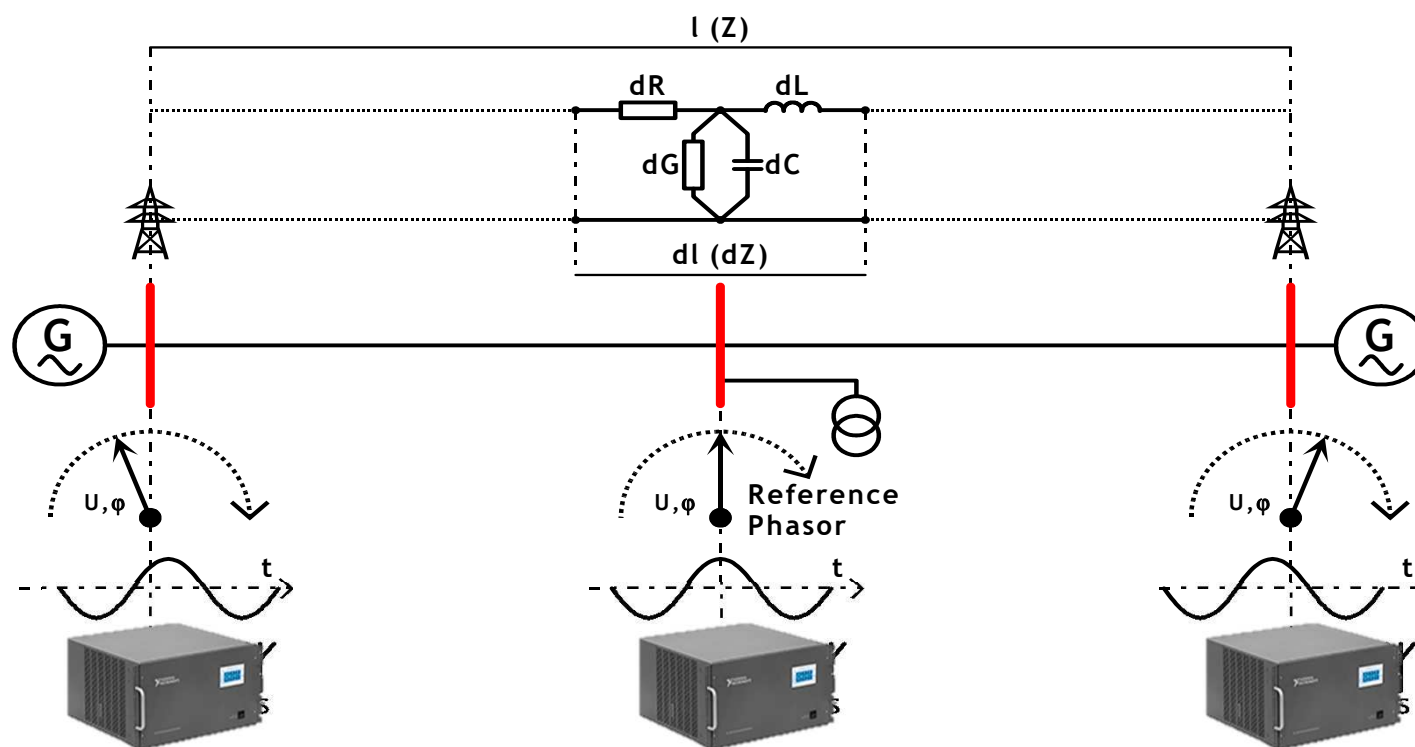
na národní úrovni, mezi přenosovou a distribuční soustavou



Detailní energetický monitoring podniku

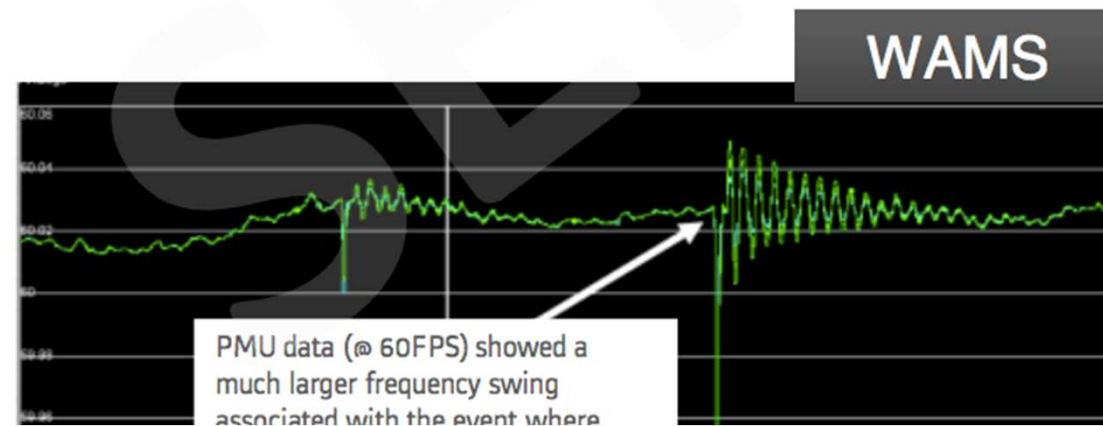
na úrovni lokální distribuční sítě

Synchronní měření fázorů

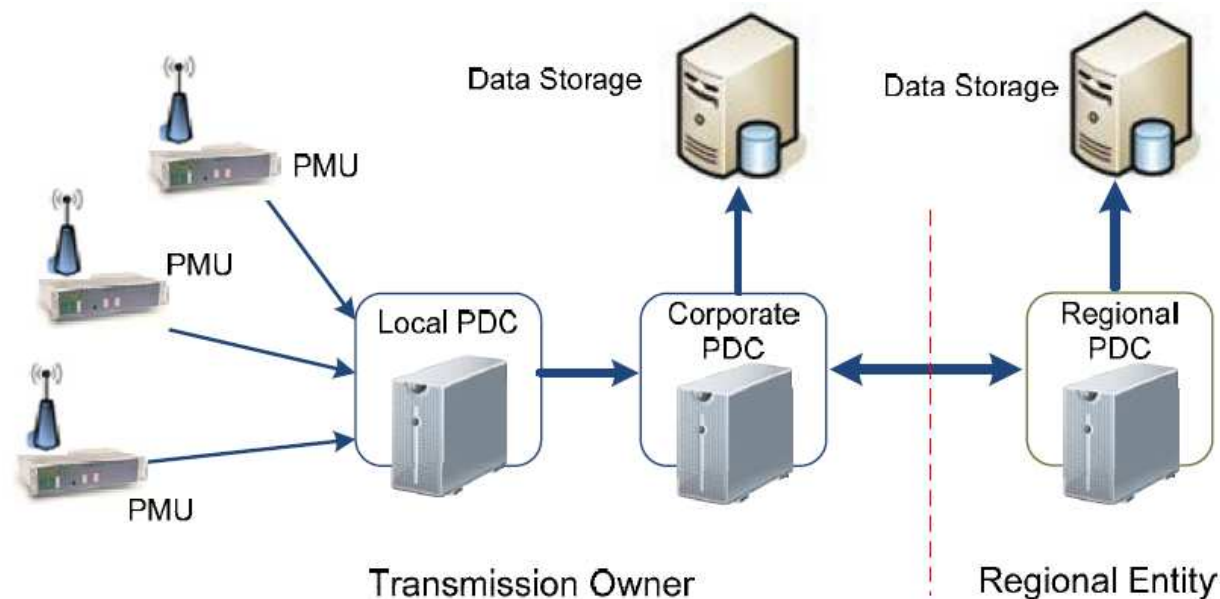




SCADA versus WAMS



Typická architektura WAMS

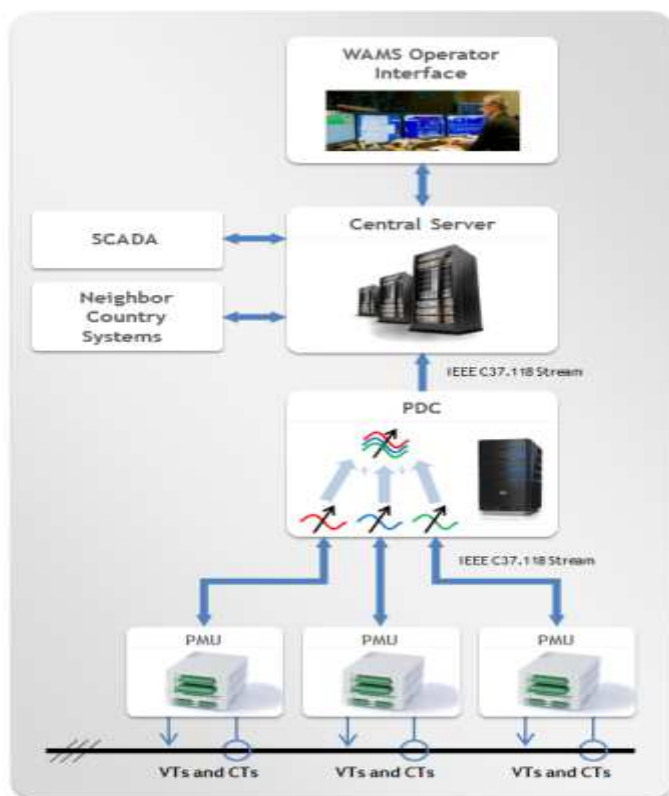


- **Defined by IEEE standards**
 - Measurement: C37.118.1
 - Communication: C37.118.2 and IEC 61850-90-5
 - Installation and Calibration: C37.242

Source: IEEE C37.118/2011 standard



Wide Area Monitoring System



WAMS Operátorský interface

WAMS Centrální Server

Datový koncentrátor fázorů (PDC)

Měřicí jednotka fázorů (PMU)



Wide Area Monitoring System (1)

Rozdíl fázových úhlů v různých místech přenosové sítě indikuje její stav, a umožňuje tak dřívejší odhalení nežádoucích stavů jako je ostrovní provoz (Islanding) nebo dokonce výpadek (Blackout).

Pro měření fázových úhlů a amplitud napětí a proudu (souhrnně zvané fázory) tzv. Phasor Measurement Unit (PMU). Tyto přístroje jsou synchronizovány s časem pomocí GPS aby bylo možno přesně vyhodnocovat rozdíly fázových úhlů mezi jednotlivými body přenosových soustav.

Synchronní měření fázorů napětí a proudu z rozsáhlého území propojených přenosových soustav jsou vstupem pro analytické funkce systému WAMS.



Wide Area Monitoring System (2)

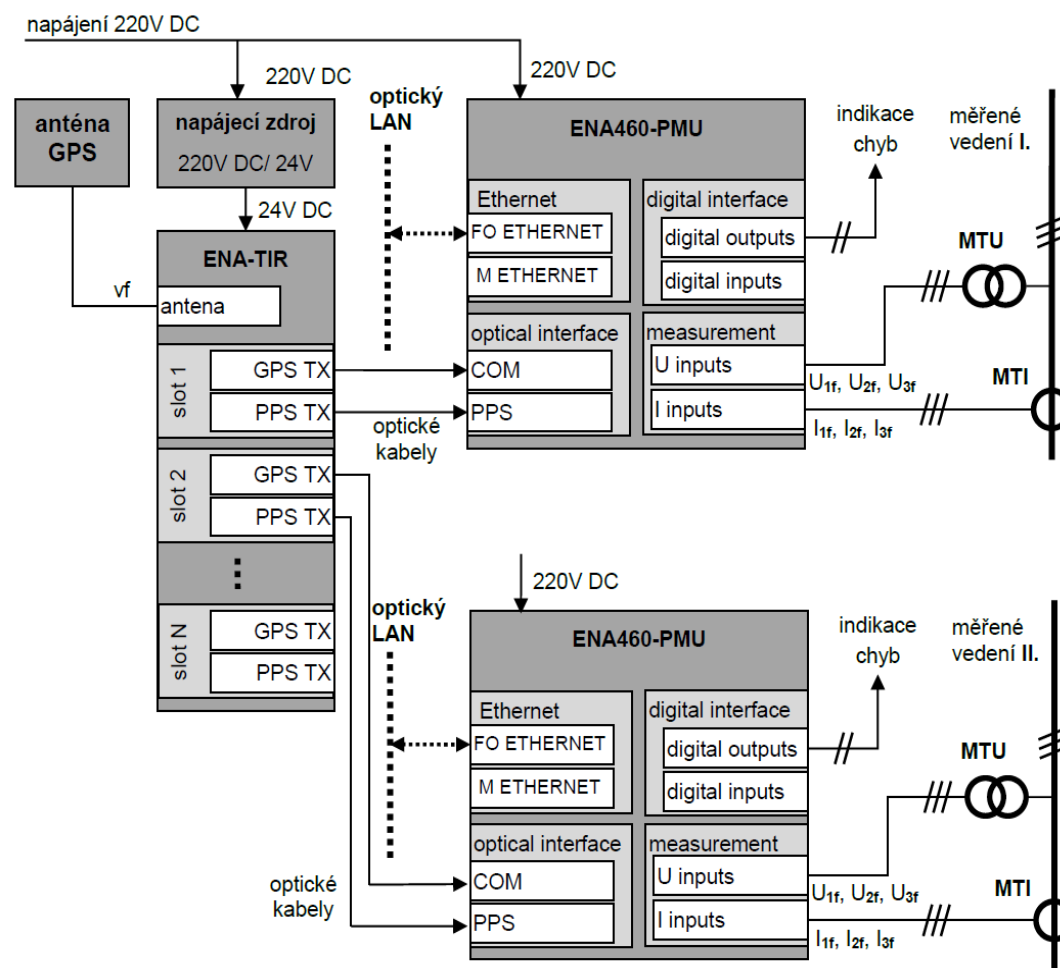
Přístroje PMU jsou připojeny k elektrické síti přes měřicí transformátory napětí a proudu. Kontinuálně vyhodnocují amplitudu napětí a proudu, fázový úhel a frekvenci v daném místě sítě. Pomocí protokolu IEEE C37.118 tyto hodnoty zasílají 50x za sekundu do centrálního systému.

ELCOM ENA460-PMU

- 4 napěťové a 4 proudové vstupy
- Vyhodnocuje fázory U a I (s TVE menší než 0.5 %), frekvenci, sousledné složky U a I
- Komunikuje dle IEEE C37.118-2005
- GPS jako externí modul
- Doplnkově i digitální vstupy/výstupy

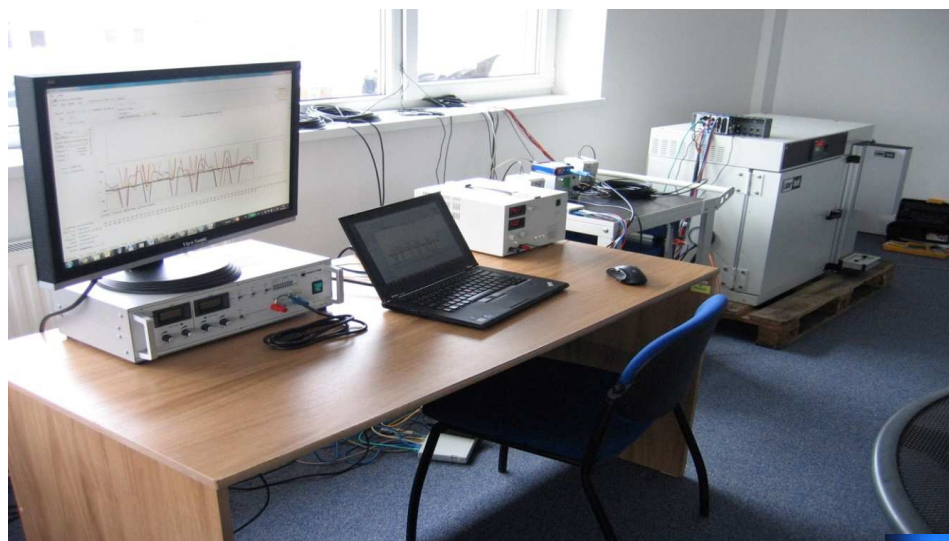


Architektura PMU

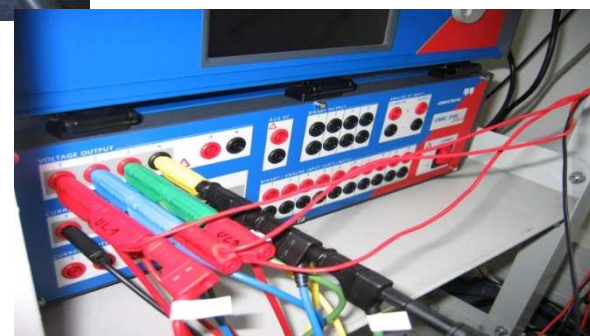




Adjustace a kalibrace

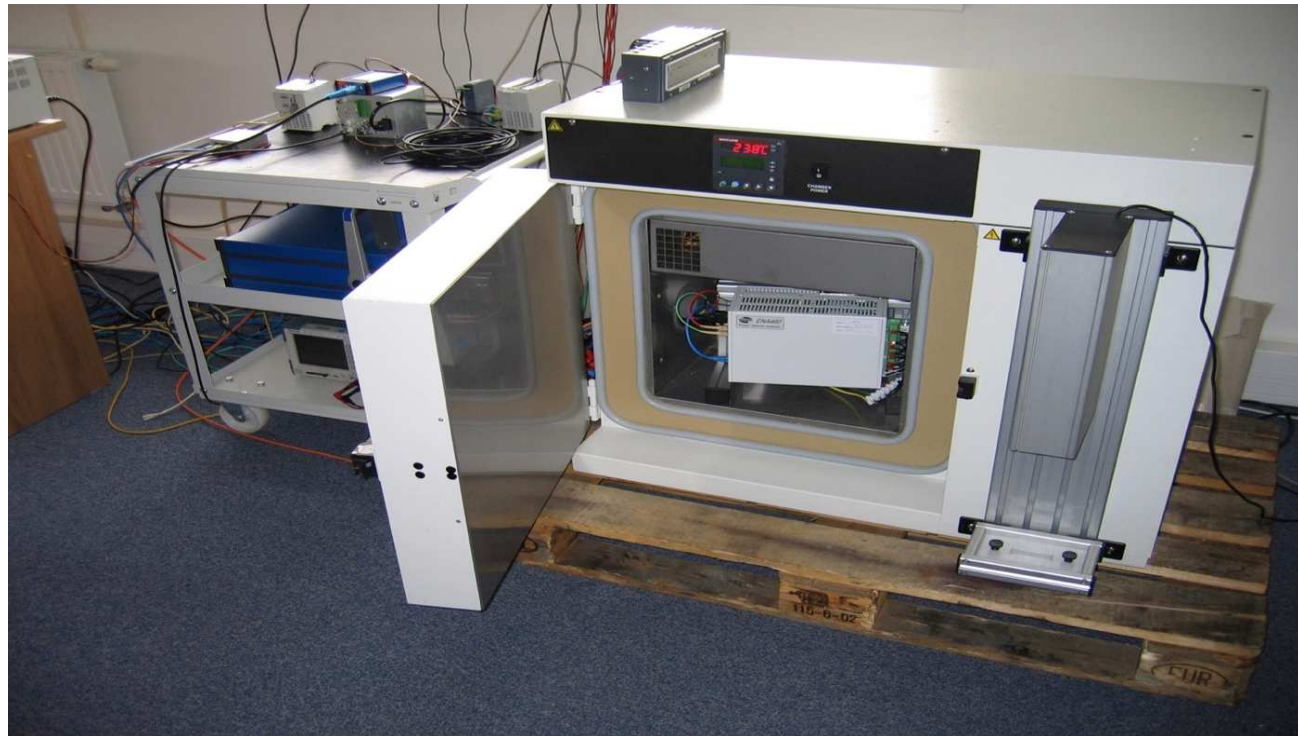


- ELCOM Laboratoř
 - HP kalibrátor
 - Omicron tester
 - Teplotní komora





Adjustace a kalibrace

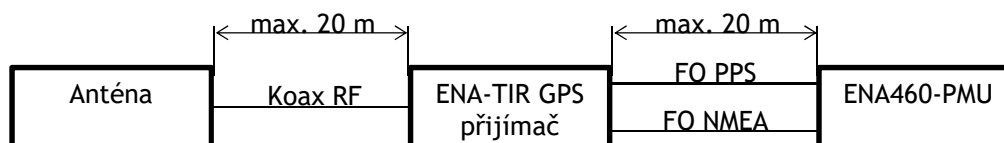
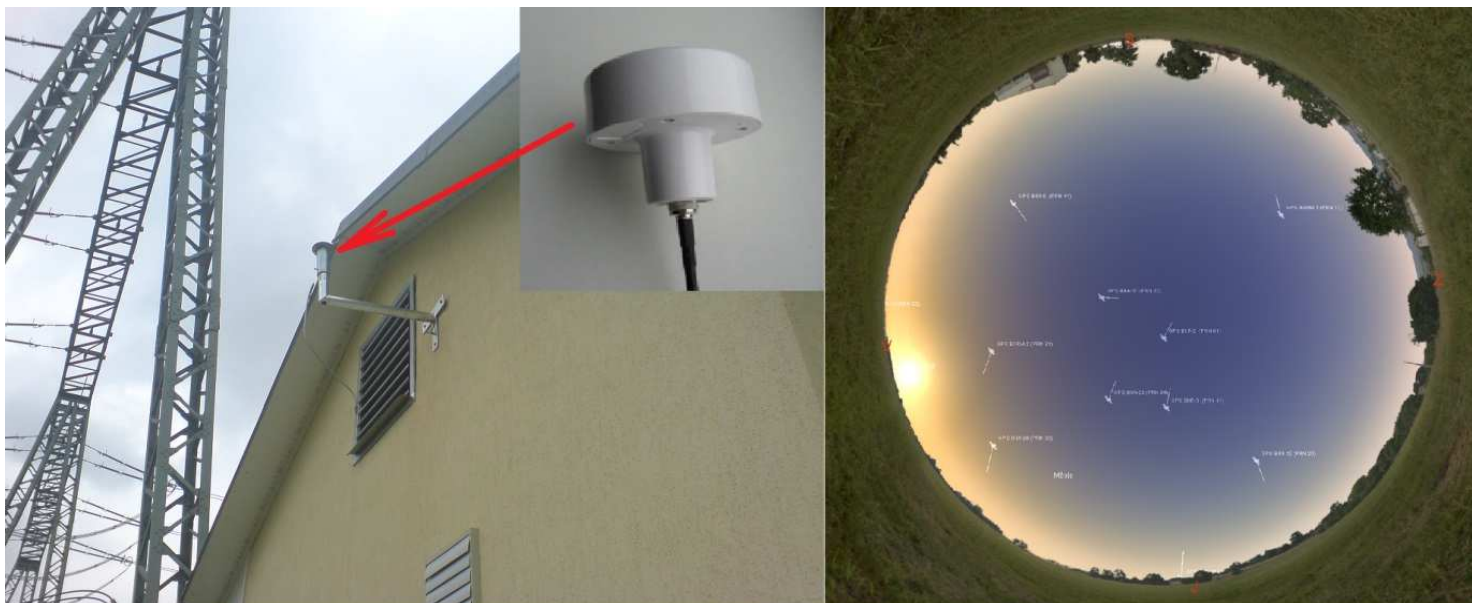




GPS přijímač ENA-TIR

- Core of the solution is based on TELIT chip supporting GPS and GLONASS standards
- ENA TIR is connected with ENA-PMU via fiber optic cables
- The precision of rising edge of PPS signal is better than $1 \text{ us} = 0.018^\circ$

Instalace GPS přijímače





PDC (Phasor Data Concentrator)

- Přijímá C37.118 datové streamy z PMU jednotek
- Vysílá jeden agregovaný datový stream C37.118 na datový server(y)
- Funguje jako záložní datový buffer pro případ selhání komunikace mezi rozvodnami a centrálním datovým serverem(y)
- Monitoruje a poskytuje diagnostické informace o WAMS využitím EIC ...104
- Embedded PC s OS Debian Linux



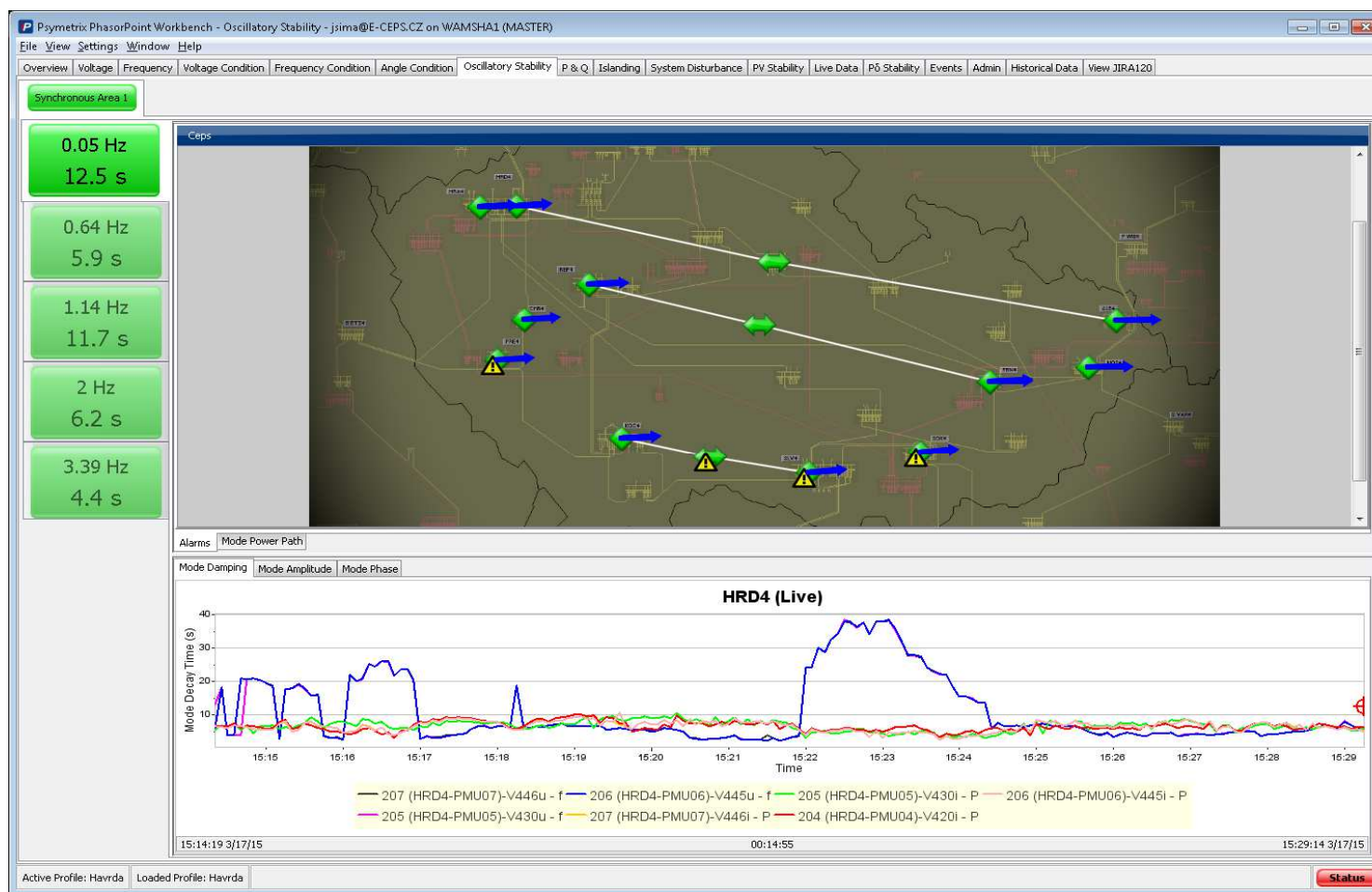
Serverová aplikace WAMS - PhasorPoint™

Na centrálním serveru běží aplikace PhasorPoint firmy Psymetrix Ltd. (pařící do skupiny GE). Hlavní funkcionality jsou:

- **Monitoring a vizualizace fázorů**
 - Při překročení limitů pro fázové rozdíly se vyhláší upozornění.
- **Ostrovni provoz, resynchronizace a detekce „blackoutu“**
 - Aplikace PhasorPoint má integrovaný nástroj pro real-time identifikaci ostrovních provozů a poskytuje informace pro následnou resynchronizaci
- **Detekce oscilací**
 - Tento modul je analytická aplikace která obsahuje také vizualizaci přenosové soustavy a jejich oscilačních módů
- **Monitorování statické stability**
 - Na základě naměřených hodnot fázorů PhasorPoint vypočítává okamžitou rezervu statické stability v daném přenosovém koridoru a zobrazuje je v $P=f(\delta)$ grafu
- **Monitorován napěťové stability**
 - PhasorPoint vypočítává a zobrazuje křivky Výkon-Napětí a Výkon-Fázový úhel



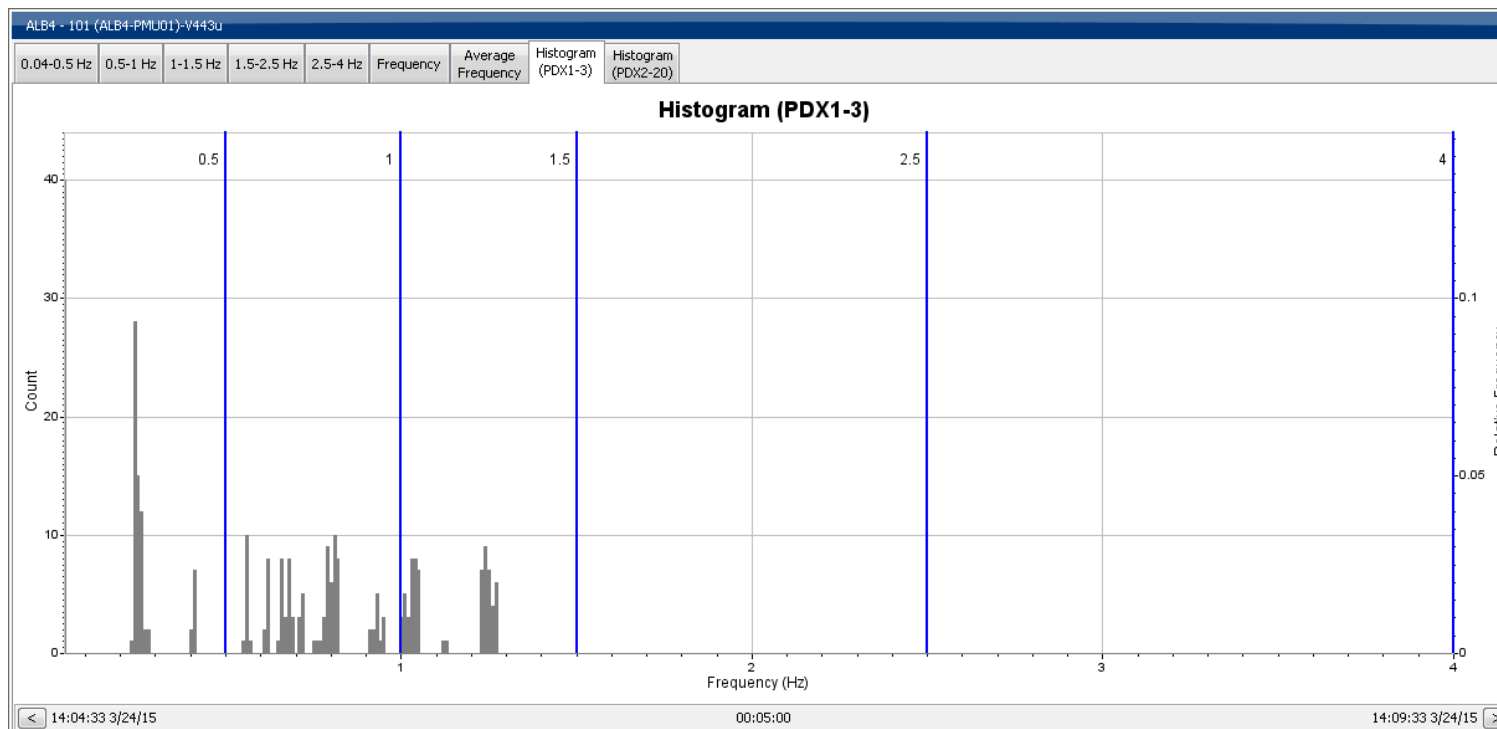
Detekce a analýza oscilací





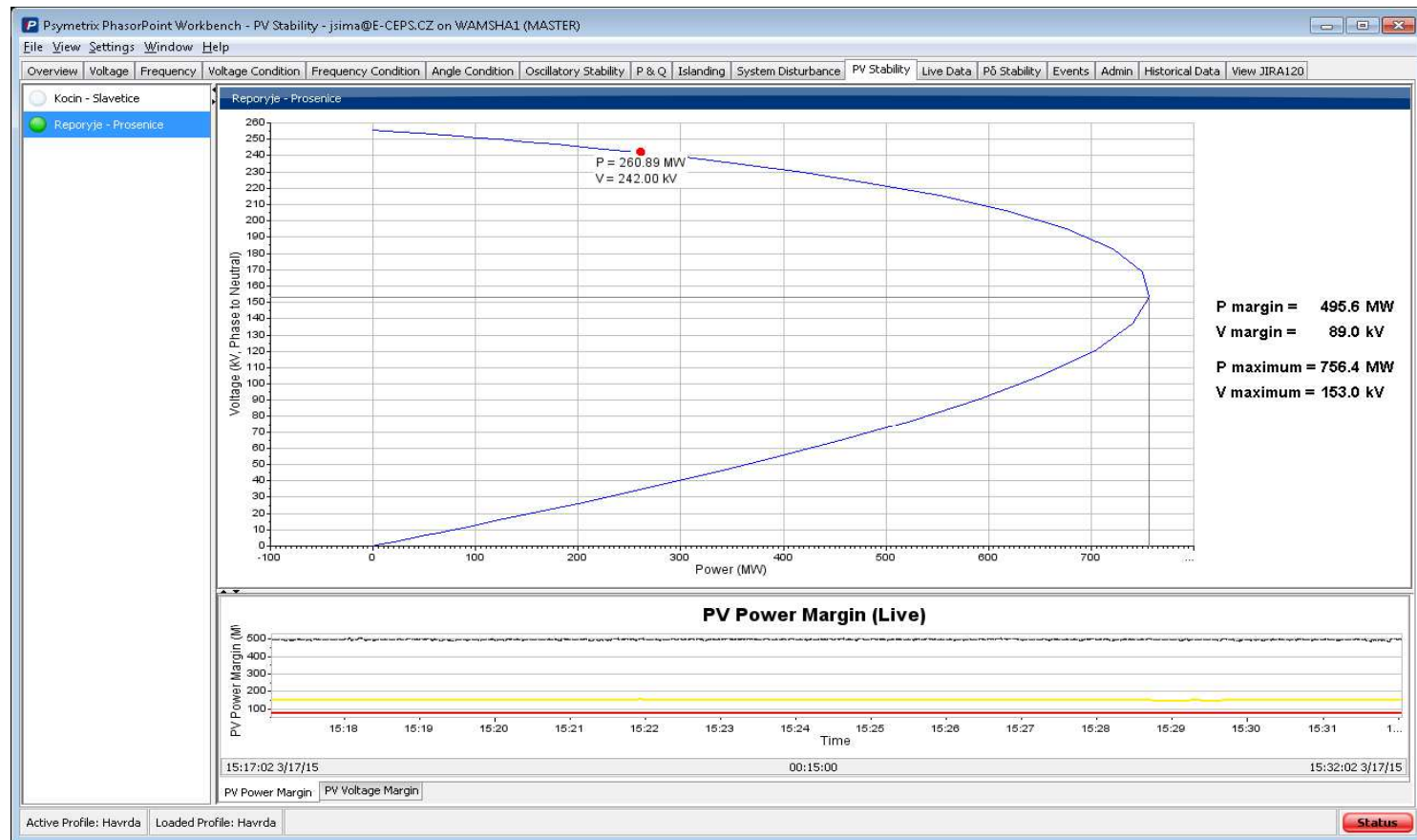
Detekce a analýza oscilací

Histogram oscilací





Aplikace P-V a P-delta





Wide Area Monitoring System (3)

Centrální systém - hlavním úkolem systému je přijímat a ukládat data přicházející z PMU. Je schopen detekovat a dále přenášet alarmy a chybová hlášení, poskytuje matematické výpočty zajišťuje komunikaci s jinými externími systémy (např. SCADA)

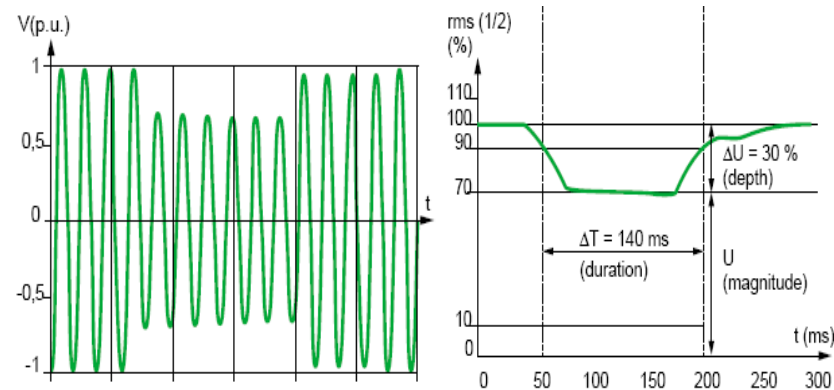
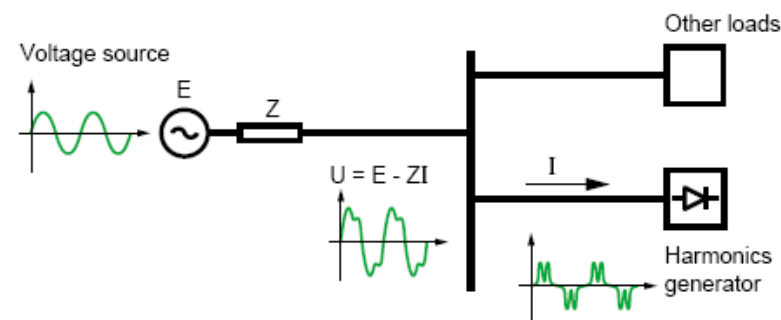
Systém PhasorPoint

- Monitoring fázorových úhlů
- Detekce a monitoring ostrovních provozů
- Detekce a analýza oscilací
- Detekce snížení rezervy statické stability
- Monitorování stability napětí

Měření kvality elektřiny (1)

Na elektřinu lze pohlížet jako produkt, musí tedy splňovat určité kvalitativní parametry. Ty jsou definovány řadou vzájemně provázaných norem (EN50160, 61000-4-30, 61000-4-15, 61000-4-7). Měřené veličiny jsou tyto:

- Síťový kmitočet
- Velikost napájecího napětí
- Flikr (kolísání napětí)
- Krátkodobé poklesy a zvýšení napětí
- Přerušování napětí
- Nesymetrie napájecího napětí
- Harmonické napětí a mezipharmonické napětí
- Napětí síťových signálů na napájecím napětí
- Rychlé změny napětí





Měření kvality elektřiny (2)

Přístroje pro měření kvality elektřiny podobně jako PMU měří napětí a proudy ať již přímo, přes měřicí transformátory nebo pomocí kleští. Způsob měření je definován normami, všechny analyzátory firmy ELCOM splňují požadavky dle ČSN EN 61000-4-30 Třídy A

Funkce našich analyzátorů kvality elektřiny

- FFT analyzátor
- Monitor energií a výkonů
- Napěťový monitor dle EN50160
- Symetrické komponenty
- Telegramy (HDO)
- Transientní zapisovač - Uloženo časové okno s vzorkovací frekvencí 9600 vzorků/sekundu (přímé průběhy napětí a proudu) po dobu až 60 sekund s pre-triggerem 1,2 sekundy
- Zapisovač pomalých dějů (disturbance) - Uloženo časové okno s vzorkovací frekvencí 1 vzorek za půl-periodu (půl-periodové RMS hodnoty) po dobu až 10ti minut s pre-triggerem 30 sekund
- Impedance
- Digitální vstupy



Měření kvality elektřiny (3)

Vybrané přístroje





ENA NGX - New Generation of ENA PQA and PMU based on NI-SOM

Nová měřicí platforma ENA-NXG firmy ELCOM je postavena na modulární architektuře, umožňující kombinaci CPU modulu, a až 6-ti vstupních modulů do jednoho měřicího přístroje. Vstupní moduly poskytují vstupní izolaci, filtraci a A/D převod a poskytují data na digitální sběrnici. CPU modul je vybaven nejprve FPGA polem přijímajícím a zpracovávajícím data z digitální sběrnice. Dále je CPU modul vybaven samotným RT kontrolérem, na kterém běží samotný měřicí firmware, ukládání dat a rozhraní. Výsledná funkcionality ENA-NXG je tedy přímo definována počtem a typem vstupních modulů a samotným měřicím firmwarem.





ENA-NXG:CPU

- ENA-NXG-CPU.A
 - CPU modul je postaven na bázi NI-SOM (dvoujádrový 667 MHz procesor, FPGA pole, real-time OS, NI LabVIEW) spolu s 8-32 GB SD kartou, Ethernetem, sériovým portem, USB portem pro stahování dat a propojení s PC, napájení 24V DC
- ENA-NXG-CPU.B
 - ENA-NXG-CPU.A včetně interního GPS přijímače
- ENA-NXG-CPU.C
 - ENA-NXG-CPU.A včetně optického rozhraní k ENA-TIR (ENA-TIR je externí GPS přijímač)

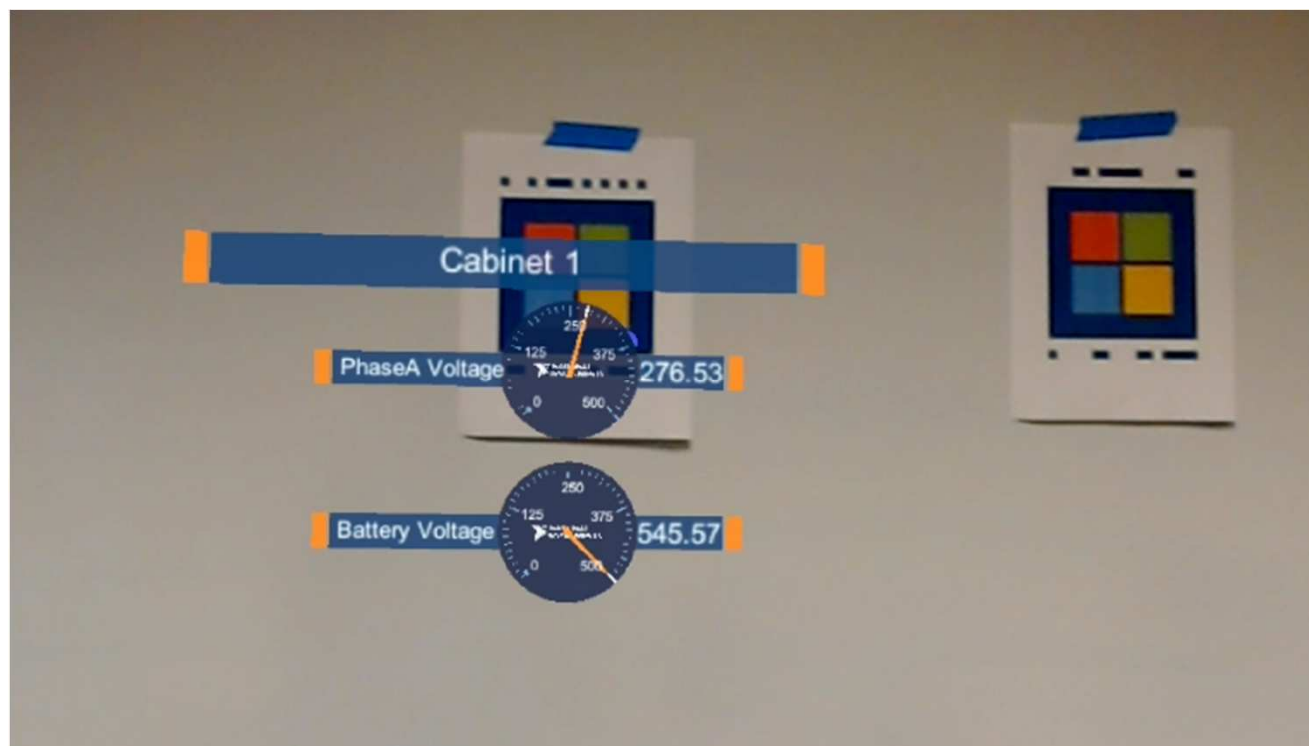


ENA-NXG:Moduly

- ENA-NXG-HVI.A
 - 4-kanálový vysokonapěťový modul, rozsah 300V RMS (měřitelné do 600V RMS), 16/32 kSa/k, 6kV izolace, určen pro přímé měření napětí
- ENA-NXG-HVI.B
 - ENA-NXG-HVI.A modul rozšířený o další 4 nízkonapěťové vstupy, rozsah 1V RMS, 16 kSa/k, 2.5kV izolace. Rozšiřující vstupy jsou použity pro nepřímé proudové měření pomocí proudových transformátorů XX A / 330 mV. Tímto modulem lze měřit kompletní třífázový systém (4U, 4I)
- ENA-NXG-LVI.A
 - 16-kanálový nízkonapěťový modul, rozsah 1V RMS, 16kSa/k, 2.5kV izolace. 2 kanály lze přepnout na měření teploty/PT1000, Nepřímé proudové měření s transformátory XX A / 330 mV
- ENA-NXG-LVI.B
 - 8-kanálový nízkonapěťový modul, rozsah 1V RMS, 16/32 kSa/k, 2.5kV izolace. Nepřímé proudové měření s transformátory XX A / 330 mV
- ENA-NXG-HCI.A
 - 5-kanálový proudový modul, rozsah 1A RMS, 16/32 kSa/k, Přímé proudové měření s transformátory XX A / 1 A
- ENA-NXG-HCI.B
 - 5-kanálový proudový modul, rozsah 1A RMS, 16/32 kSa/k, Přímé proudové měření s transformátory XX A / 1 A
- ENA-NXG-DI
 - 16-kanálový modul digitálních vstupů



Využití MS HoloLens pro měření PQ parametrů





Závěry

- Nová platforma ENA-NXG lze nasadit pro:
 - Měření synchrofázorů
 - Monitoring vývodů z distribučních transformátorů
 - Zákaznické modifikace pro kombinované funkcionality
- Je plně integrovatelná do:
 - ENA SCADA
 - WAMS
 - OSISOFT PI systémů



Děkuji za pozornost!

www.elcom.cz/dvi