

Měřicí systémy pro přenosové soustavy

Jan Šíma, Jiří Hula, Daniel Kaminský

ELCOM, a.s.

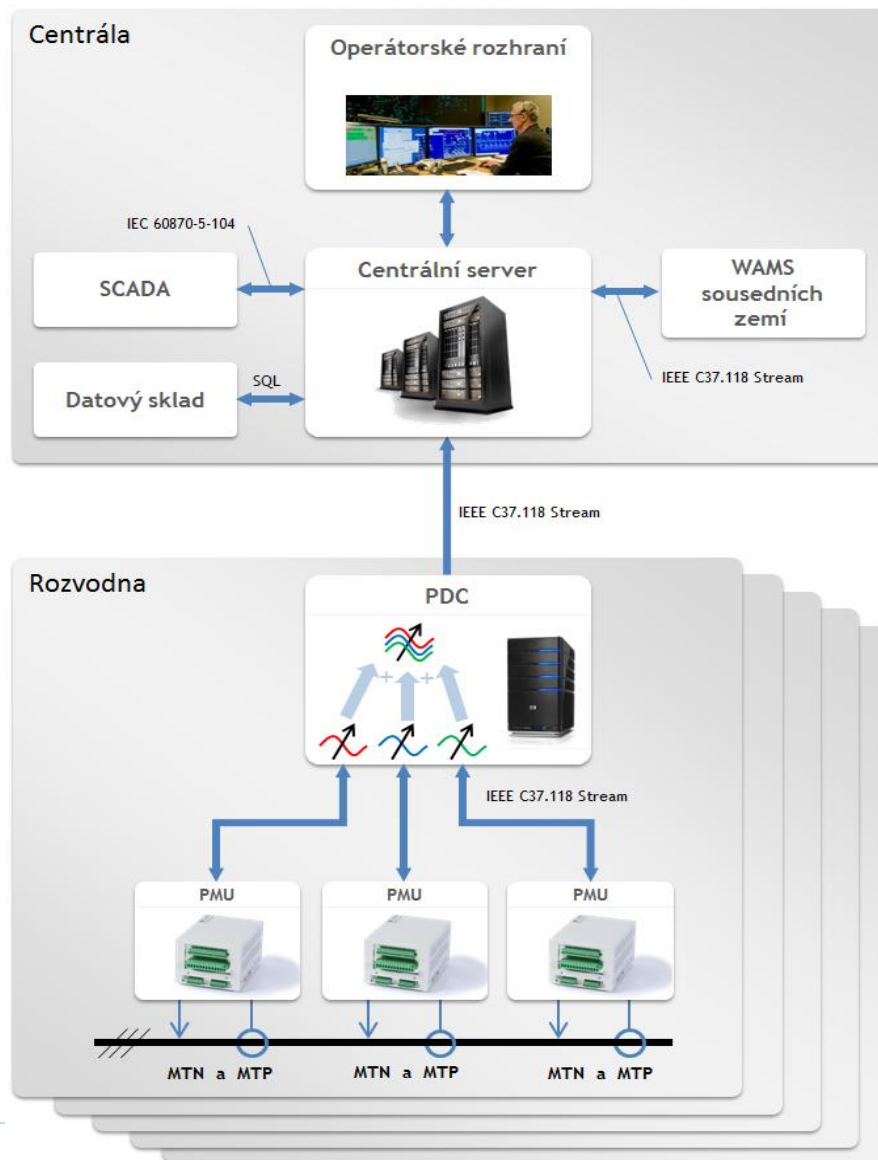
Anotace

Příspěvek se zabývá realizovaným systémem WAMS (Wide-Area Monitoring System) založeném na měření fázorů v klíčových bodech sítě ČEPS, a.s. Příspěvek popisuje jednotlivé části dodaného systému WAMS, jejich vzájemnou součinnost a vazbu na externí systémy v rámci společnosti ČEPS i u zahraničních partnerů v rámci ENTSO-E.

Obecný úvod do systémů WAMS

- Stav sítě indikován rozdílem fázorových úhlů napětí v různých místech
- Měřené hodnoty za každou periodu síťového napětí
- Cílem je dřívější odhalení poruch a nežádoucích stavů sítě
- Pro měření fázorových úhlů a amplitud napětí a proudu (souhrnně zvané fázory) v jednotlivých uzlech sítě se používají specializované přístroje, tzv. Phasor Measurement Unit (PMU).
- PMU jsou synchronizovány s časem UTC (Coordinated Universal Time) pomocí přijímačů GPS

Obecný úvod do systémů WAMS



Obecný úvod do systémů WAMS

- Sítě přístrojů PMU slouží jako doplněk RTU a SCADA (Remote Terminal Unit, Supervisory Control And Data Acquisition) a případně měření kvality elektřiny
- Synchronní měření fázorů napětí a proudu z rozsáhlého území propojených přenosových soustav jsou vstupem pro analytické funkce systému WAMS (Wide Area Monitoring System).
- Výstupy z analytických funkcí jsou k dispozici operátorům a analytikům na jejich PC v reálném čase i jako historická data.

Projekt WAMS pro ČEPS, a.s.

- Investor/Uživatel: ČEPS, a.s.
- Generální dodavatel: ELCOM, a.s., Alstom Grid
- Schválený subdodavatel: TECHSYS – HW a SW, a.s.
- Zahájení: 06/2012
- Ukončení: 06/2014

Role dodavatelů

- ELCOM, a.s.
 - Generální dodavatel
 - Výrobce přístrojů PMU a GPS přijímačů
 - Management projektu
- Alstom Grid
 - Dodavatel softwaru PhasorPoint pro PDC a centrální servery, včetně konfigurace a školení
- TECHSYS – HW a SW, a.s.
 - Projekt a instalace hardwaru
 - Dohledový systém
 - Konfigurace OS a síťové infrastruktury

Základní technické parametry

- Počet měřicích přístrojů (PMU) na rozvodnách: 36
- Přesnost měření: 0,5% TVE v rozsahu teplot 0 – 40 st C
- Počet PDC: 11 (10 rozvoden)
- Frekvence pořizování měřených hodnot: 50 Hz
- Krátkodobý archiv dat: 3 měsíce (hustota dat 50 Hz)
- Dlouhodobý archiv dat: 1 rok
- Počet současně připojených uživatelů: 30
- Výměna dat:
 - SCADA (IEC 60870-5-104)
 - IDS (SQL)
 - ENTSO-E partneři (IEEE C37.118)

Rozvodny osazené PMU

- Albrechtice (V443)
- Chrást (V430, V431)
- Hradec (V411, V412, V441, V420, V430, V445, V446)
- Kočín (V432, V473, V474, V475)
- Nošovice (V404, V444)
- Přeštice (V431, V432, V442)
- Prosenice (V413, V418)
- Řeporyje (V412, V413, V475)
- Slavětice (V433, V434, V435, V436, V437, V438)
- Sokolnice (V417, V423, V424, V435, V436, V497)

Architektura WAMS ČEPS, a.s.

- GPS přijímače ROZVODNA
 - PMU (jednotky měření fázorů na rozvodně)
 - PDC (datové koncentrátoři na rozvodně)
- Centrální servery HA1/HA2
 - PC uživatelů
 - Externí systémy CENTRÁLA

Architektura WAMS ČEPS, a.s.

Datové toky C37.118

Substation	PMUs	Bandwidth (kbps)		
		PMU to Central Servers (2 streams per PMU)	SPDC to Central Servers Streams (2 streams per SPDC)	Total
ALB4	1	110	110	220
HRA4	7	780	310	1090
CHR4	2	220	150	370
PRE4	3	330	180	510
KOC4	4	450	210	660
REP4	3	330	180	510
PRN4	2	220	150	370
SLV4	6	670	270	940
SOK4	6	670	270	940
NOS4	2	220	150	370

Architektura WAMS ČEPS, a.s.

- Hodnoty přenášené z EMS do WAMS po IEC 60870-5-104
 - R, X, B parametry všech vedení
 - EMS trigger storage
 - Kočín - Slavětice rezerva výkonu z EMS
 - Řeporyje - Prosenice rezerva výkonu z EMS

celkem cca 150 hodnot

Architektura WAMS ČEPS, a.s.

- Hodnoty přenášené z WAMS do EMS po IEC 60870-5-104
 - Kvalita dat z PMU
 - Informace o ostrovním provozu
 - $U(A, \varphi)$, $I(A, \varphi)$, f , df/dt , P , Q vybraných vedení
 - Rezerva výkonu, napětí, úhlu koridoru Kočín - Slavětice
 - Rezerva výkonu, napětí, úhlu koridoru Řeporyje - Prosenice
 - Amplituda, frekvence, tlumení oscilací vybraných vedení
 - Událost překročení meze proudu vybraných vedení
 - Platnost měření na daném vedení

celkem cca 750 hodnot

Přístroje PMU

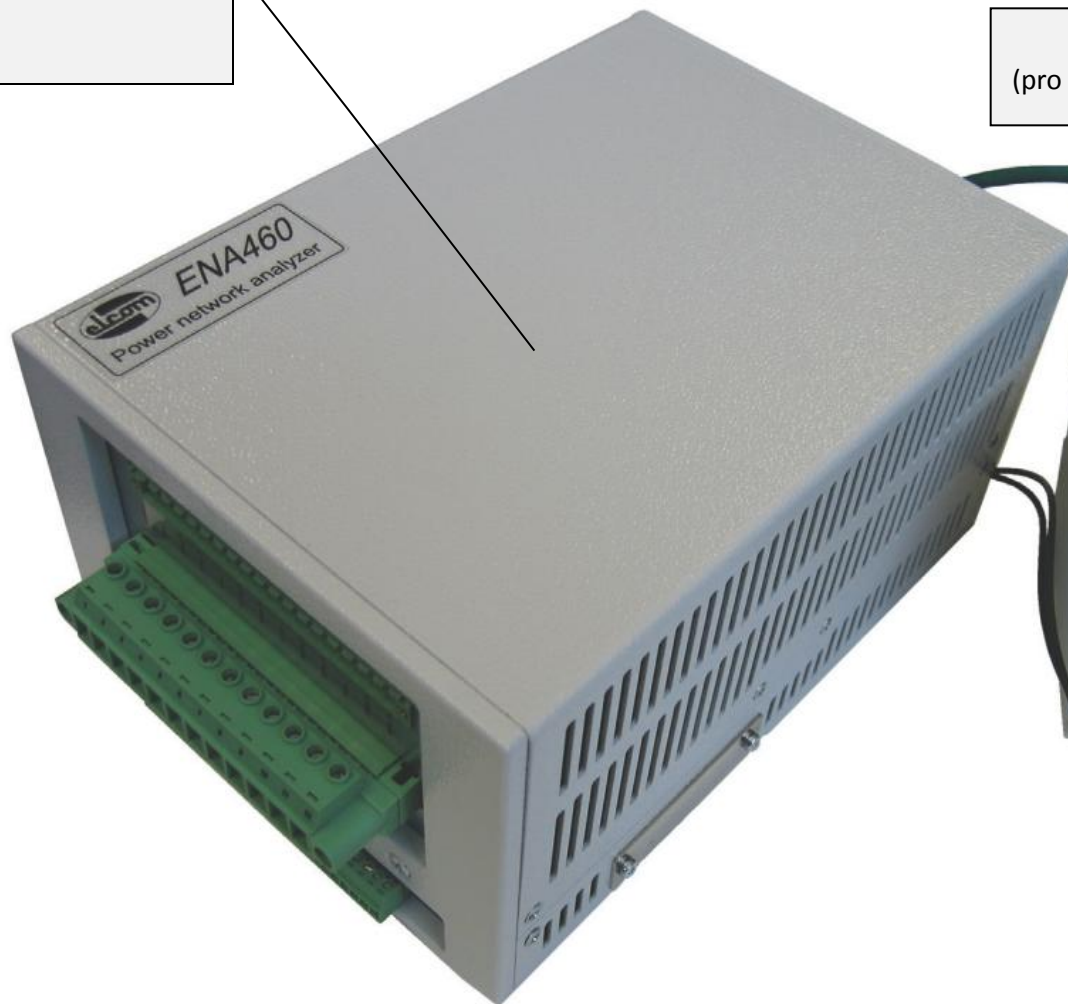
- Založeny na jednodeskovém počítači sbRIO firmy National Instruments
 - Procesor počítače s frekvencí 400 MHz
 - FPGA pole pro základní operace sběru a zpracování signálu
 - 16-bitové analogové vstupy
 - Operační systém reálného času.
- Obvody přizpůsobení signálu umožňující měření napětí do 600 Vrms a proudu do 10 Arms – design a výroba ELCOM, a.s.

ENA460-PMU

- Počet kanálů: 3U + 3I + 8DI + 8DO
- Měřicí rozsah:
 - $U_{in} = 75 \text{ Vrms}$, $U_{max} = 90 \text{ Vrms}$
 - $I_{in} = 1 \text{ Arms}$, $I_{max} = 2 \text{ Arms}$
- Přesnost měření:
 - 0,5% TVE v rozsahu
 - 50 – 120% jmenovité měřené hodnoty napětí
 - 10 – 200% jmenovitého rozsahu proudového vstupu
 - IEEE C37.118 level 0 pro ostatní veličiny
- Teplotní rozsah garantované přesnosti: 0 – 40°C
- Frekvence vzorkování: 12 kHz
- Komunikační rozhraní Ethernet:
 - FO
 - Metalické (RJ-45)

ENA460-PMU

ENA460-PMU

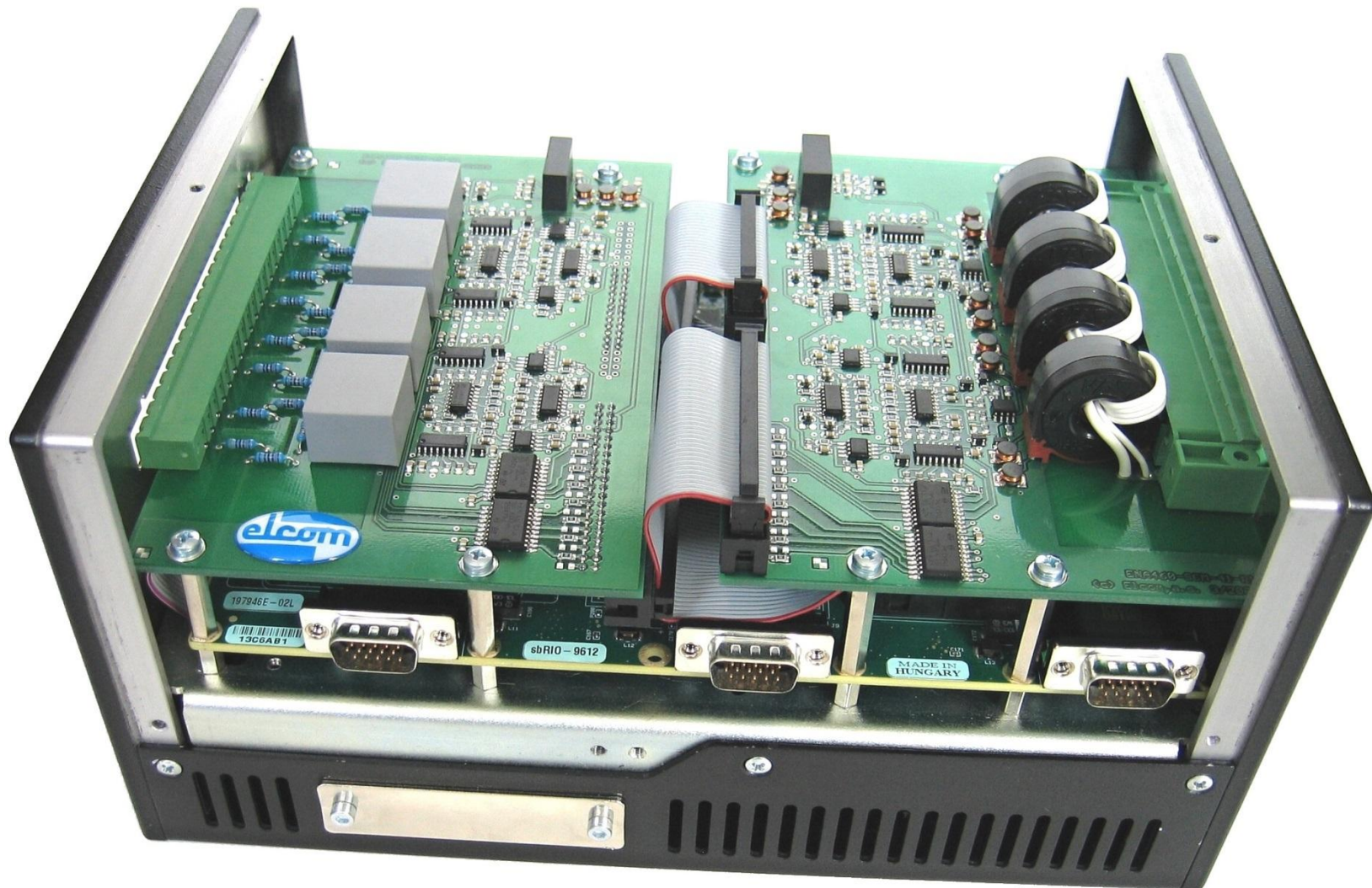


ENA-TIR
(pro připojení jednoho PMU)



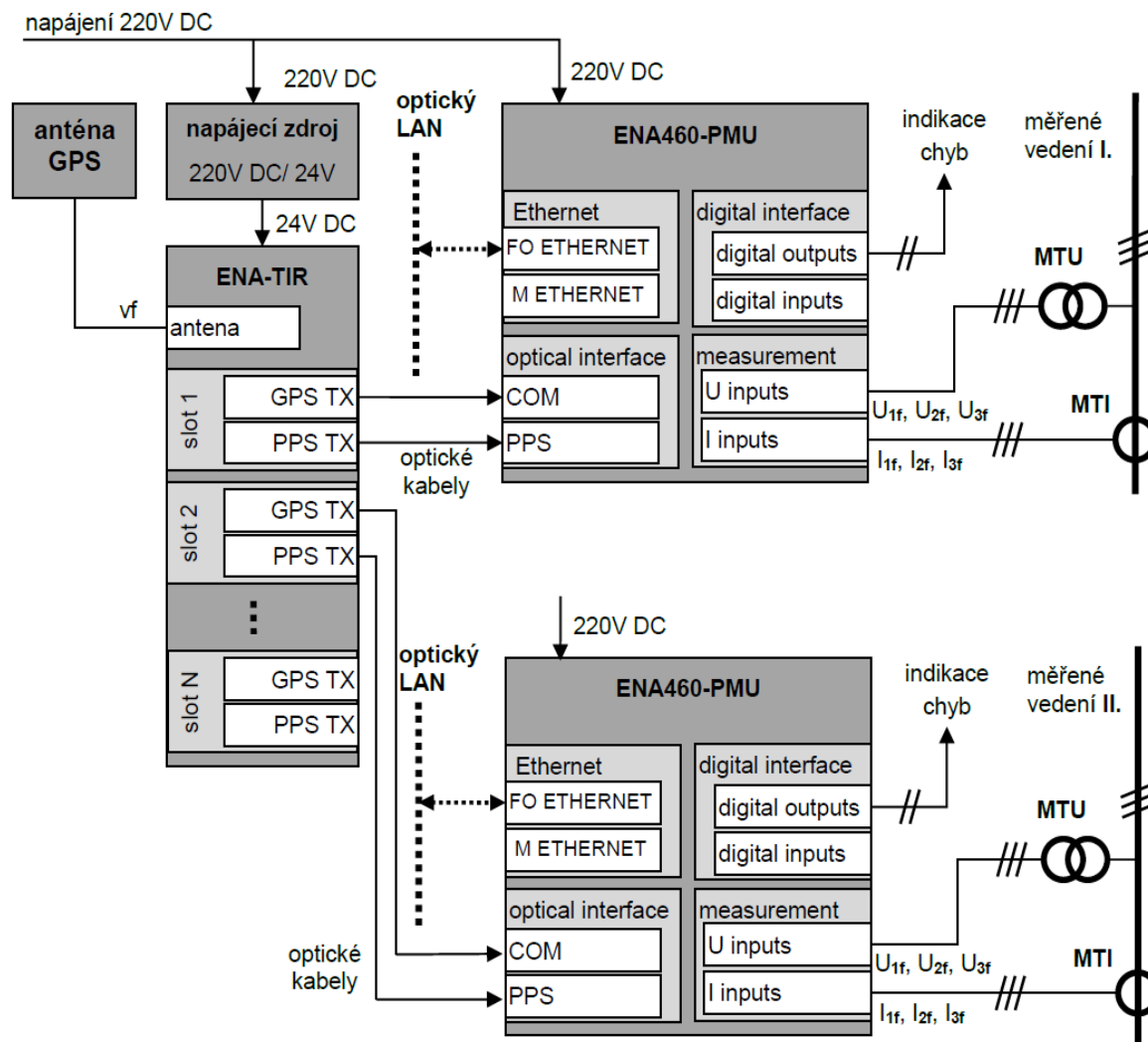


ENA460-PMU



E0053498

Ideové schéma zapojení PMU



Instalace PMU - Slavětice



Zajištění přesnosti

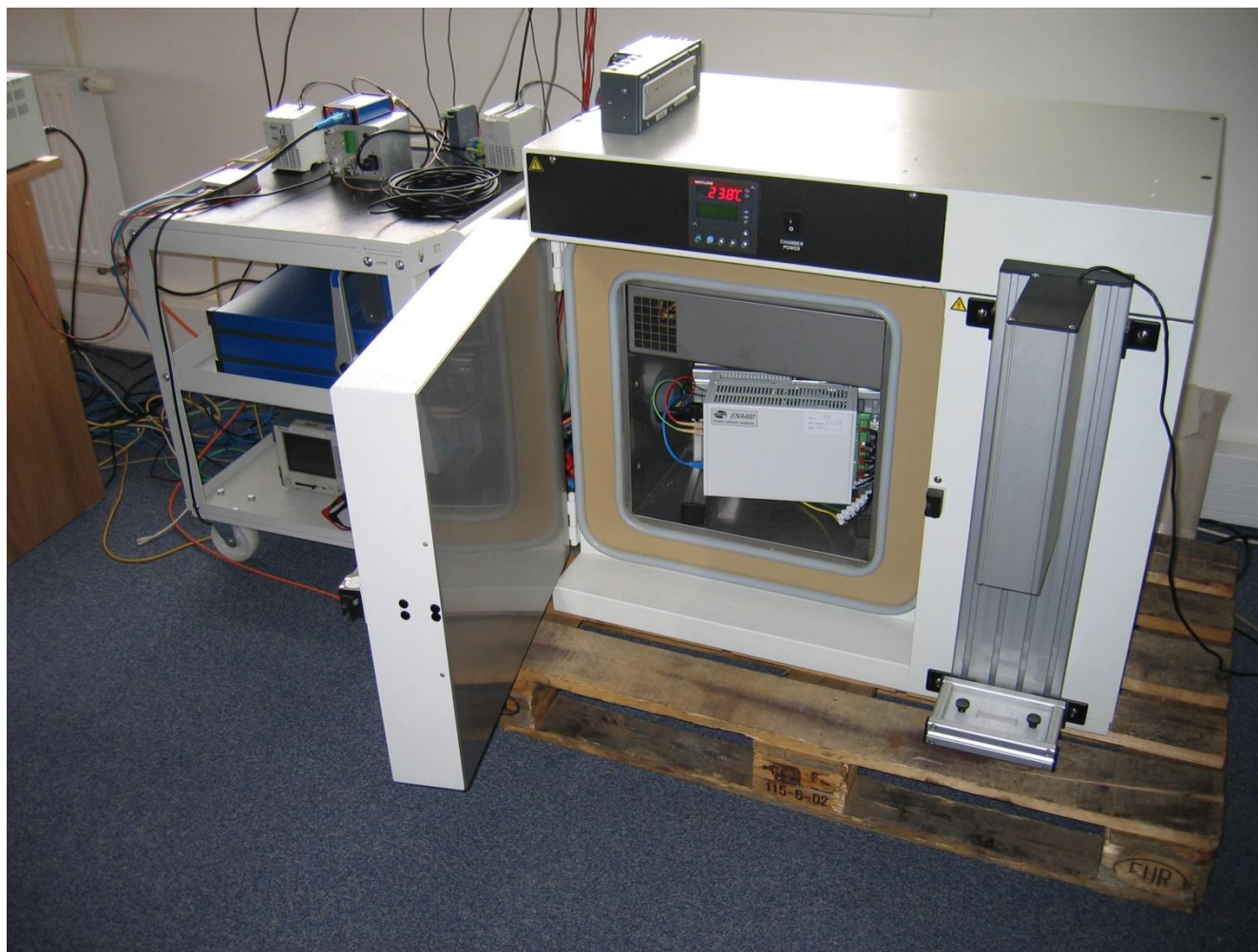
- Interní ověření algoritmů zpracování signálu, které jsou použity v ENA460-PMU pomocí vlastního softwarového nástroje PMU Simulator společnosti ELCOM, a.s.
- Ověření shody s IEEE C37.118-2005 v laboratořích Bonneville Power Authority (BPA), USA.
- Ověření shody s IEEE C37.118-2005 v laboratořích firmy Psymetrix, UK.
- Kalibrace každého kusu přístroje ENA460-PMU pomocí kalibrátoru Fluke 6100A a referenčního vysoce přesného přístroje s 24-bitovým A/D převodníkem.

Ověření přesnosti v rámci projektu WAMS

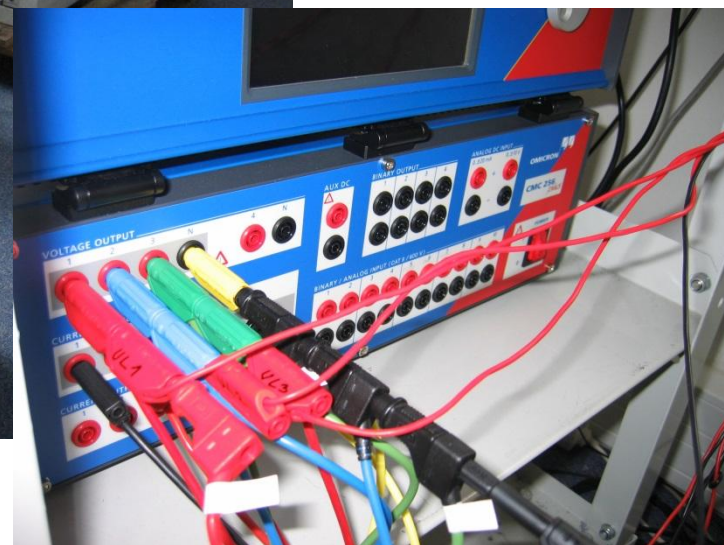
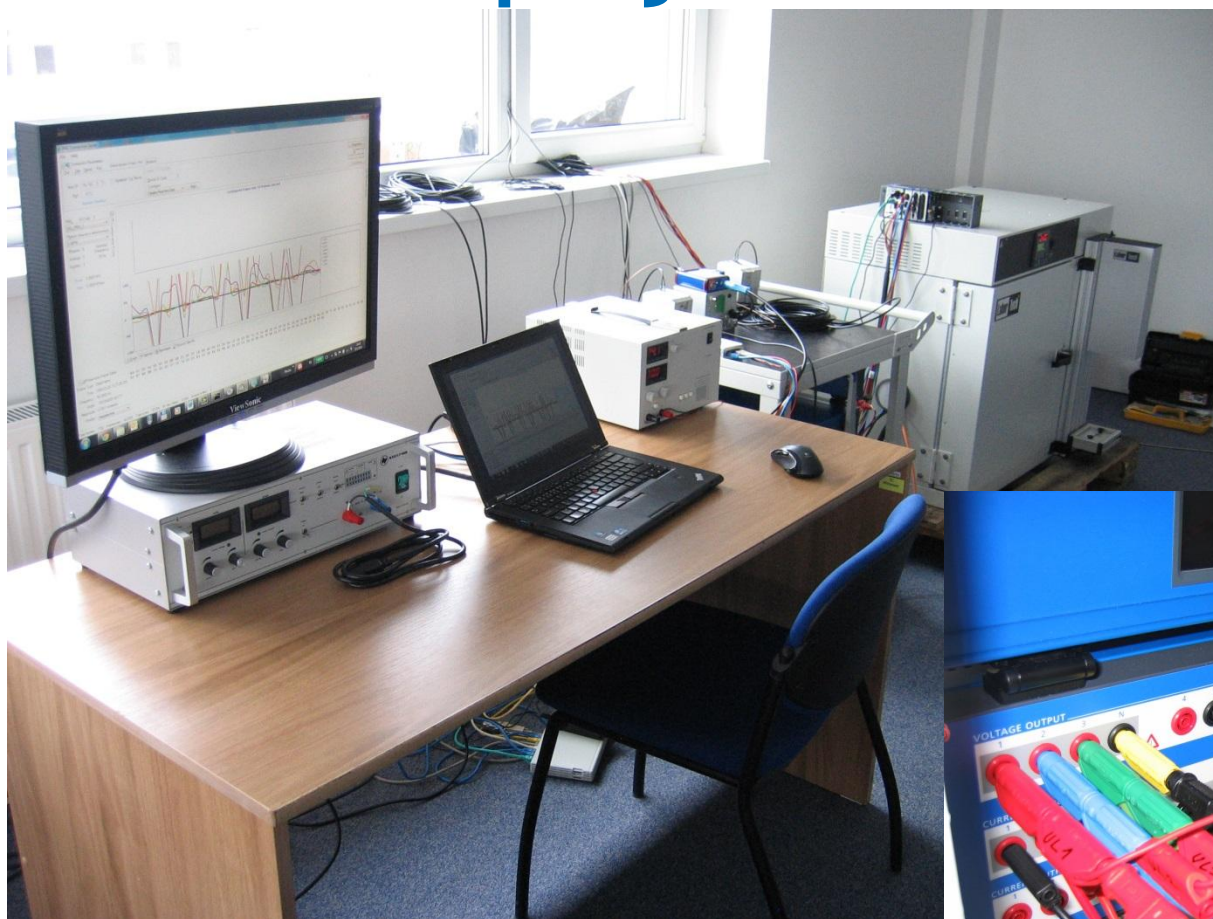
FAT test provedený v rámci dodávky systému WAMS společnosti ČEPS, a.s. Toto měření bylo provedeno za účasti zástupců zadavatele a byly při něm použity referenční přístroje:

- Kalibrátor Omicron CMC 256plus
- Časový přijímač Meinberg GPS164/AQ/AHS
- Teplotní komora LaborTech/TPS, model TJR.

Ověření přesnosti v rámci projektu WAMS



Ověření přesnosti v rámci projektu WAMS



Přijímač GPS ENA-TIR

- Jádrem přijímače je čip výrobce TELIT podporující standardy GPS i GLONASS
- Komunikace s PMU pomocí plastových optických kabelů
- Přesnost náběžné hrany signálu PPS je lepší než 1 us = 0.018°.

PDC (Phasor Data Concentrator)

- Přijímá C37.118 streamy z jednotlivých PMU
- Vysílá jeden C37.118 sloučený stream na každý centrální server (2).
- Slouží jako dočasný buffer dat pro případ výpadku spojení mezi rozvodnou a centrálou
- Sbírá a poskytuje diagnostické informace o systému WAMS po EIC ...104
- Jedná se o embedded PC výrobce iEi s OS Debian Linux

PDC (Phasor Data Concentrator)



Centrální servery

- Systém WAMS má v centrále instalovány 3 servery. HA1 a HA2 tvoří redundantní pár hlavních serverů softwarového systému PhasorPoint
- SVS server pracuje jako dohledový.
- Konfigurace serverů je následující:
 - DELL PowerEdge PE720XD
 - 2x Intel Xeon E5-2609 2.40GHz
 - 16 GB RAM
 - 16 TB HDD v konfiguraci RAID5 (block-stripping)

Centrální servery



Centrální servery

Hlavním úkolem dvou redundantních centrálních serverů je:

- přijímat a ukládat data přicházející z PMU a PDC jednotek.
- detekovat a dále přenášet alarmy a chybová hlášení
- poskytovat matematické výpočty spolu s pokročilými analytickými funkcemi
- zajišťovat komunikaci s jinými externími systémy (konkrétně SCADA, IDS a WAMS systémy v okolních zemích).

Monitoring fázorových úhlů

- V on-line režimu probíhá sledování rozdílů fázorových úhlů napětí ve vybraných bodech soustavy, umožňující využívat i data z jiných soustav.
- Provádí se kontrola rozdílu úhlů a výstupem je varování při překročení limitní hodnoty rozdílu.

Detekce a monitoring ostrovních provozů

- Analyzuje průběh kmitočtu, derivace kmitočtu a úhlu fázoru napětí v měřených bodech (včetně měření získaných z WAMS evropských soustav)
- Identifikuje a indikuje (v GUI) synchronní ostrovy v síti
- Jejich frekvence a derivace frekvence a informace o stavu jsou odesílány do systému SCADA.
- Časové průběhy frekvencí a jejich rozdílů jsou zobrazovány v uživatelském prostředí a signalizuje se rovněž ukončení ostrovního provozu.
- Maximální počet ostrovů = počet PMU

Detekce a analýza oscilací

- Zjišťuje a analyzuje oscilace výkonu a kmitočtu v síti a kontroluje jejich tlumení.
- Je využívána pro kontrolu chování soustavy v situacích extrémního přetížení, s cílem včasné detekce nestandardních stavů ohrožujících bezpečnost provozu (netlumené kmity, úhlová nestabilita).
- Detekce a identifikace oscilací s nedostatečným tlumením v rámci propojení vyžaduje import on-line hodnot fázorů z okolních soustav.
- Pásma oscilací v ČEPS, a.s. [Hz]
 - 0,04 ... 0,5 | 0,5 ... 1 | 1 ... 1,5 | 1,5 ... 2,5 | 2,5 ... 4

Aplikace P-V, P-delta

- $P=f(\delta)$
 - Na základě měřených fázorů se vypočítá okamžitá rezerva statické stability na zadaném koridoru, zobrazuje se výsledek vyhodnocení statické stability ve formě grafu
- $P=f(V)$
 - aplikace sleduje aktuální stav stability napětí na zadaném koridoru a určuje maximální činný výkon, který lze přenést bez ohrožení stability napětí, tj. rezervu přenosu výkonu z hlediska meze stability napětí.

Prohlížení historických dat

- Kontinuální historická v krátkodobém archivu s hloubkou 90ti dnů, perioda 20 ms
- Kontinuální historická v dlouhodobém archivu s hloubkou 1 roku, perioda 100 ms
- Prohlížení historických dat z kteréhokoli počítače, na němž je nainstalována klientská aplikace.
- Export historických dat z klientské aplikace
- Uloženy jsou hodnoty fázorů a výstupy z pokročilých analytických funkcí systému

Operátorské rozhraní

- Zobrazuje aktuální stav sítě spolu s výsledky analytických funkcí WAMS systému.
- Klientská aplikace systému WAMS běží na standardních počítačích typu PC s operačním systémem Windows.
- Přístup uživatelů do klientské aplikace je řízen pomocí již existujícího systému Active Directory.
- Klientská aplikace je vytvořena v javě a využívá JAVA runtime engine verze 7 a vyšší.



Děkuji za pozornost!

www.elcom.cz/dvi