Jiri Roubal
ABB s.r.o., PS Division
CIRED, PS03, Pavlov 2.a
3.4.2009

Realizované systémy WAMS

© ABB Group - 1 -
3-Apr-09

WAM – Wide Area Monitoring

- Aplikace WAM systémů je důsledkem požadavku na pokrytí provozovaných síti prostředky pro komplexní monitorování, řízení a chránění
- Rozvoj aplikací WAM systémů je umožněna také díky existenci komerčně dostupnému principu synchronního měření fázorů elektrických veličin
- Vývoj aplikací WAM je důsledkem evolučního vývoje techniky a technologií monitorování, řízení a chránění

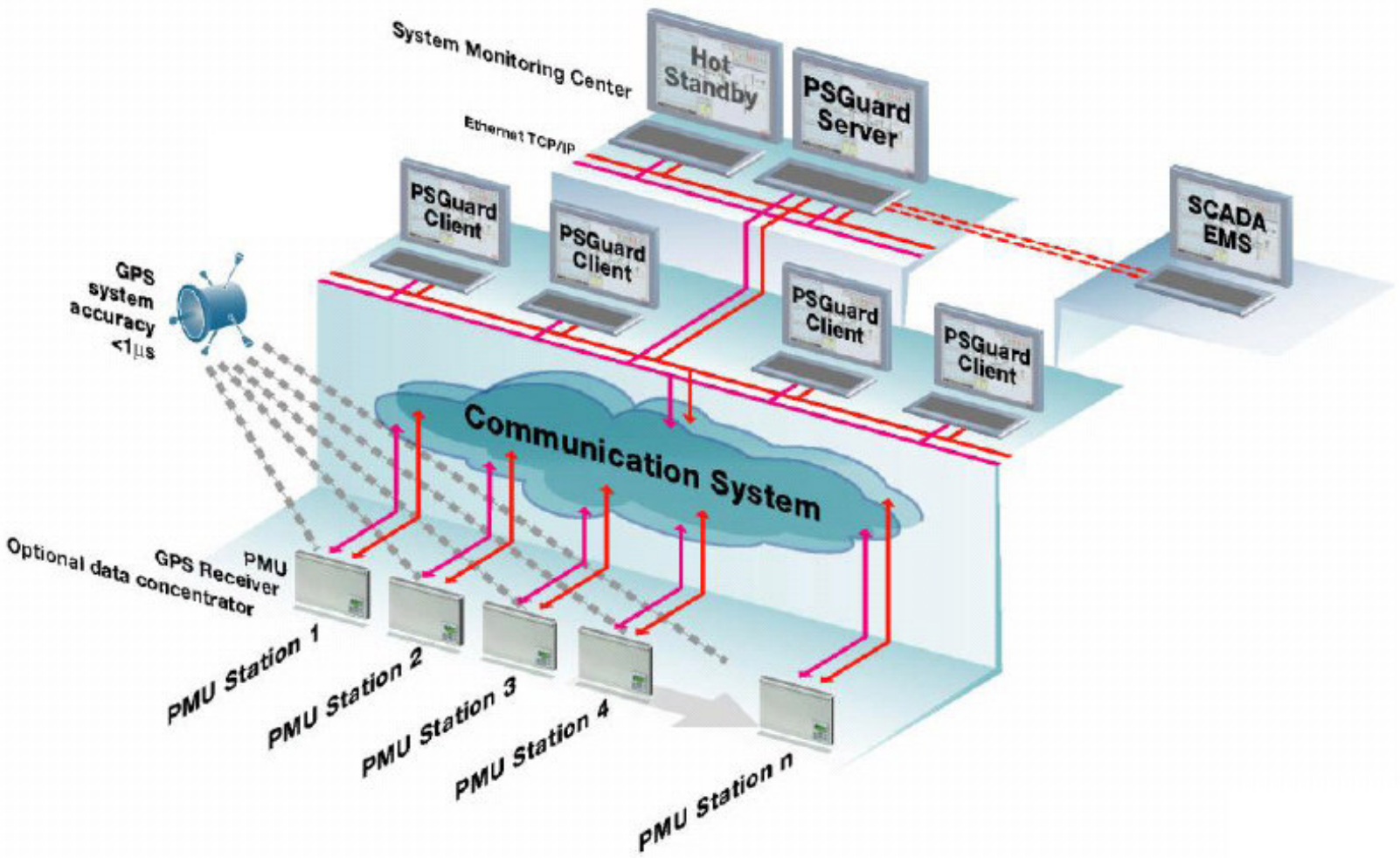
© ABB Group - 2 -
3-Apr-09

WAM a ABB řešení PSGuard

- **Systém pro monitorování, řízení a chránění rozsáhlých sítí, obsahující v souboru komerčního řešení:**
  - **Jednotky fázorového měření PMU (Phasor Measurement Unit)**
  - **Komunikační subsystém**
  - **Monitorovací centrum SMC (Systém Monitoring Centre)**

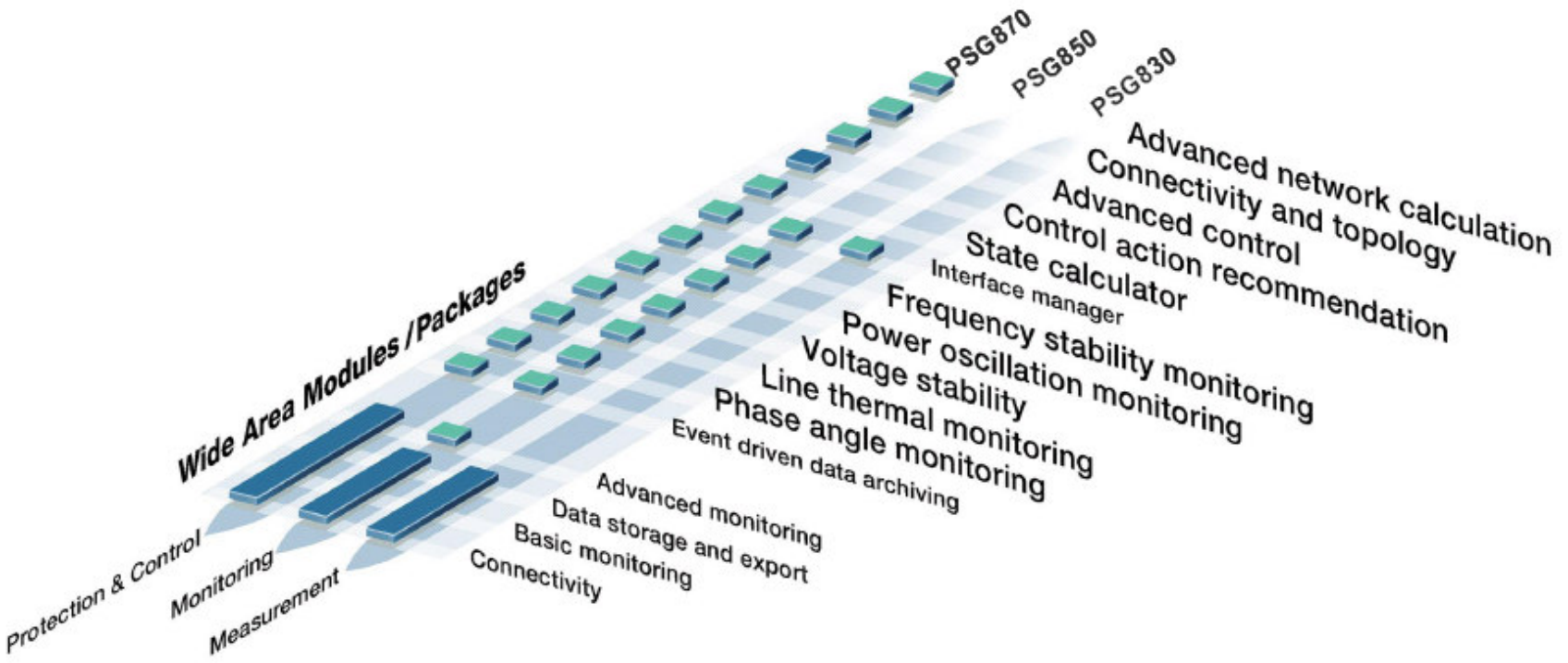
© ABB Group - 3 -
3-Apr-09

Struktura systému PSGuard



© ABB Group - 4 -
3-Apr-09

Systém PSGuard jako komerční produkt



© ABB Group - 5 -
3-Apr-09

Strktura systému PSGuard v komerční nabídce

- V rámci projektu implementace systému PSGuard je součástí nabídky ABB kromě vlastního HW a SW jejich implementace i řada dalších služeb
  - Výběr umístění jednotek měření fázorů
  - Dodávka vlastních, případné připojení PMU jiných dodavatelů
  - Požadavky na vybudování, případně adaptace existujícího komunikačního subsystému
  - Dodávka základního HW a SW monitorovacího centra

© ABB Group - 6 -
3-Apr-09

Výběr umístění jednotek měření fázorů

- Výběr umístění jednotek měření fázorů (PMU) podle:
  - Určení kritických oblastí
  - Umožnění požadované pozorovatelnosti vybraných oblasti
  - Dostupné komunikační infrastruktury
  - Přístup k daným objektům a jejich technologická vybavenost
  - Požadavků na spolehlivost a dostupnost všech funkcí

Funkce jednotek PMU

- Jednotky PMU jsou součástí nabídky celého konceptu řešení, v nutných případech mohou být do systému připojeny i jednotky jiných dodavatelů
- PMU by měly (PMU ABB mají ve standardu)
  - Podporovat komunikaci prostředníctvím Ethernetu (TCP/IP) – není to ale nezbytné
  - Měřit napětí a proud vývodu
  - Měřit absolutní hodnotu frekvence a její derivaci
  - Podporovat IEEE 1344-1995 synchrofázorový protokol
  - Dosáhnout časové synchronizace s přesností min.1µs

© ABB Group - 8 -
3-Apr-09

Komunikační subsystém

- Pro komunikaci z rozvoden do Monitorovacího centra (SMC) mohou být použity různé cesty, směrování a media
- Komunikační subsytsém musí pokrýt minimální požadavky:
  - Požadovaná minimálmí datová rychlost 19,2 kbps na jeden vývod
  - Požadovaná maximální latence dat 0,2s z fyzického měření po data přijatá v SMC
  - Požadovaní minimální spolehlivost (dostupnost funkce přenosu) 99,8 %

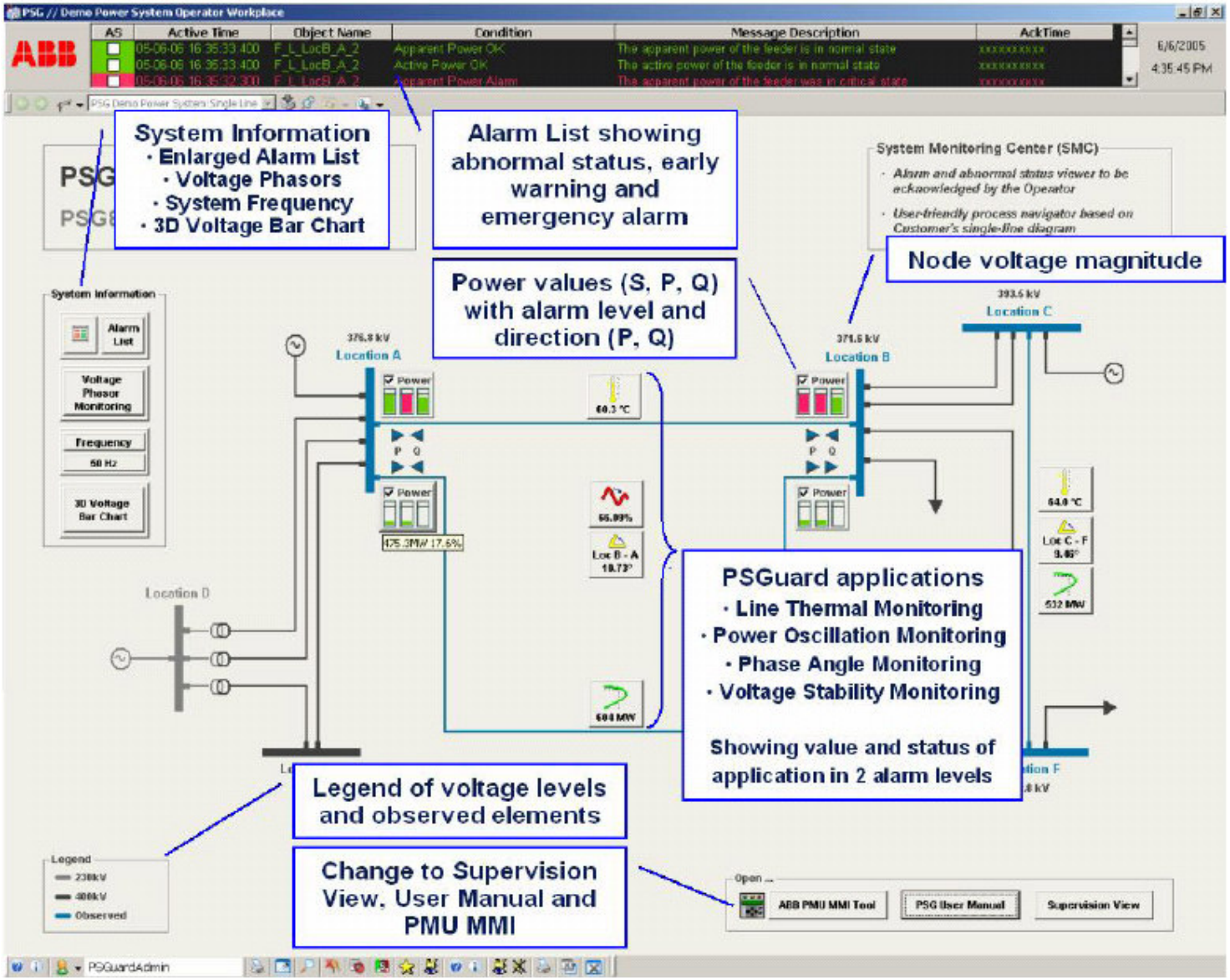
© ABB Group - 9 -
3-Apr-09

Základního HW a SW monitorovacího centra

- Součástí dodávky základního HW a SW jsou
- Jednoduchý nebo HSB PSGuard server
- PSGuard klientské stanice
- Základní dodávkou SW, kromě vlastního jádra systému je uživatelské rozhraní (GUI) s funkcemi:
  - Jednopólová schémata
  - Monitorovacích funkce vedení
  - Funkce pro ukládání a export dat
  - Funkce trendů
  - Funkce Supervize

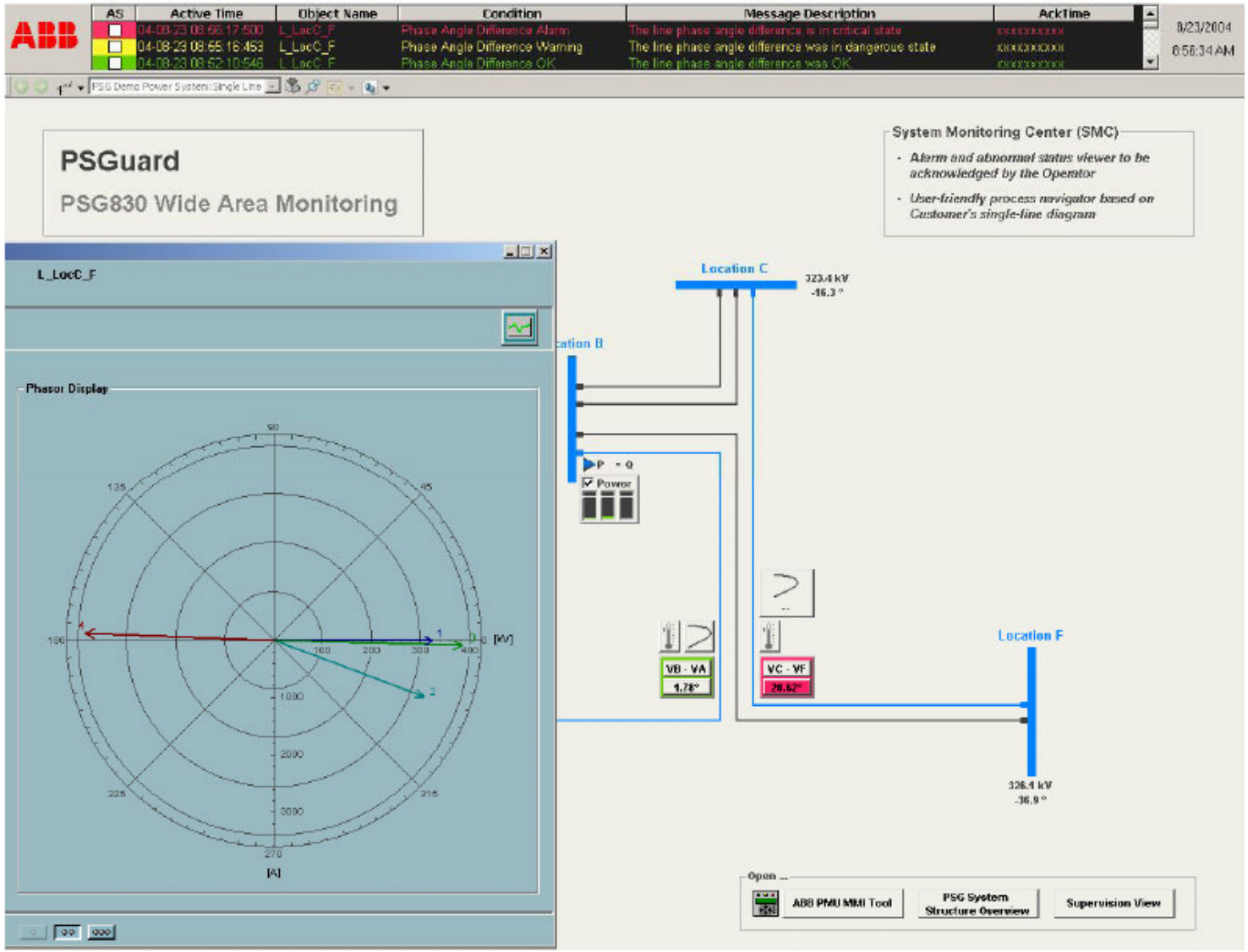
© ABB Group - 10 -
3-Apr-09

Jednopólová schémata



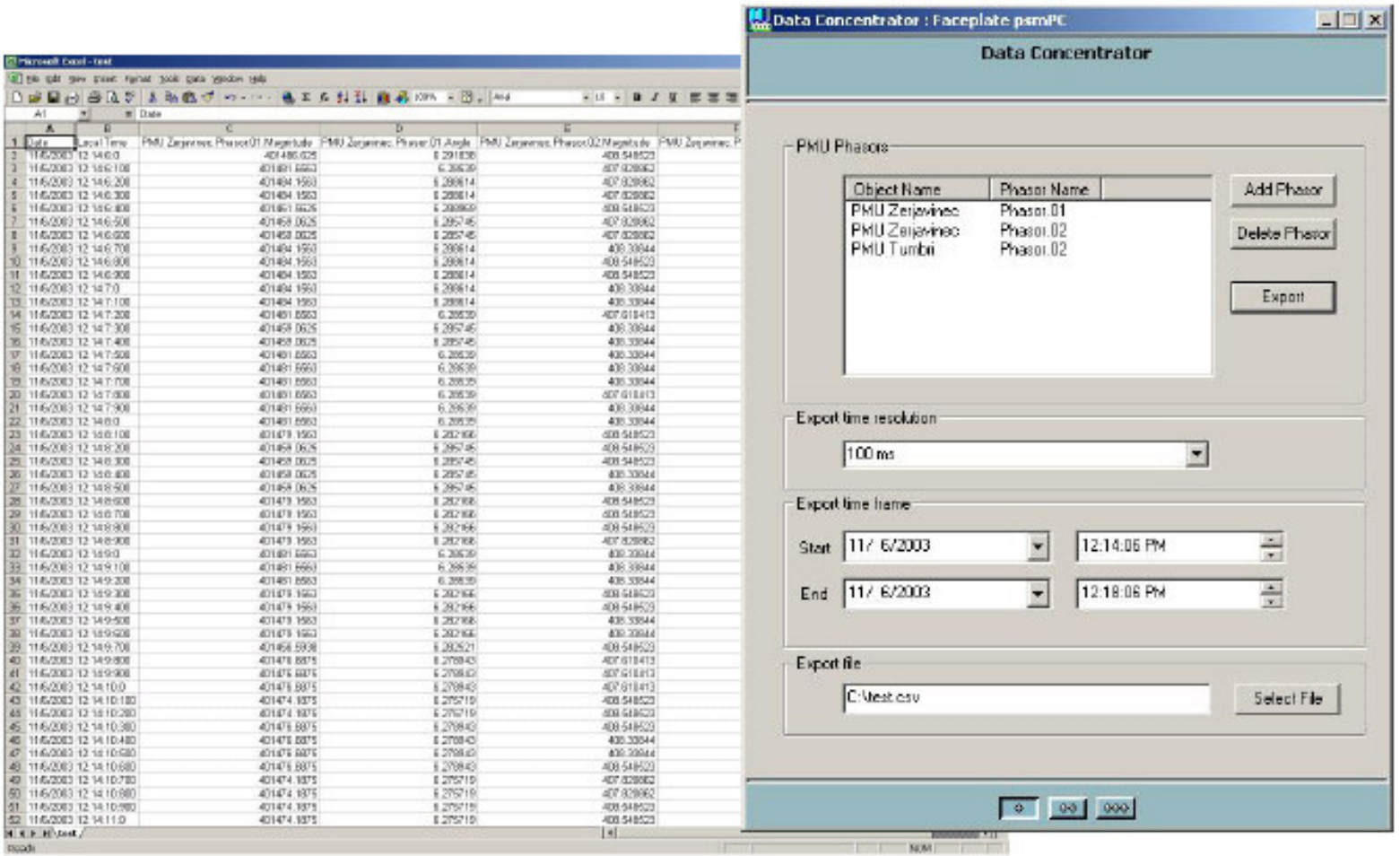
© ABB Group - 11 -
3-Apr-09

Monitorování vedení

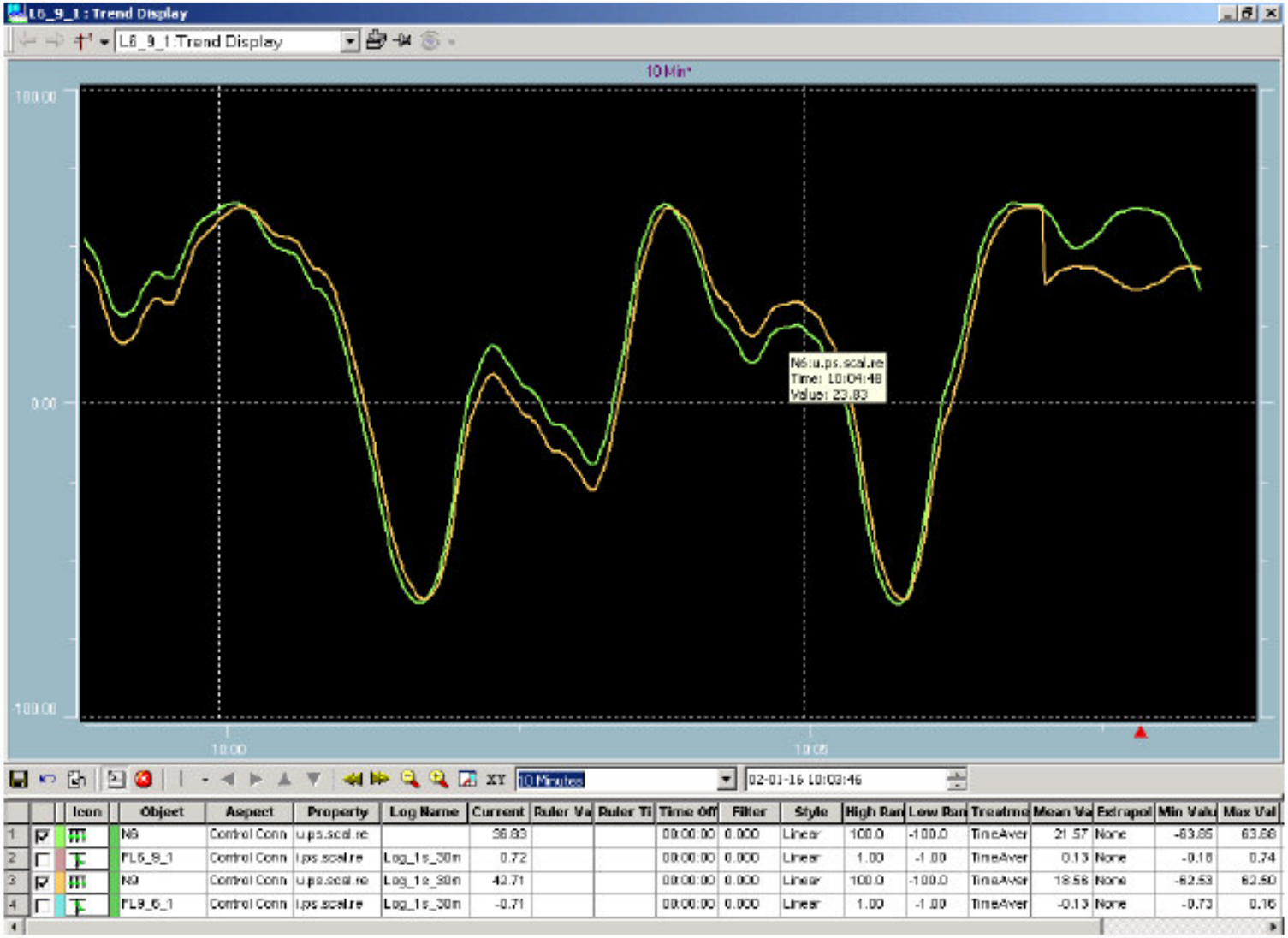


© ABB Group - 12 -
3-Apr-09

Ukládání dat a export

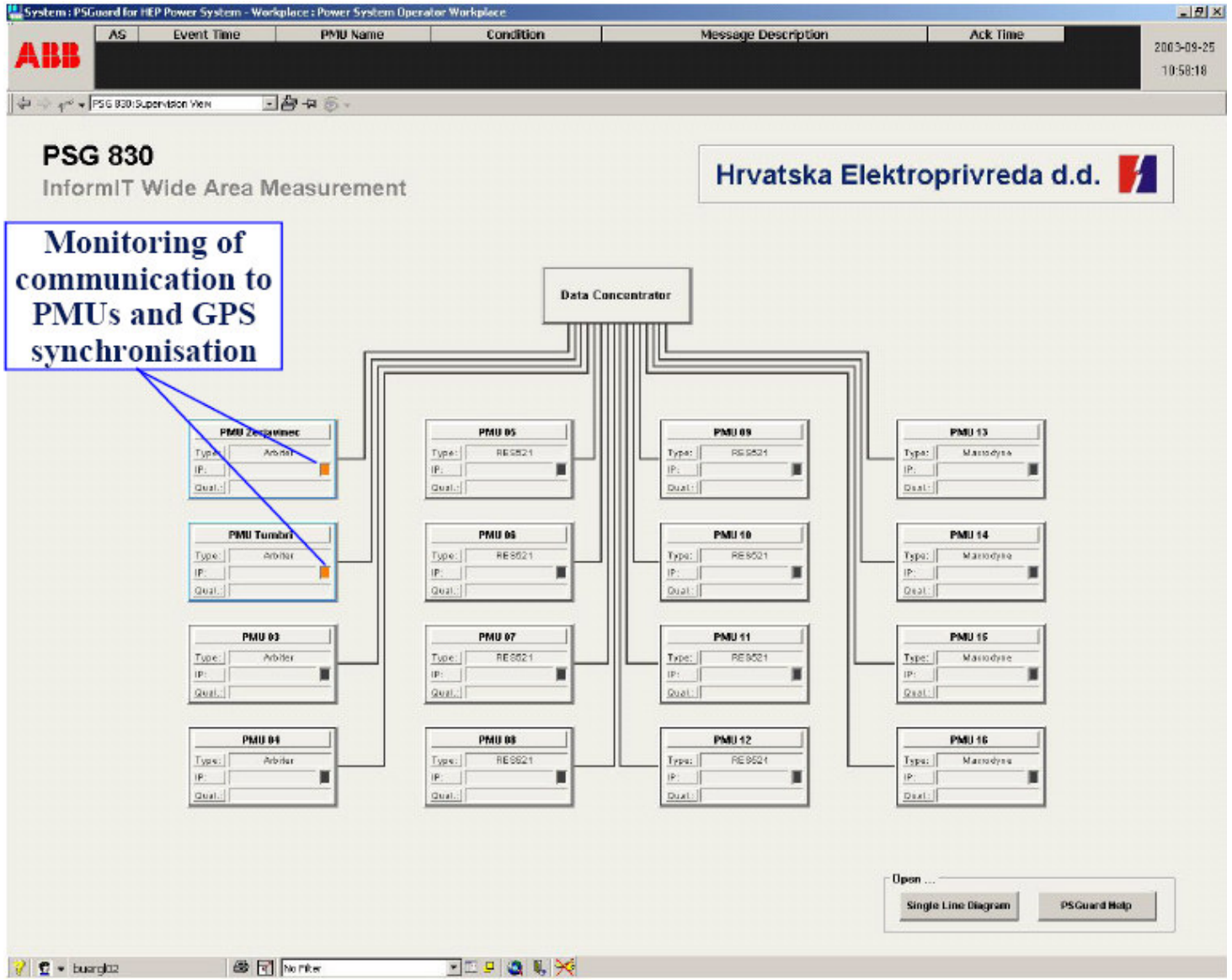


Trendy



© ABB Group - 14 -
3-Apr-09

Supervize systému



© ABB Group - 15 -
3-Apr-09

Funkce systému PSGuard

- Dosud popsané části PSGuard tvoří nezbytný základ (infrastrukturu) pro řešení skutečně komplexního systému WAM, který může dále obsahovat jednotlivé funkce:
  - **Monitorování fázového úhlu** (Phase Angle Monitoring - **PAM**)
  - **Monitorování teploty vedení** (Line thermal monitoring application - **LTM**)
  - **Monitorování stability napětí pro koridory** (Voltage Stability Monitoring - **VSM**)
  - **Monitorování oscilací výkonu** (Power Oscillation Monitoring - **POM**)
  - **Monitorování stability frekvence** (Frequency Stability Monitoring - **FSM**)
  - **Kalkulátor stavu** (State Calculator - **SC**) – srovnání pro estimator stavu
  - **Manažér rozhraní** PSGuard
  - **Záznam událostí a automatický export**

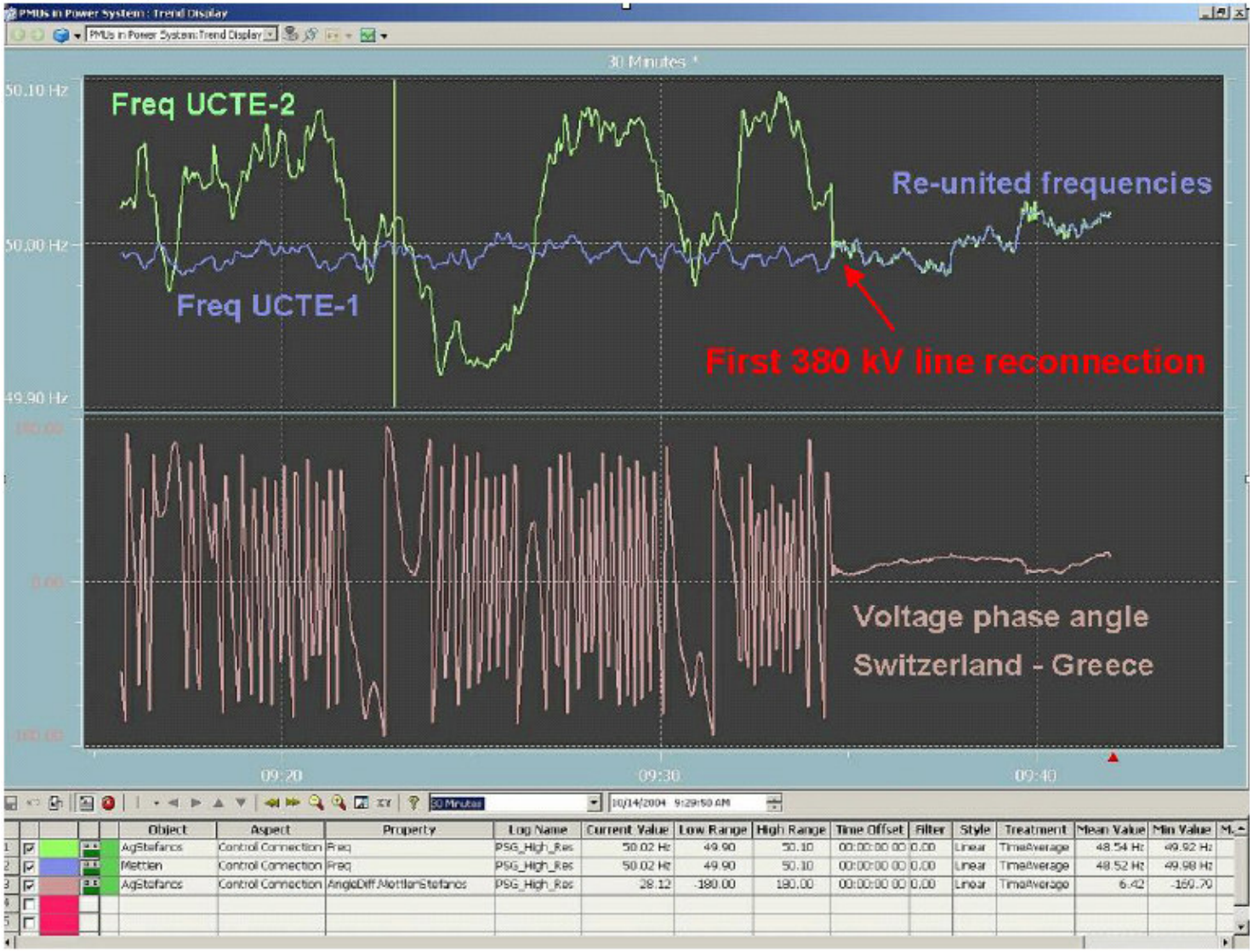
© ABB Group - 16 - 3-Apr-09

PAM - Monitorování fázového úhlu

- Monitoruje zatížení sítě způsobené intenzivně zatíženými vedeními a poskytuje operátorům informace v reálném čase o odchylkách fázového úhlu napětí
- Vstupy
  - Fázor napětí v první lokalitě (měřeno jednotkou PMU 1)
  - Fázor proudu v první lokalitě (měřeno jednotkou PMU 1)
  - Fázor napětí v druhé lokalitě (měřeno jednotkou PMU 2)
  - Fázor proudu v druhé lokalitě (měřeno jednotkou PMU 2)
  - …
  - Fázor napětí v n-té lokalitě (měřeno jednotkou PMU n)
  - Fázor proudu v n-té lokalitě (měřeno jednotkou PMU n)
  - Mez pro včasné varování (volitelné)
  - Mez pro nouzový alarm (volitelné)
- Výstupy
  - Fázový rozdíl mezi vybranými lokalitami
  - Aktivní a jalový výkon ve vybraných lokalitách
  - Zobrazení křivky fázového rozdílu mezi dvěmi vybranými lokalitami
  - Zobrazení maximálního akceptovatelného fázového rozdílu mezi dvěmi vybranými lokalitami
  - On-line varování a alarmy
  - Konfigurace výše uvedené funkcionality
  - Autokontrola

© ABB Group - 17 - 3-Apr-09

PAM - Monitorování fázového úhlu



Monitoring fázového úhlu napětí před a po resynchronizaci UCTE-1 a UCTE-2

PAM - Monitorování fázového úhlu

- **Cíle a přínosy**
  - Poskytuje dispečerům on-line informace o odchylkách fázového úhlu napětí
  - Zlepšuje řízení napětí
  - Zlepšuje stabilitu, bezpečnost a spolehlivost sítě
  - Umožňuje bezpečně provozovat síť blíže k jejím projektovaným limitům
  - Poskytuje lepší přehled o síti
  - Poskytuje rozhodující informace pro úspěšné sepnutí přenosového vedení

© ABB Group - 19 - 3-Apr-09

LTM - Monitorování teploty vedení

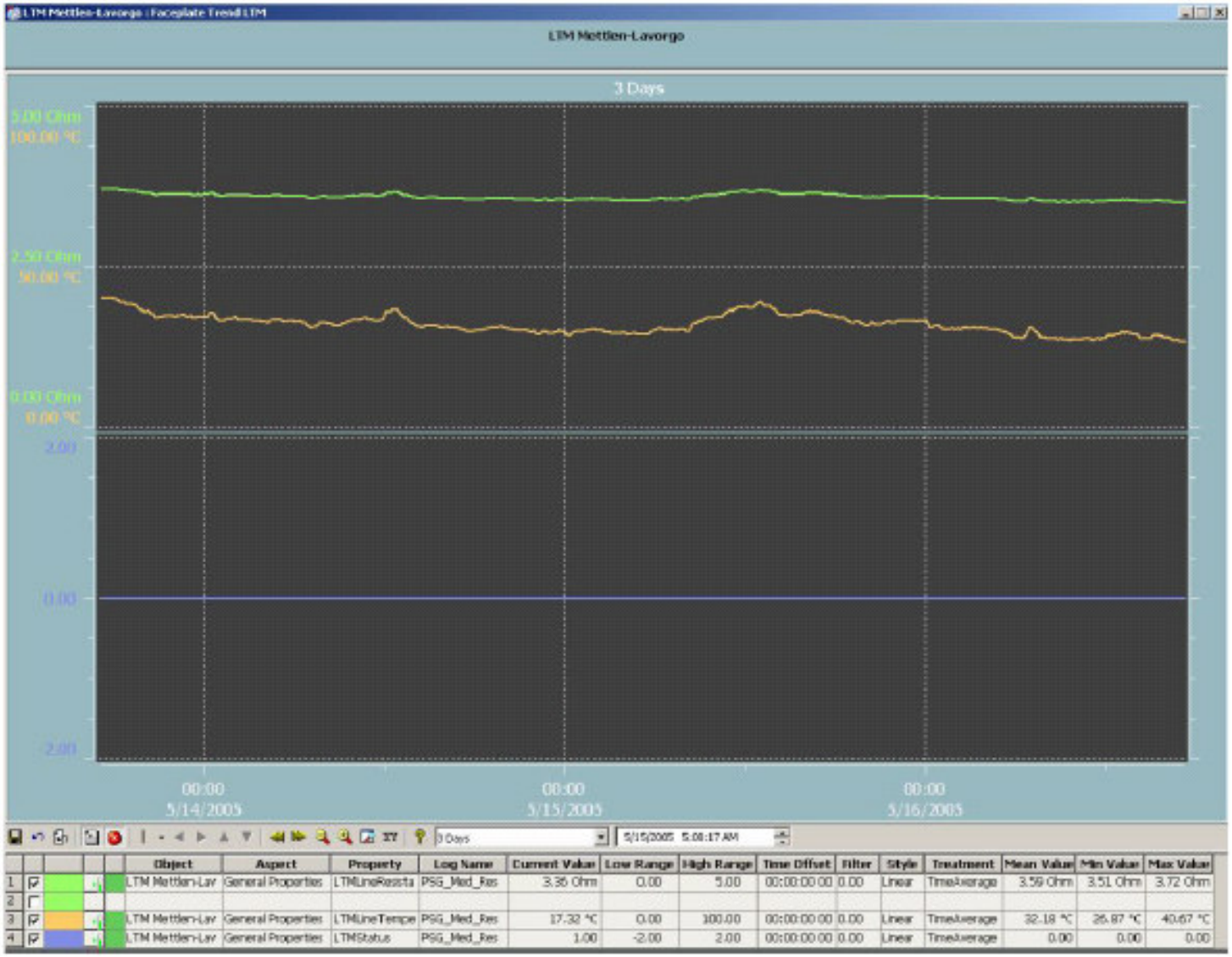
- Fázory napětí a proudu jsou měřeny na obou stranách vedení, vypočte se skutečná a paralelní impedance vedení a je extrahován odpor vedení. Při znalosti vlastností materiálu vedení (referenční teplota a koeficient závislosti, obvykle udávaný výrobcem) lze určit průměrnou teplotu vedení. Obdržená teplota je teplota průměrná, ne bodová. Relace mezi nimi musí být ověřena t.j. reprodukce dopadu různých povětrnostních podmínek podél vedení v jednom čase.

- Vstupy
  - Fázor napětí na jedné straně vedení (měřeno jednotkou PMU 1)
  - Fázor proudu jedné straně vedení (měřeno jednotkou PMU 1)
  - Fázor napětí na druhé straně vedení (měřeno jednotkou PMU 2)
  - Fázor proudu na druhé straně vedení (měřeno jednotkou PMU 2)
  - Parametry vedení
  - Mez pro včasné varování (volitelné)
  - Mez pro nouzový alarm (volitelné)

- Výstupy
  - Aktuální odpor vedení
  - Aktuální průměrná teplota vedení
  - Aktuální ztrátyvedení
  - On-line varování a alarmy
  - Autokontrola
  - Schopnost predikovat průměrnou teplotu vedení z měření a
    - jaký proud může zatížit vedení v daném časovém období
    - kolik času zbývá při daném proudu

© ABB Group - 20 - 3-Apr-09

LTM - Monitorování teploty vedení



			Object	Aspect	Property	Log Name	Current Value	Low Range	High Range	Time Offset	Filter	Style	Treatment	Mean Value	Min Value	Max Value
1	☑		LTM Mettlen-Lav	General Properties	LTMLineResista	PSG_Med_Res	3.36 Ohm	0.00	5.00	00:00:00.00	0.00	Linear	TimeAverage	3.59 Ohm	3.51 Ohm	3.72 Ohm
2	☐															
3	☑		LTM Mettlen-Lav	General Properties	LTMLineTempe	PSG_Med_Res	17.32 °C	0.00	100.00	00:00:00.00	0.00	Linear	TimeAverage	32.18 °C	26.87 °C	40.67 °C
4	☑		LTM Mettlen-Lav	General Properties	LTMStatus	PSG_Med_Res	1.00	-2.00	2.00	00:00:00.00	0.00	Linear	TimeAverage	0.00	0.00	0.00

Monitorování teploty vedení u ETRANS (Švýcarsko), třídenní zobrazení trendu průměrné teploty vedení a spočteného odporu vedení

© ABB Group - 21 - 3-Apr-09

LTM - Monitorování teploty vedení

- **Cíle a přínosy**
  - Poskytuje operátorům dobrý odhad průměrné teploty intenzivně zatížených vedení. To je rozhodná informace pro zamezení přetížení a odpojení vedení.
  - Podél koridoru není nutný žádný senzor;
    Měřící sensory jsou na začátku a na konci vedení, kde existuje komunikační infrastruktura.
  - Krátké měřící intervaly pro rychlou indentifikaci kritické úrovně teploty (v rozsahu sekund)
  - Přímá integrace s SCADA EMS
  - Cenově efektivní řešení pro investice a provoz použitím měřícího zařízení v rozvodnách
  - Snížení rizika měřením mimo VVN potenciál (silné ovlivnění elektrickým polem).
  - Možnost provozního personálu přijmout rychlé rozhodnutí přijetím jedné průměrné teploty místo mnoha měřených hodnot -> možnost nastavit proveditelné úrovně varování a alarmů.

© ABB Group - 22 - 3-Apr-09

VSM – Monitorování stability pro koridory

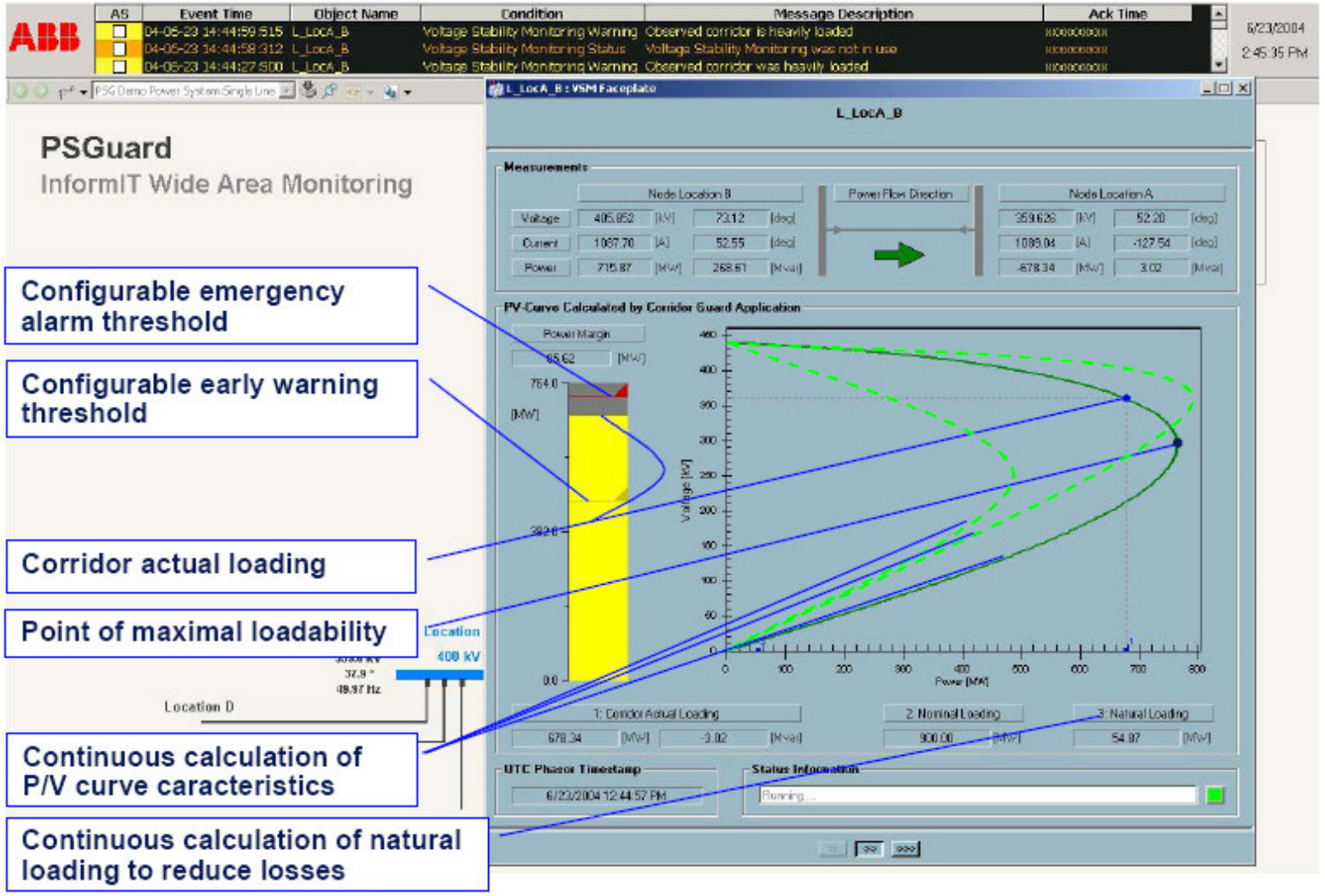
- Hlavní funkcí je poskytovat dispečerovi dostatek informací k vyhodnocení aktuální rezervy výkonu s ohledem na stabilitu napětí t.j. objem dodatečného činného výkonu, který může být přenesen po přenosovém vedení bez ohrožení stability napětí.

- Vstupy
  - Fázor napětí na jedné straně vedení (měřeno jednotkou PMU 1)
  - Fázor proudu jedné straně vedení (měřeno jednotkou PMU 1)
  - Fázor napětí na druhé straně vedení (měřeno jednotkou PMU 2)
  - Fázor proudu na druhé straně vedení (měřeno jednotkou PMU 2)
  - Parametry vedení
  - Mez pro včasné varování (volitelné)
  - Mez pro nouzový alarm (volitelné)

- Výstupy
  - Rezervy výkonu (maximální možný objem dodatečného výkonu, který může být přenesen po monitorovaném přenosovém koridoru bez ohrožení stability napětí).
  - Theveninův ekvivalent impedance přenosového koridoru + oblasti generátoru viděno z pohledu oblasti zátěže
  - Theveninův ekvivalent zdroje napětí oblasti generátoru
  - Ekvivalent impedance oblasti zátěže
  - Zobrazení P/V křivky, která ilustruje závislost napětí v oblasti zátěže na přenášeném výkonu přes koridor
  - Zobrazení maximálního možného výkonu, který může být přenesen po koridoru
  - Zobrazení aktuálního pracovního bodu na P/V křivce
  - On-line varování a alarmy
  - Směr výkonu
  - Konfigurace výše uvedené funkciality
  - Autokontrola

© ABB Group - 23 - 3-Apr-09

VSM – Monitorování stability pro koridory



Monitorování stability napětí – P/V křivka

© ABB Group - 24 - 3-Apr-09

VSM – Monitorování stability pro koridory

- **Cíle a přínosy**
  - Zlepšuje řízení napětí
  - Zlepšuje stabilitu, bezpečnost a spolehlivost sítě
  - Redukuje náklady a přináší větší funkcionalitu z ochran a řídicích systémů
  - Umožňuje bezpečné provozovat síť blíže k jejím projektovaným limitům
  - Poskytuje lepší přehled o síti

© ABB Group - 25 -
3-Apr-09

POM – Monitorování oscilací výkonu

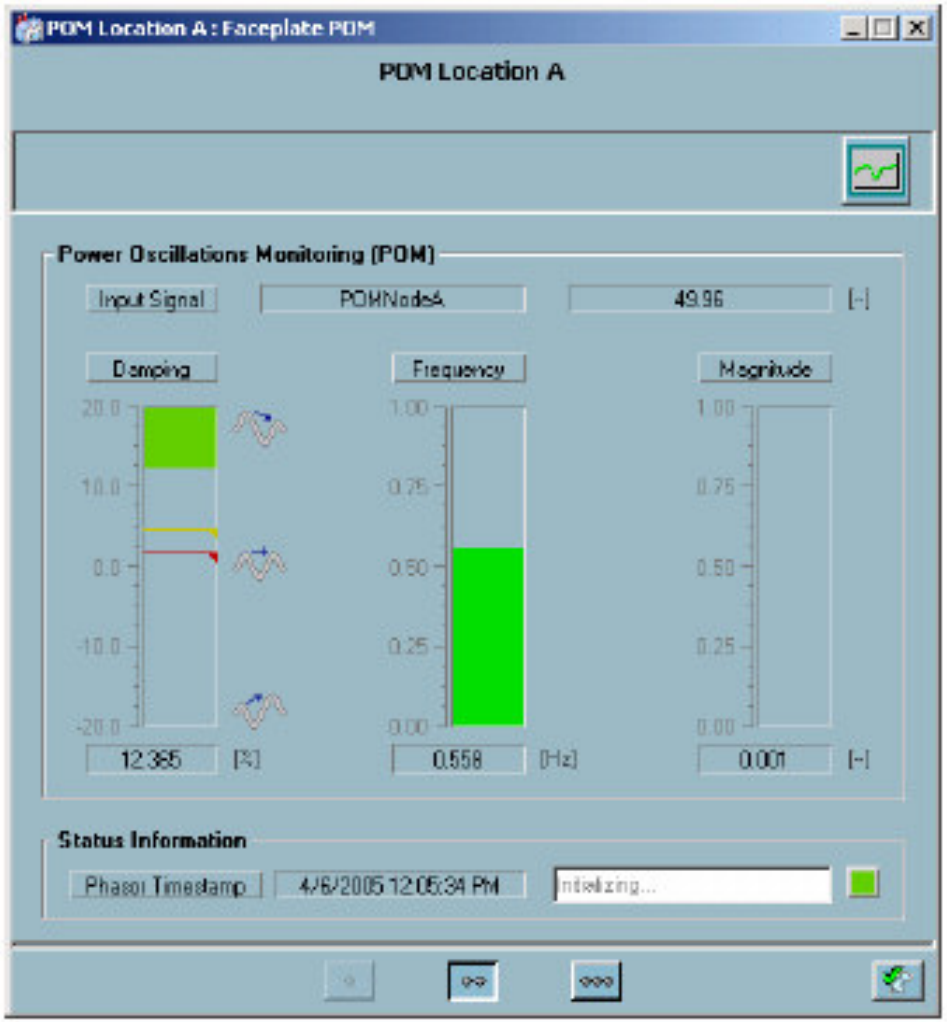
- Monitorování oscilací výkonu je algoritmus používaný pro detekci kyvu výkonu v sítích VVN. Do algoritmu vstupují vybrané fázory napětí a proudu. Algoritmus zpracovává fázory a detekuje různé módy kyvu (oscilací výkonu). Algoritmus rychle identifikuje frekcenci a útlum kyvů. Algoritmus využívá techniku adaptivní Kalmanovy filtrace.

- Vstupy
  - Měření: Napětí nebo proud (amplituda nebo úhel) vzorkován každých 100ms nebo rychleji
  - Parametry – nastavení algoritmu a aplikace software explicitně
  - Úrovně varování a alarmů pro útlum (upozornění a nouze)
  - Parametry algoritmu detekce

- Výstupy
  - Útlum dominantního oscilačního módu (časové okno t.j. trendový displej)
  - Frekvence dominantního oscilačního módu (časové okno t.j. trendový displej)
  - Amplituda oscilací (časové okno t.j. trendový displej)
  - Útlum ostatních oscilačních módů (časové okno t.j. trendový displej)
  - Frekvence ostatních oscilačních módů (časové okno t.j. trendový displej)
  - Alarmy, když útlum jakéhokoli oscilačního módu klesne pod předdefinovanou hodnotu

© ABB Group - 26 - 3-Apr-09

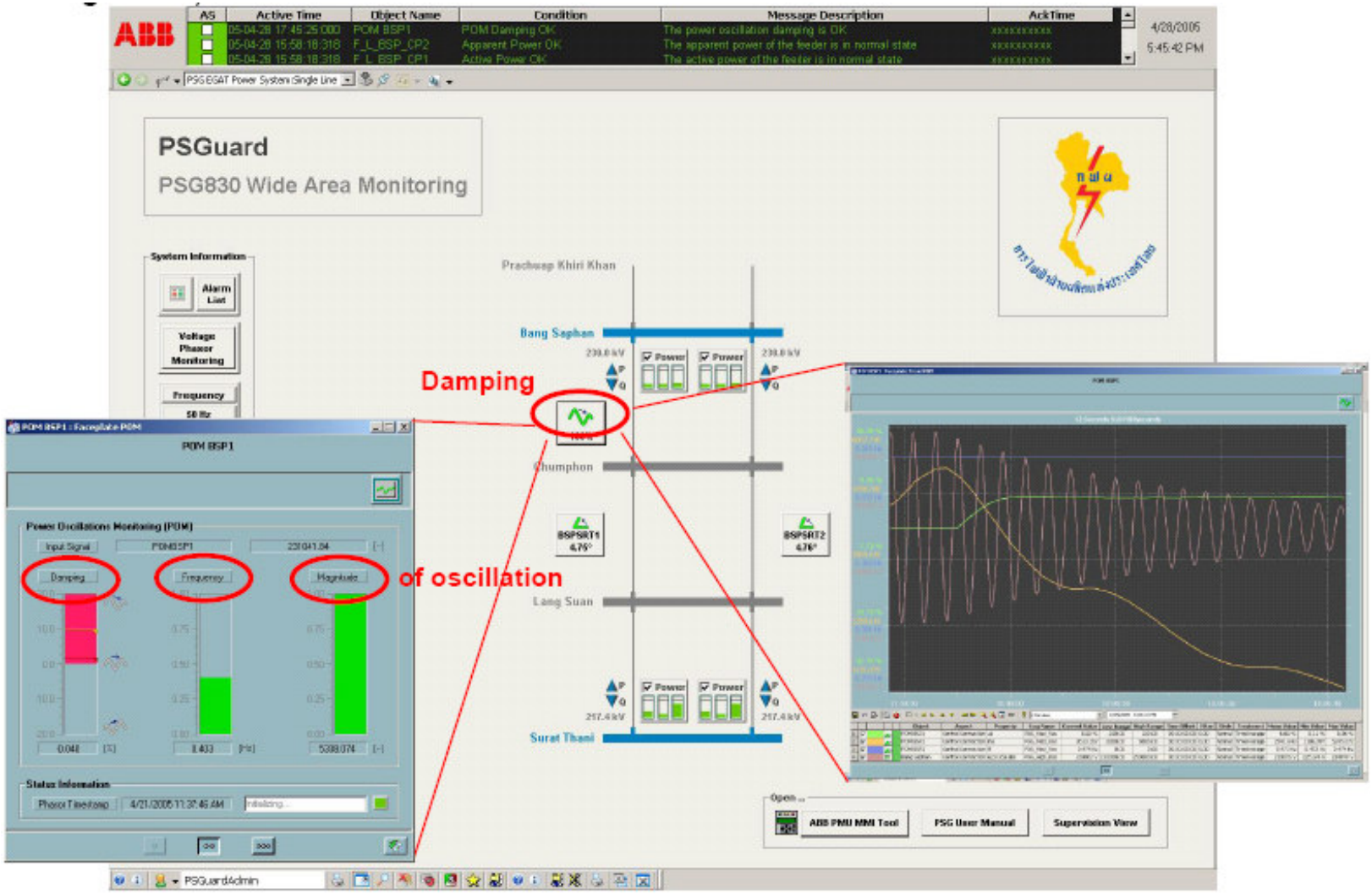
POM – Monitorování oscilací výkonu



Monitorování oscilací výkonu (útlum, frekvence a amplituda)

© ABB Group - 27 -
3-Apr-09

POM – Monitorování oscilací výkonu



Oscilace výkonu (Chorvatsko)

POM – Monitorování oscilací výkonu

- **Cíle a přínosy**
  - Krátkodobé přínosy:
    - Okamžité uvědomění o stavu přenosové sítě ve smyslu oscilací – dispečer vidí urgentnost situace
    - Indikace oscilací frekvence, které mohou být spojeny se známým existujícím módem sítě t.j. dispečer může rozlišit zda je vzbuzen lokální nebo mezi-oblastní mód
  - Dlouhodobé přínosy:
    - S pomocí uložených dat a jejich analýzou může být provedena dlouhodobá statistika. Může být provedeno posílení sítě pro utlumení frekvencí, které se zdají být nejnebezpečnější.
  - Shrnutí cílů a přínosů
    - Zlepšuje řízení napětí
    - Zlepšuje stabilitu, bezpečnost a spolehlivost sítě
    - Redukuje náklady a přináší větší funkcionalitu z ochran a řídicích systémů
    - Umožňuje bezpečné provozovat síť blíže k projektovaným limitům
    - Poskytuje lepší přehled o síti

© ABB Group - 29 - 3-Apr-09

FSM – Monitorování stability frekvence

- Algoritmus monitorování stability frekvence odhaduje vlivy nerovnováhy výkonu na frekvenci modelováním odezvy zátěže a setrvačnosti generátorů. Pokud není odhadovaná frekvence akceptovatelná, je spočítáno a navrženo opatření pro dosažení žádané frekvence.

- Vstupy
  - Fázor napětí ve vybrané rozvodně/u generátoru (měřeno jednotkou PMU)
  - Fázor proudu ve vybrané rozvodně/u generátoru (měřeno jednotkou PMU)

- Výstupy
  - Predikce ustáleného stavu po události
  - Trendový displej kolísání frekvence and příslušný útlum
  - Detekce události
  - Identifikace a velkost/kolísání nejdůležitější frekvence
  - Amplituda nejdůležitějšího druhu změny frekvence
  - Absorpce nejdůležitějšího druhu změny frekvence
  - Gradient změny frekvence
  - Odhadovaná střední hodnota analyzovaného signálu
  - Odhadovaná amplituda oscilací analyzovaného signálu
  - Indikace trendu oscilací a příslušná absorpce
  - On-line varování a nouzové alarmy, spouštěcí a základní hodnota pro load shedding zamýšlené nápravné akce

© ABB Group - 30 - 3-Apr-09

FSM – Monitorování stability frekvence

- **Cíle a přínosy**
  - Zlepšuje řízení napětí a frekvence
  - Zlepšuje stabilitu, bezpečnost a spolehlivost sítě
  - Redukuje náklady a přináší větší funkcionalitu z ochran a řídicích systémů
  - Umožňuje bezpečné provozovat síť blíže k jejím projektovaným limitům
  - Poskytuje lepší přehled o síti

© ABB Group - 31 -
3-Apr-09

SC – Kalkulátor stavu

- Nejdříve je použita detekce topologie přímo pozorovatelných prvků (pokud tato informace není k dispozici z externího zdroje např. SCADA). Potom jsou počítány stavy (amplitudy a fáze napětí a proudu) v dosahu přímé pozorovatelnosti. Následně jsou určeny zbývající stavy prvků (t.j. topologie) a ostatní stavy.

- Vstupy
  - Fázory napětí a produ z vybraných lokalit sítě
  - Parametry sítě

- Výstupy
  - Všechny fázory napětí sledované oblasti
  - Všechny fázory produ větví (t.j. vedení a transformátory) sledované oblasti
  - Stavy (ZAP nebo VYP) větví sledované oblasti

© ABB Group - 32 -
3-Apr-09

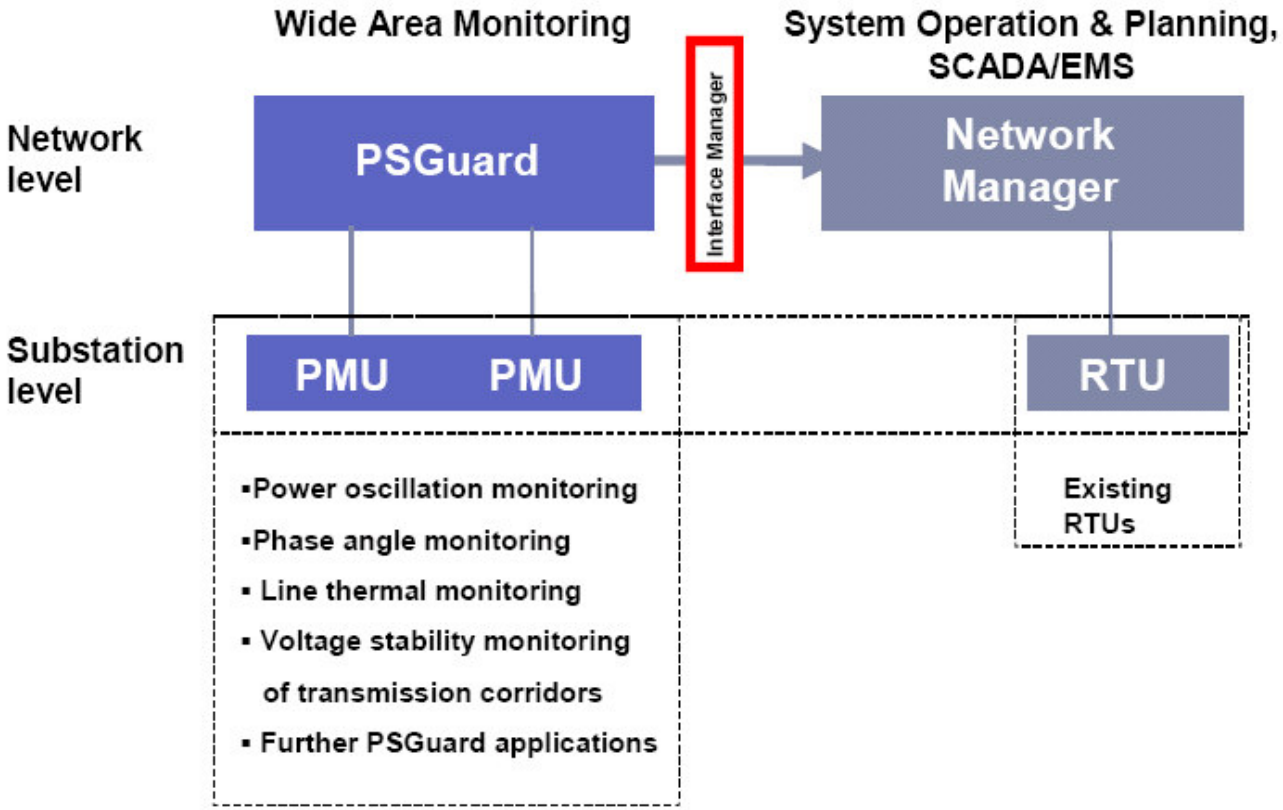
SC – Kalkulátor stavu

- **Cíle a přínosy**
  - Snížuje trvání výpadků a odezvy
  - Zlepšuje analýzu kvality
  - Zlepšuje řízení napětí
  - Zlepšuje stabilitu, bezpečnost a spolehlivost sítě
  - Redukuje náklady a přináší větší funkcionalitu z ochran a řídicích systémů
  - Umožňuje bezpečné provozovat síť blíže k jejím projektovaným limitům
  - Poskytuje lepší přehled o síti
  - Méně chyb ve stavové estimaci díky zvýšené redundanci z měření fázorů
  - Zvýšená přesnost modelu díky kalkulace parametrů

© ABB Group - 33 -
3-Apr-09

Manažer rozhraní

- Manažer rozhraní poskytuje operátorům zpracovaná data a alarmy ze systému PSGuard. Rozhraní je nezávislé na platformě a umožňuje přístup k datům různým operačnímsystémům (Windows, Unix, Linux, VMS) SCADA/EMS. Přenos dat může být konfigurován až na 1s.



© ABB Group - 34 - 3-Apr-09

Manažer rozhraní

- **Cíle a přínosy**
  - Manažer rozhraní poskytuje SCADA/EMS časové synchronizovaná data ze sítě s přesností 1µs.
  - Všechna přenášená on-line data jsou z PMU a mají časovou značku. Výsoce přesná měření fázorů (s přesností amlitudy 0,1 % a fáze 0,1 %) jsou přenášena společně s informací o dostupnosti GPS synchronizace a komunikačního spoje.
- **Komunikační protokoly**
  - IEC 60870-5-101
  - IEC 60870-5-104
  - DNP 3.0
  - RP570
  - ADLP180
  - Teleconnect III T5000
  - OPC Server (OPC400)
  - Siemens Sinaut ST1

© ABB Group - 35 -
3-Apr-09

Záznam událostí a automatický export

- Jde o balík pokročilého automatického exportu historických dat, který zvyšuje hodnotu funkcionality ukládání a exportu dat. Data budou archivovány automaticky v závislosti na hodnotě s prehistorií a po události. Umožňuje automaticky poslat data ve formátu Excel různým příjemcům pomocí e-mailu. Jeden soubor jednoho vybraného signálu je možné konvertovat do Excel přímo (jako vstup adresáře historie).

- Vstupy
  - Spouštěcí podmínky pro automatický export dat (volitelné)
  - Fázor napětí ve všech lokalitách (měřeno jednotkami PMU)
  - Fázor proudu ve všech lokalitách (měřeno jednotkami PMU)
  - Frekvence ve všech lokalitách (měřeno jednotkami PMU)

- Výstupy
  - Samostatný exportní balík podle UCTE požadavků
  - Činný a jalový výkon
  - Napětí a frekvence
  - Autokontrola

© ABB Group - 36 - 3-Apr-09

Manažer rozhraní

- **Cíle a přínosy**
  - Manažer rozhraní poskytuje SCADA/EMS časově synchronizovaná data ze sítě s přesností 1µs.
  - Všechna přenášená on-line data jsou z PMU a mají časovou značku. Výsoce přesná měření fázorů (s přesností amlitudy 0,1 % a fáze 0,1 %) jsou přenášena společně s informací o dostupnosti GPS synchronizace a komunikačního spoje.
- **Komunikační protokoly**
  - IEC 60870-5-101
  - IEC 60870-5-104
  - DNP 3.0
  - RP570
  - ADLP180
  - Teleconnect III T5000
  - OPC Server (OPC400)
  - Siemens Sinaut ST1

© ABB Group - 37 - 3-Apr-09

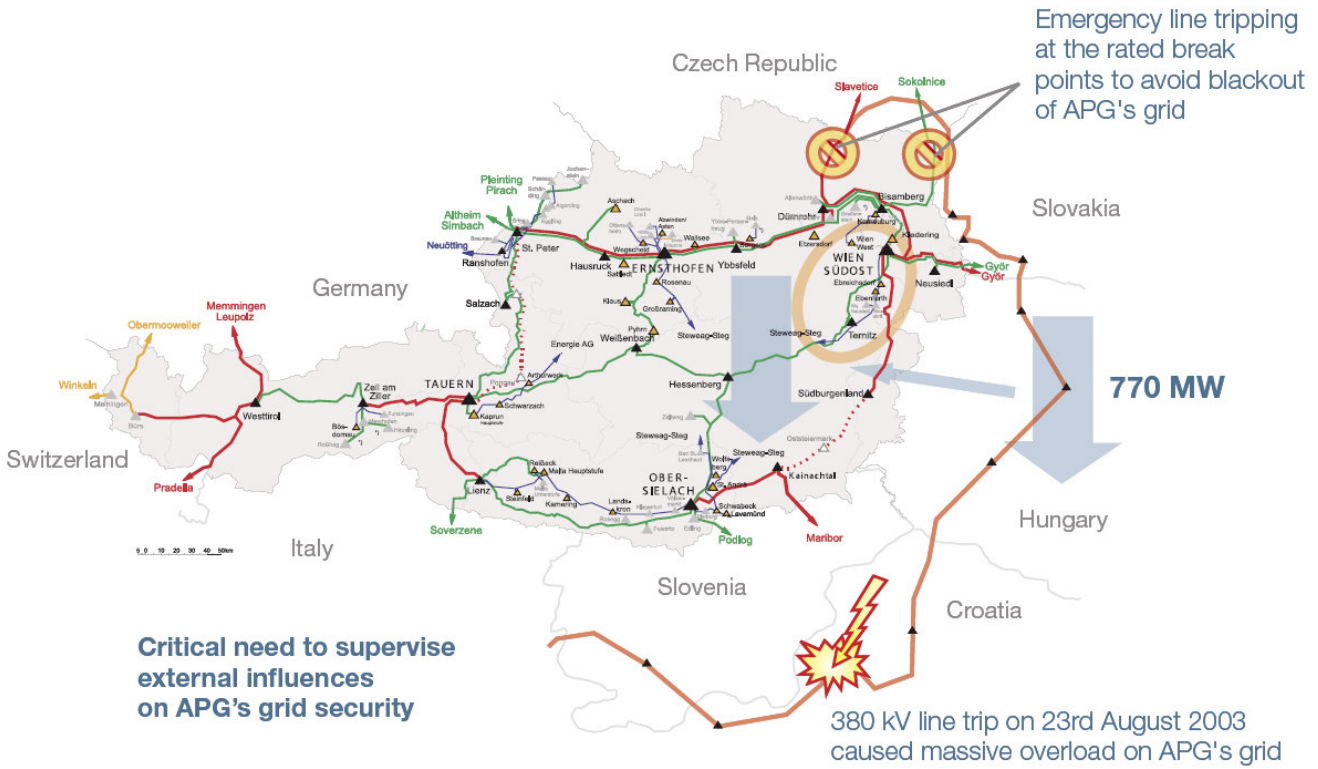
Realizované systémy PSGuard

- APG Rakousko
- ETRANS Švýcarsko
- HEP Chorvatsko
- UCTE resynchronizace 1 a 2

© ABB Group - 38 -
3-Apr-09

APG Rakousko

- Pokrytí slabého místa v přenosu po dvojitém vedení 220kV Vídeň Jihovýchod - Ternitz



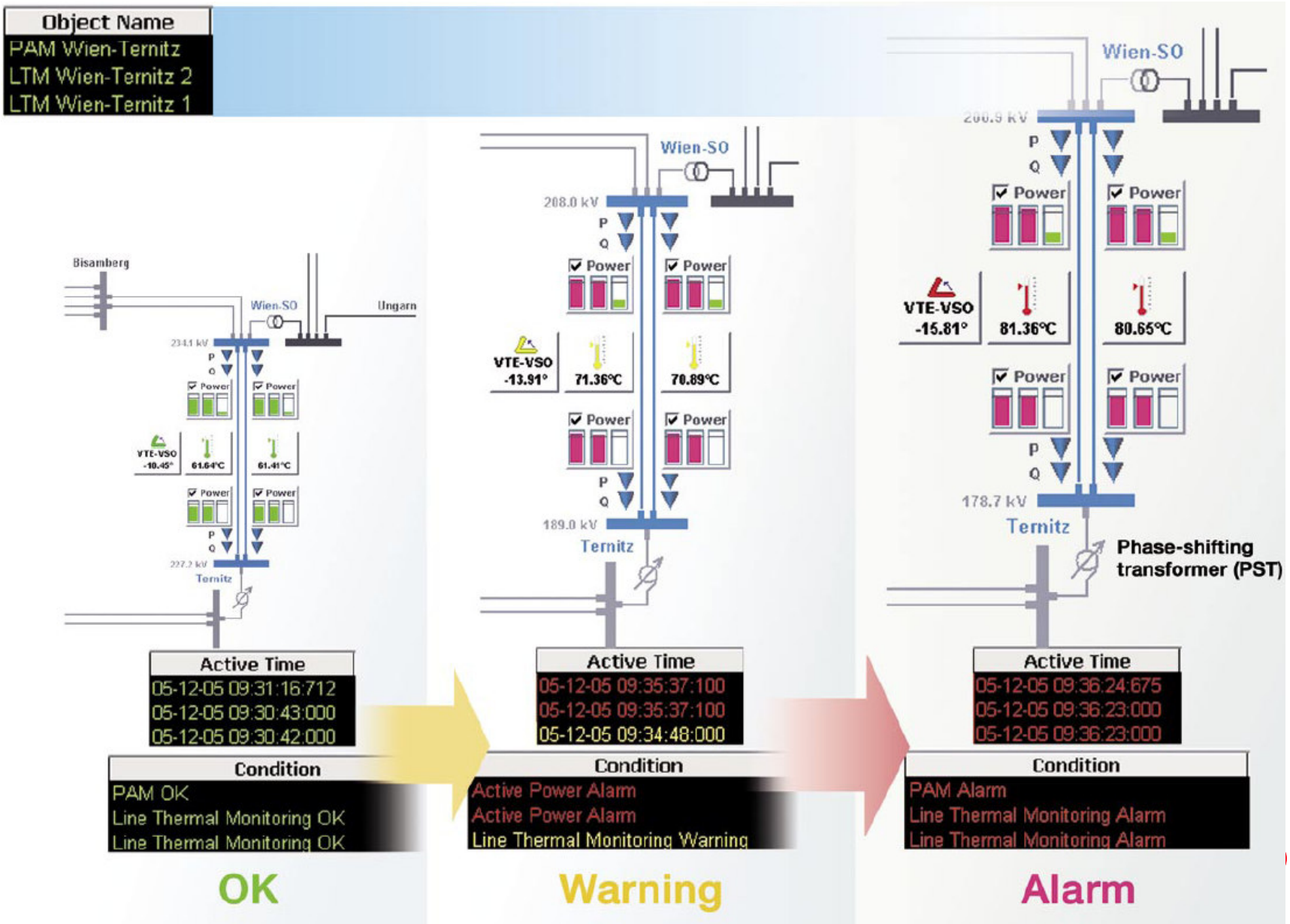
© ABB Group - 39 - 3-Apr-09

APG Rakousko

- Řešení
  - Dodávka systému PSG 850 včetně PMU instalovaných na vedení 2x 220kV Vídeň Jihovýchod – Ternitz
  - Aplikace:
    - Monitorování fázového úhlu (PAM)
    - Monitorování teploty vedení (LTM)

© ABB Group - 40 -
3-Apr-09

APG Rakousko



Kontakty

Jiří Roubal

ABB s.r.o., Divize Power System

E-mail: jiri.roubal@cz.abb.com

Mobile: +420 731 552 581

Power and productivity
for a better world™