



Konwersatorium pod patronatem:

DZIEKANA WYDZIAŁU ELEKTROTECHNIKI,  
AUTOMATYKI, INFORMATYKI I INŻYNIERII  
BIOMEDYCZNEJ AGH oraz

KOMISJI ELEKTROTECHNIKI, INFORMATYKI I  
AUTOMATYKI PAN, ODDZIAŁ W KRAKOWIE

Tytuł referatu:

## **Wykorzystanie techniki pomiarów synchronicznych do podniesienia świadomości sytuacyjnej w systemie elektroenergetycznym**

Autor: **Mariusz Talaga**  
**Energotest Sp. z o.o**

Data: **22. listopada 2017 r. (środa)**  
**godz. 11:00**

Miejsce: **pawilon B1, sala 4 (parter)**

<http://www.smartgrid.agh.edu.pl/>

# Plan prezentacji

---

- **Definicja świadomości sytuacyjnej i synchronofazora**
- **Zastosowania w SEE**
- **Przykłady aplikacji**
- **Wymagania dotyczące synchronofazorów**
- **Implementacja i badania**
- **Próby obiektowe, rejestracje pomiarów synchronicznych**
- **Podniesienie świadomości sytuacyjnej**
- **Podsumowanie**

# Świadomość Sytuacyjna (ŚS)

## Definicja Świadomości Sytuacyjnej (1995)

dla sieci elektroenergetycznej

## Postrzeganie środowiska

np. monitorowanie stanu sieci w czasie rzeczywistym

## Zrozumienie środowiska

np. stworzenie modelu sieci

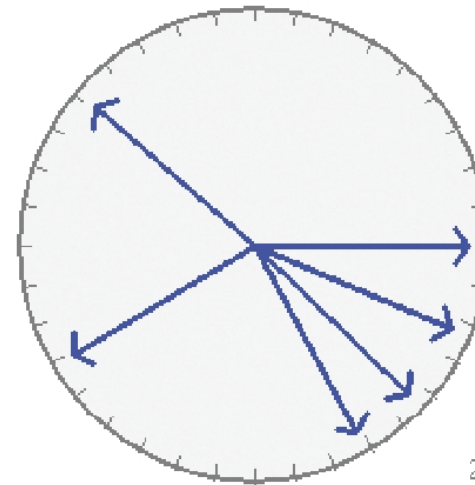
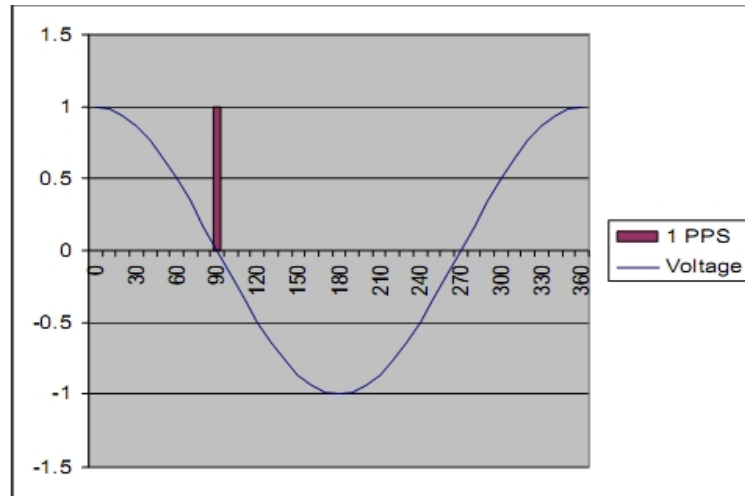
## Projekcja przyszłego stanu

np. wczesne ostrzeżenie



Dr Mica Endsley / źródło Wikipedia

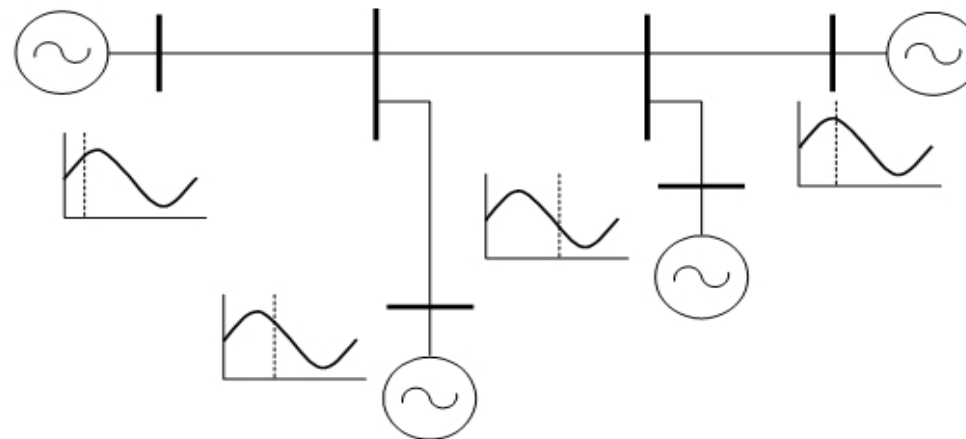
# Definicja synchrofazora



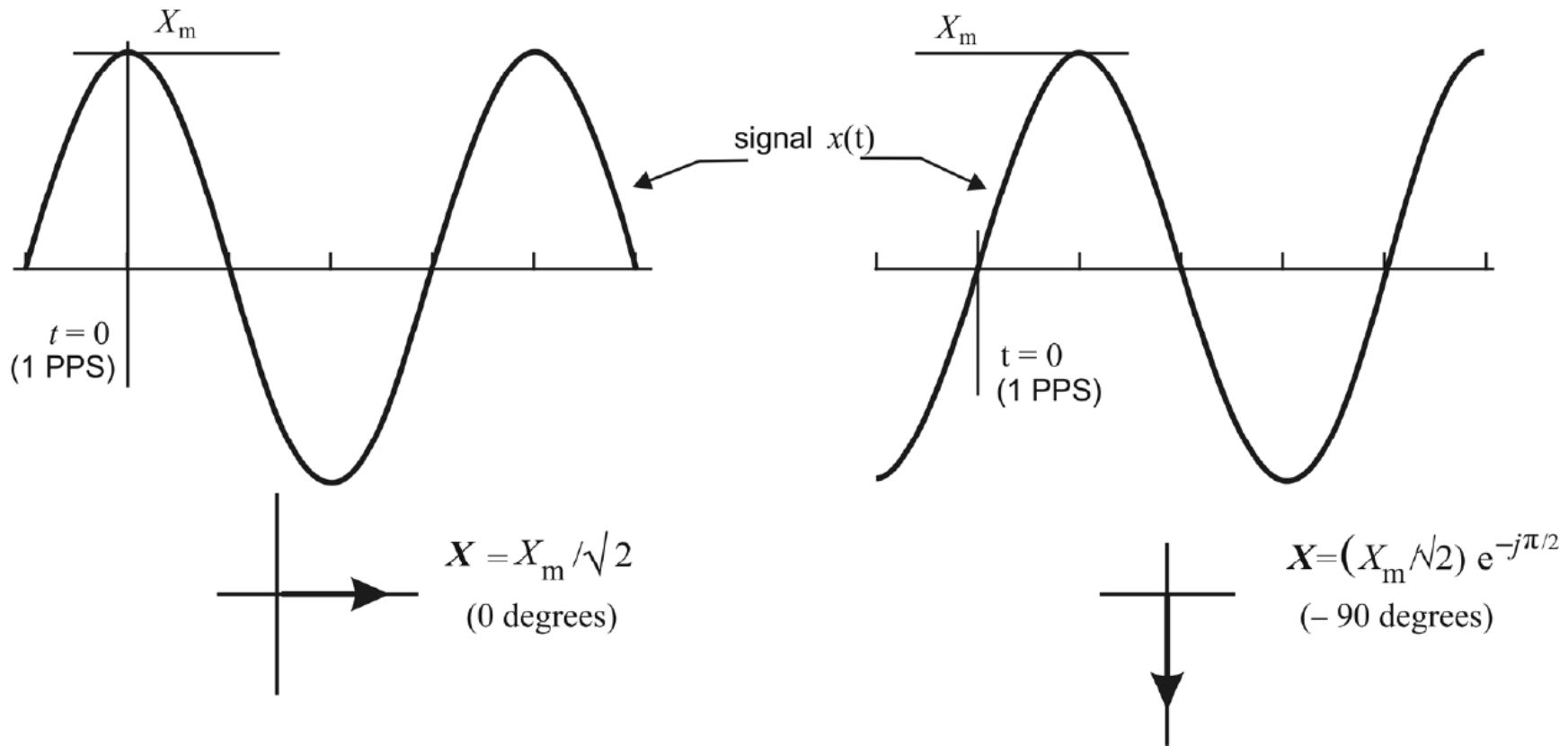
22:17:52.000 UTC

Raportowanie:

Min. : 10/s  
Opt. : 50/s  
Maks.: 200/s



# Przyjęta konwencja opisu synchronfatora



# Estymowane parametry fazorów

- wartość skuteczna 1-harmonicznej poszczególnych faz i/lub składowej zgodnej
- przesunięcie fazowe względem wzorcowego fazora zsynchronizowanego z czasem UTC
- częstotliwość i jej pochodna

Estymacja dokonywana jest przez jednostki PMU  
(Phasor Measurement Unit)

Dane agregowane przez PDC  
(Phasor Data Concentrator)

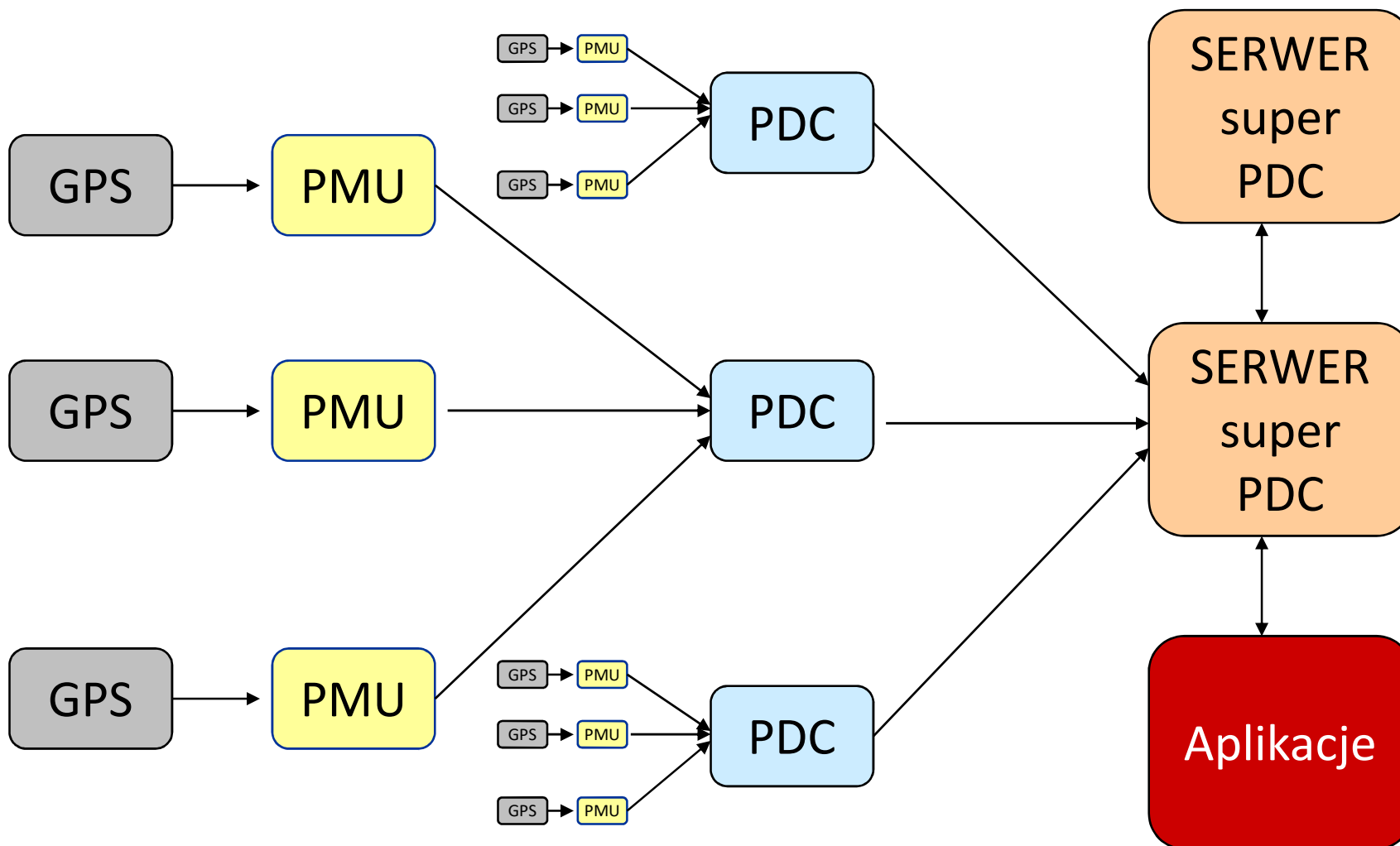


# Zalety pomiarów synchronicznych

- **Pomiary oznaczone etykietą czasu, zsynchronizowane z GPS na poziomie  $\mu\text{s}$**
- **Częste odświeżanie**
- **Możliwość porównania wyników pomiarów z odległych miejsc (pomiary różnicowe)**
- **„Stroboskopowe” dokumentowanie pracy SEE**



# Wide Area Measurement System (WAMS)





# Plan prezentacji

---

- **Definicja świadomości sytuacyjnej i synchronofazora**
- **Zastosowania w SEE**
- **Przykłady aplikacji**
- **Wymagania dotyczące synchronofazorów**
- **Implementacja i badania**
- **Próby obiektowe, rejestracje pomiarów synchronicznych**
- **Podniesienie świadomości sytuacyjnej**
- **Podsumowanie**

# Korzyści jakie przynosi technika synchrofazorów wg. NASPI

---

## THE VALUE PROPOSITION FOR SYNCHROPHASOR TECHNOLOGY

### ITEMIZING AND CALCULATING THE BENEFITS FROM SYNCHROPHASOR TECHNOLOGY USE

Version 1.0

North American Synchrophasor Initiative  
NASPI Technical Report

October 2015

**NASPI** *North American  
SynchroPhasor Initiative*

---

## (NASPI) Synchronfazory (korzyści) – aplikacje on-line

	Better grid reliability	Better grid throughput and usage	Better grid economics and cost savings	Better environmental impact/more renewables
<b>Real-time operations and operations support tools</b>				
Visualization & wide-area situational awareness	X	X		X
Oscillation detection	X	X	X	X
Phase angle monitoring	X	X	X	X
Voltage stability monitoring	X	X		X
Event detection	X	X		X
Event management	X	X	X	X
Islanding detection and restoration management	X		X	
Automated protection and controls	X	X		X

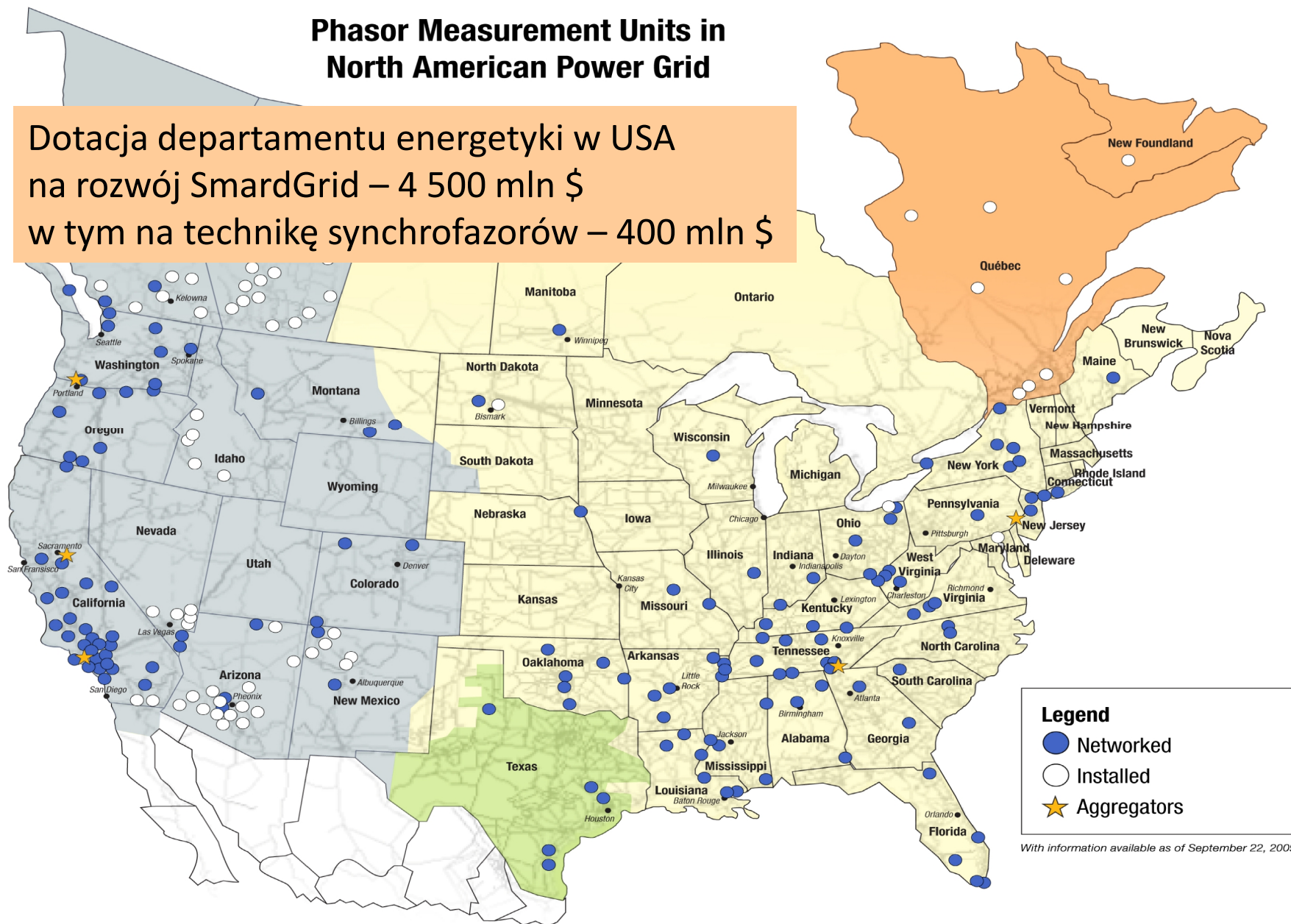
# (NASPI) Synchronofazory (korzyści) – aplikacje off-line

	Better grid reliability	Better grid throughput and usage	Better grid economics and cost savings	Better environmental impact/more renewables
<b>Off-line tools</b>				
Model validation and improvement (generator, load and system models)	X	X	X	X
State estimation and linear state estimation	X	X	X	X
Equipment mis-operations diagnosis	X	X	X	X
Post-event analysis	X		X	X
Operator training	X		X	

# Rozwój techniki synchronfazorów w USA (2009)

## Phasor Measurement Units in North American Power Grid

Dotacja departamentu energetyki w USA na rozwój SmartGrid – 4 500 mln \$  
w tym na technikę synchronfazorów – 400 mln \$



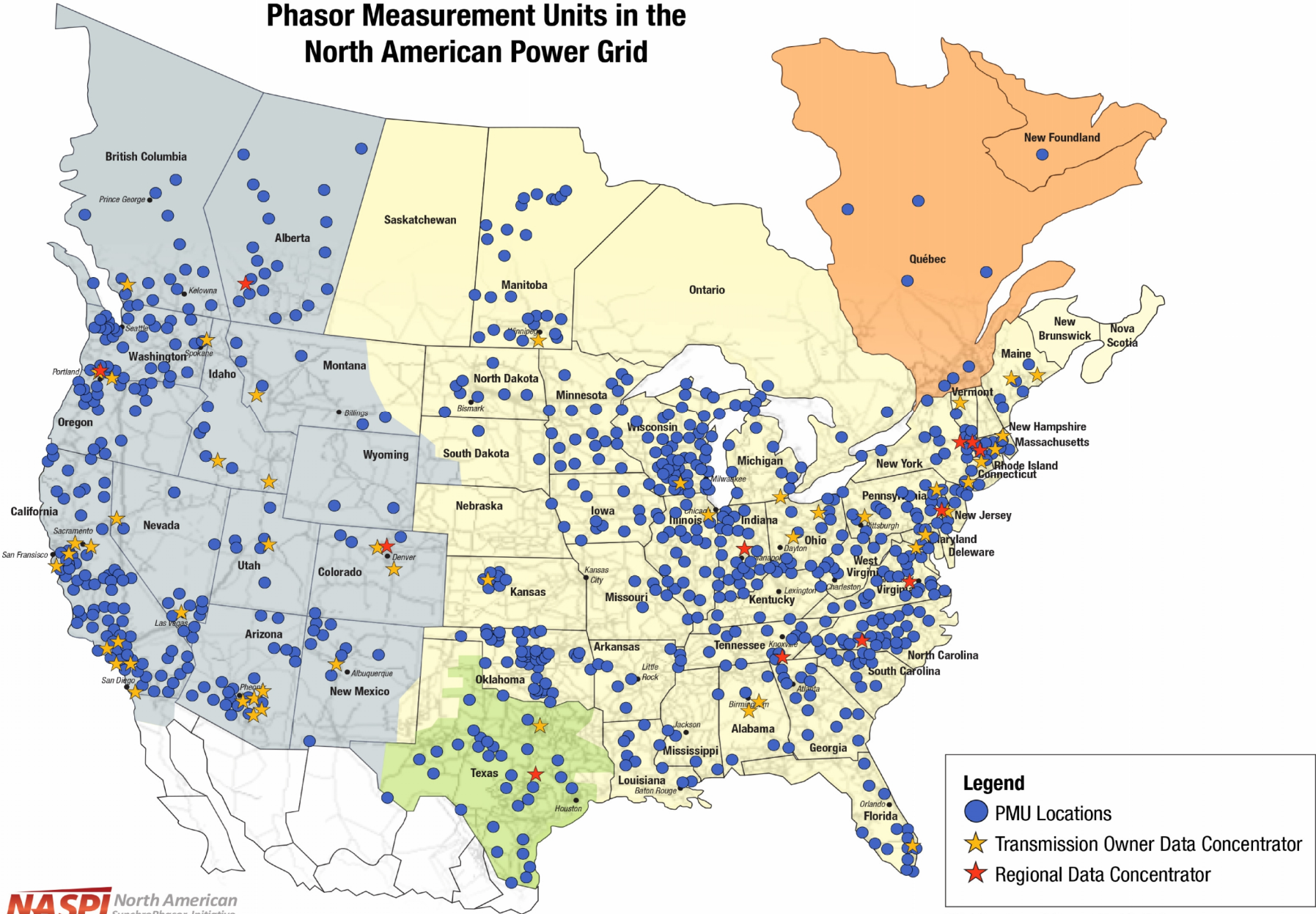
**Legend**

- Networked
- Installed
- ★ Aggregators

With information available as of September 22, 2009

# WAMS w USA (stan w 2015r.)

## Phasor Measurement Units in the North American Power Grid

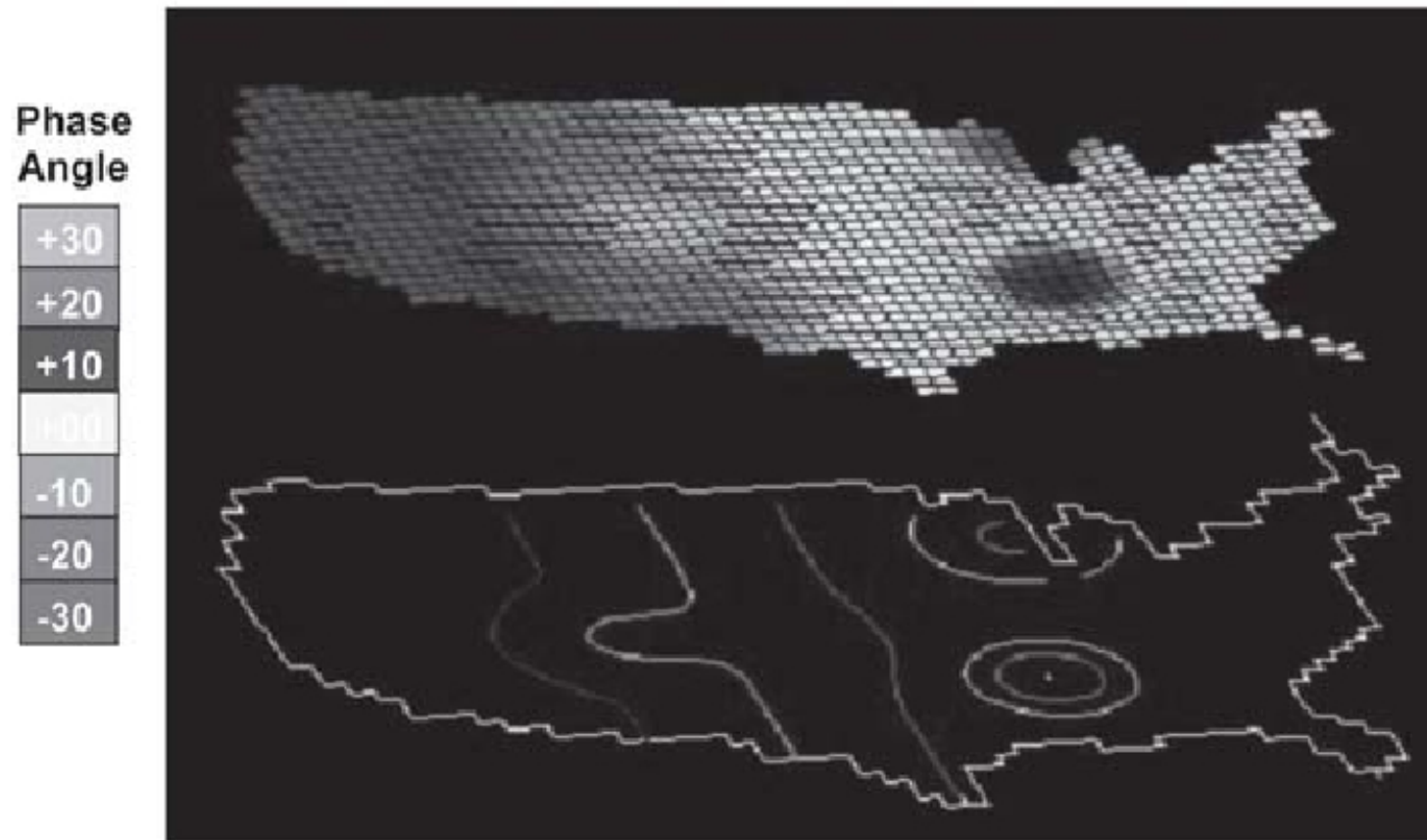


# Plan prezentacji

---

- **Definicja świadomości sytuacyjnej i synchronofazora**
- **Zastosowania w SEE**
- **Przykłady aplikacji**
- **Wymagania dotyczące synchronofazorów**
- **Implementacja i badania**
- **Próby obiektowe, rejestracje pomiarów synchronicznych**
- **Podniesienie świadomości sytuacyjnej**
- **Podsumowanie**

# Przykłady aplikacji (NASPI) – świadomość sytuacyjna





# Przykłady aplikacji (NASPI) – świadomość sytuacyjna

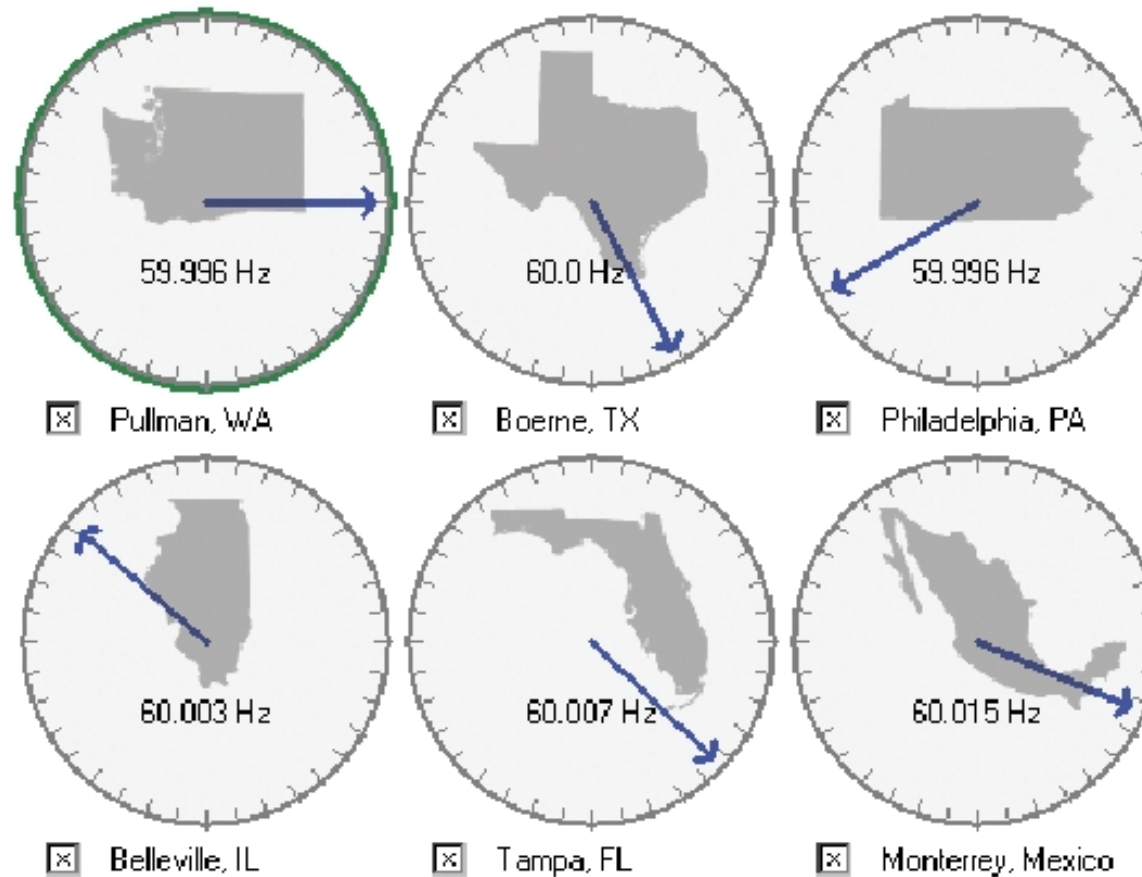
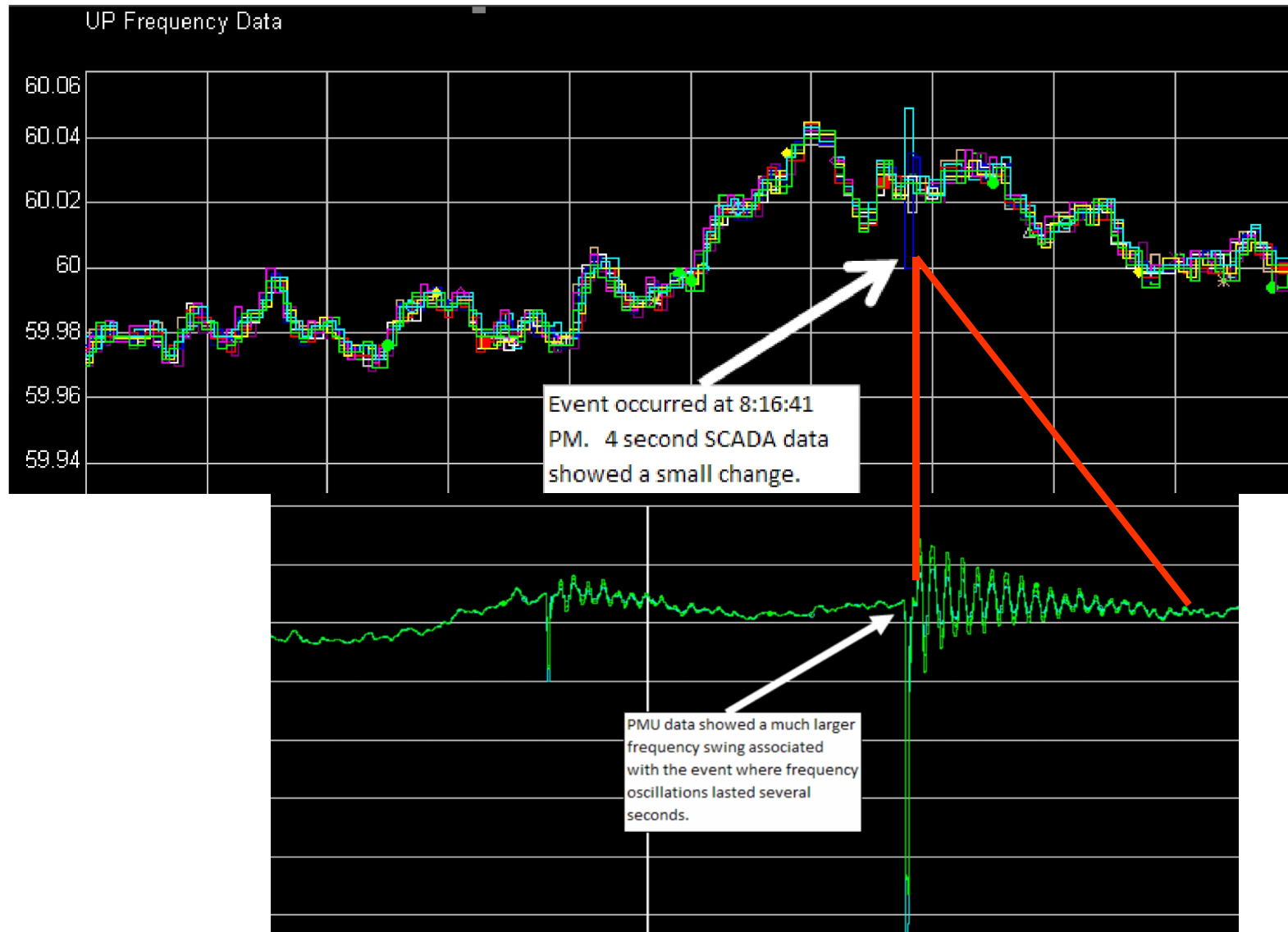
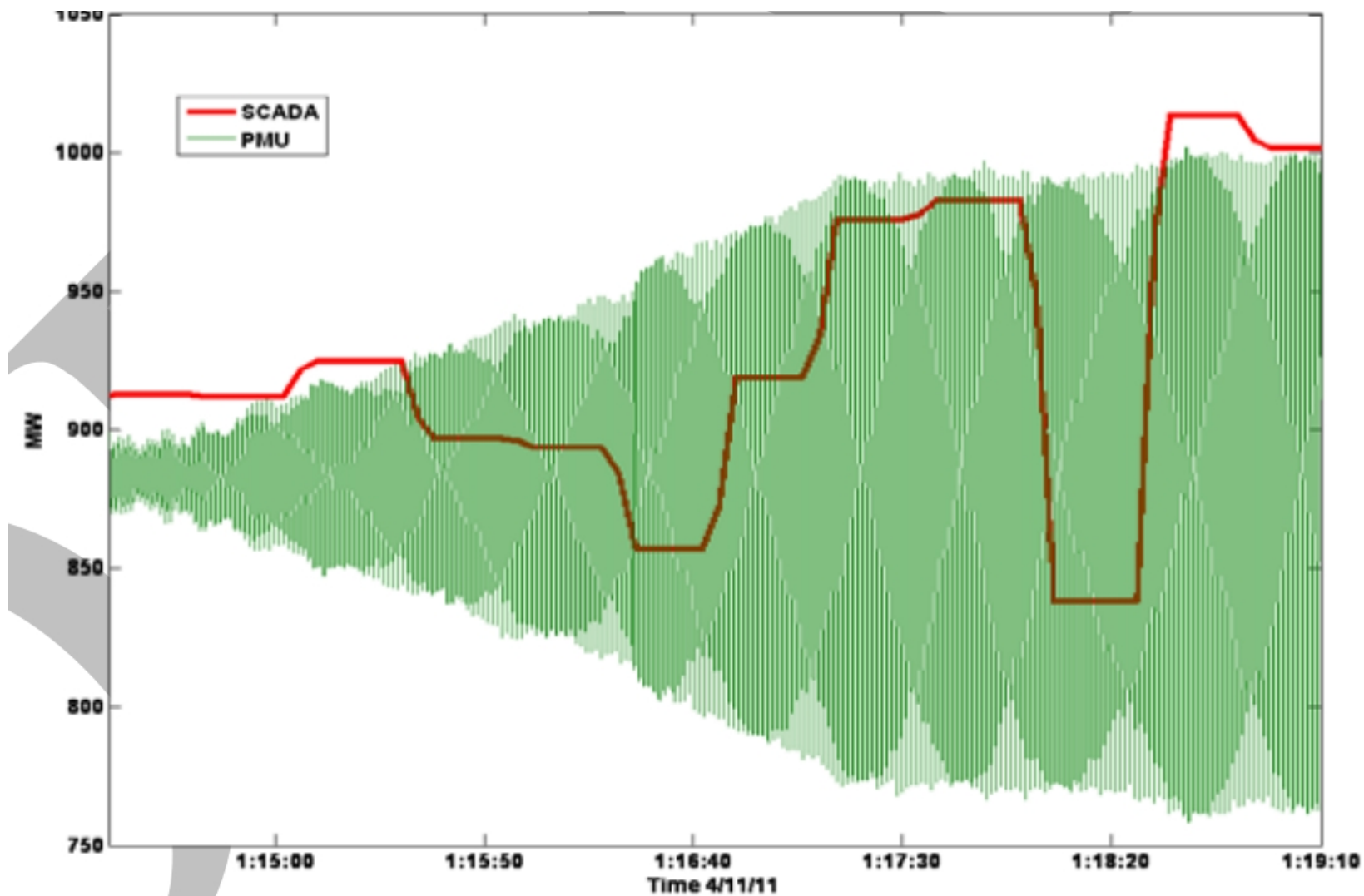


Figure 6 Screen Display of Synchrophasor Data

# SCADA vs. PMU



# SCADA vs. PMU



Konwersatorium. Wykorzystanie pomiarów synchronicznych do podniesienia świadomości sytuacyjnej w SEE.  
Mariusz Talaga. AGH, 22-11-2017.

# Analiza zakłócenia (przykład)

## Synchrophasors - Initiative in India

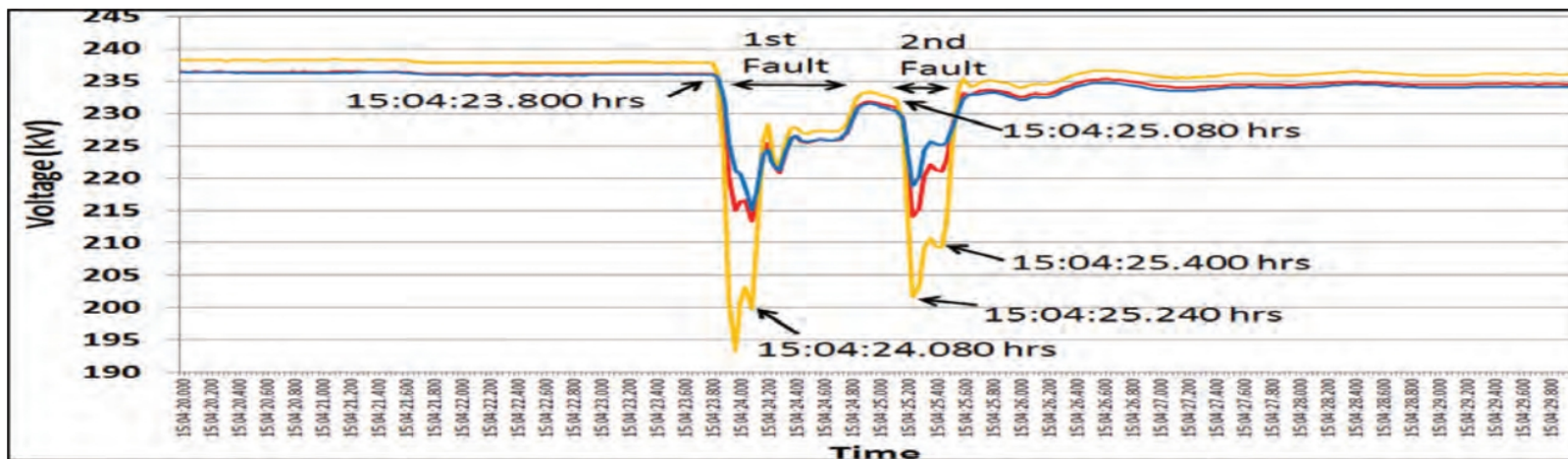


Figure 5-16: 400 kV Somanhalli bus voltage from PMU during CT failure at Hassan S/s

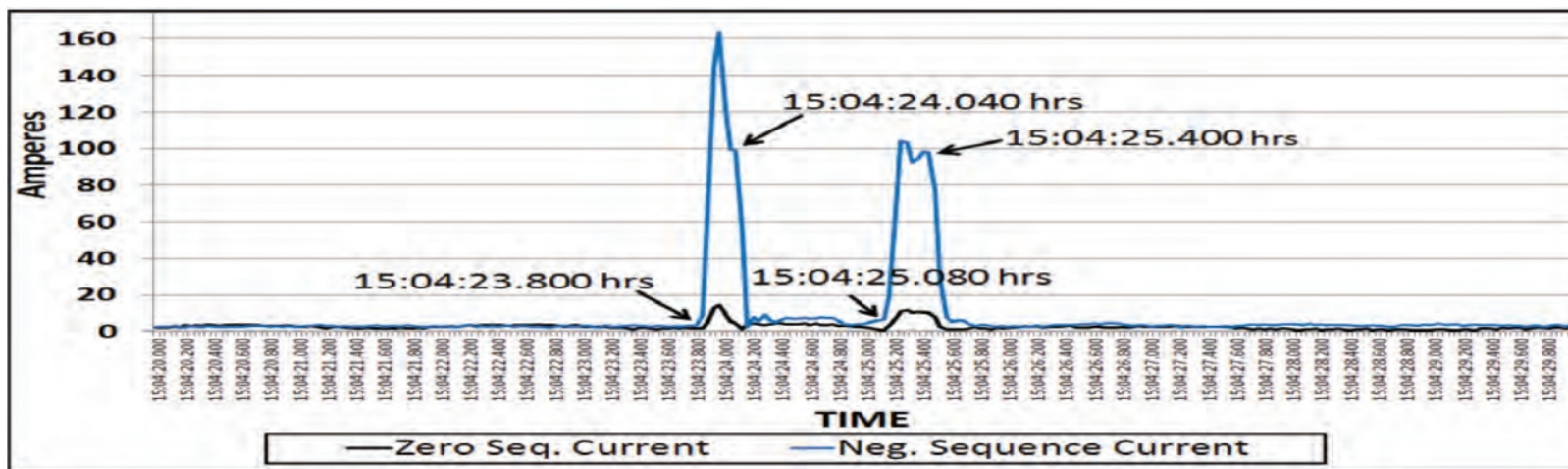


Figure 5-17: Negative and Zero sequence current for 400 kV Somanhalli-Salem Line from Somanhalli PMU

# Monitorowanie wydzielenia obszaru wyspowego

Date and Time : 31-07-2012 13:00 Hrs  
Data Used for Event Analysis : PMU at Kanpur and Jabalpur

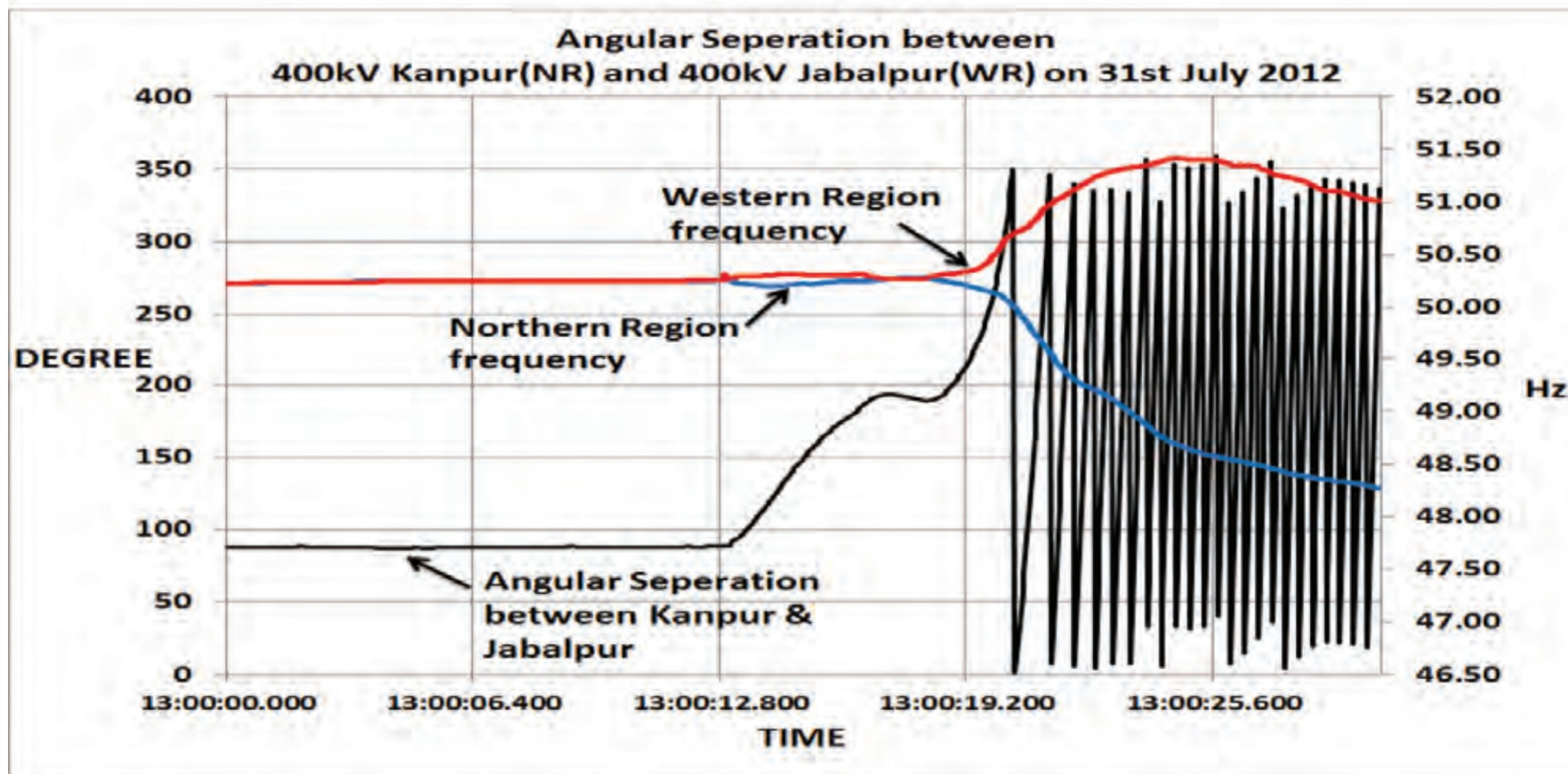


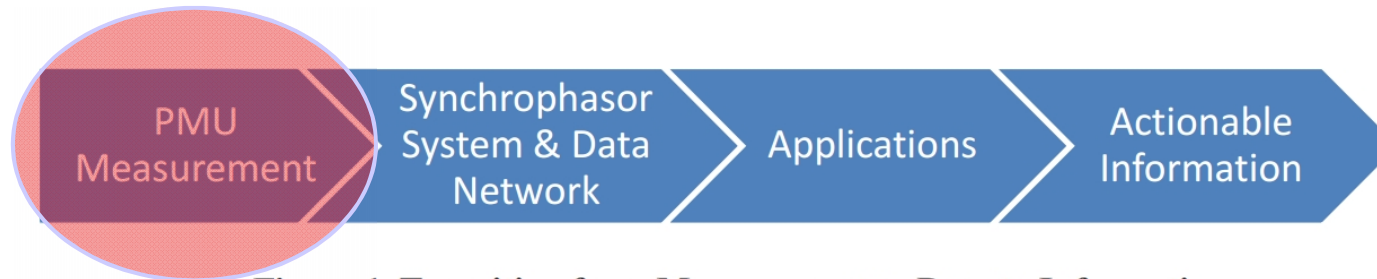
Figure 5-128: Phase angle difference during the islanding of NR, ER and NER from rest of NEW grid on 31<sup>th</sup> July 2012

# Plan prezentacji

---

- **Definicja świadomości sytuacyjnej i synchronizatora**
- **Zastosowania w SEE**
- **Przykłady aplikacji**
- **Wymagania dotyczące synchronizatorów**
- **Implementacja i badania**
- **Próby obiektowe, rejestracje pomiarów synchronicznych**
- **Podniesienie świadomości sytuacyjnej**
- **Podsumowanie**

# Wdrażanie techniki synchrofazorów wg. NASPI



**Figure 1. Transition from Measurement to Data to Information**

The goal of using synchrophasor technology is to improve power system reliability and efficiency

NASPI. SYNCHROPHASOR MATURITY MODEL  
Extracting Value from Synchrophasor Investments  
18-march-2015

# Wymagania dla PMU

---

- **IEEE 1344 – 1995**

Standard for Synchrophasors for Power Systems

- ogólne wymagania

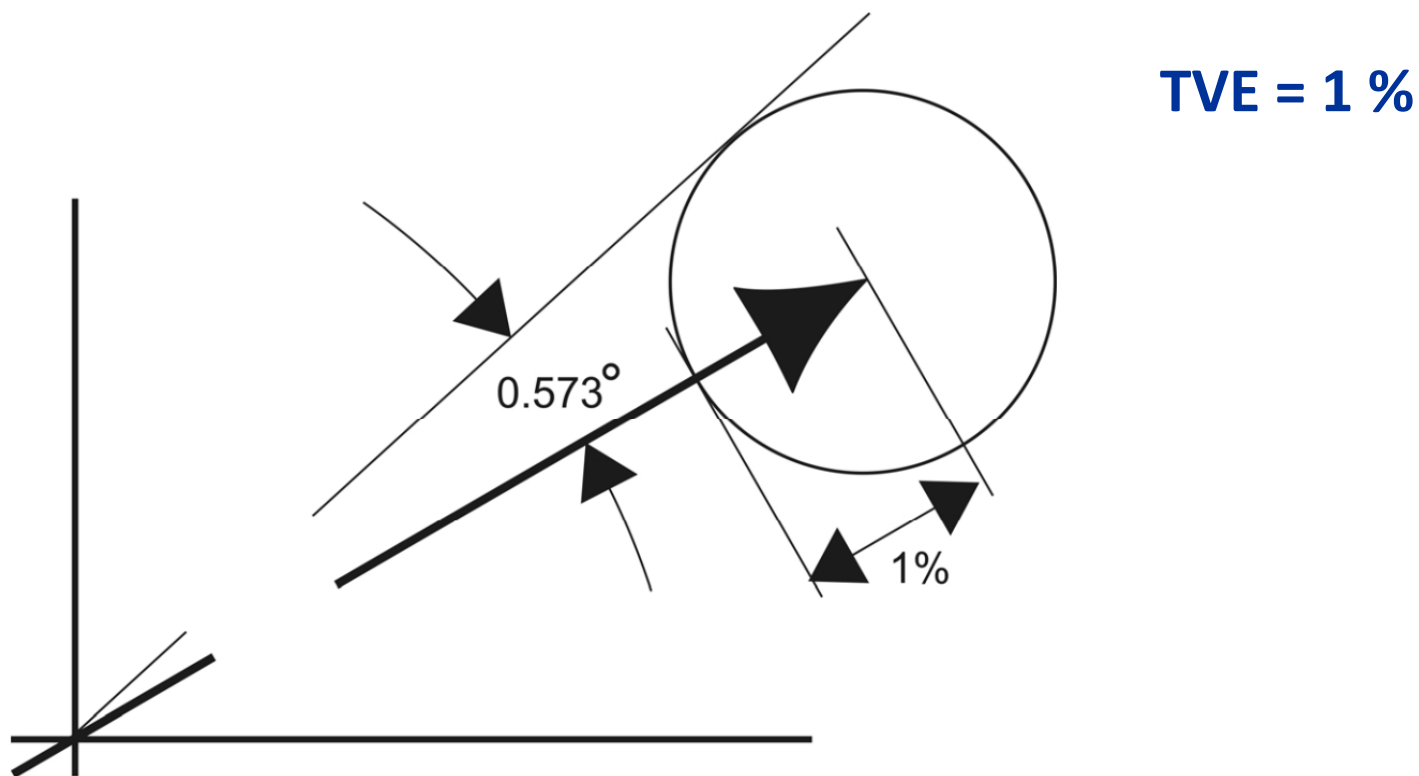
- **IEEE C37.118 -2005**

Standard for Synchrophasors for Power Systems

- definicja wektora TVE



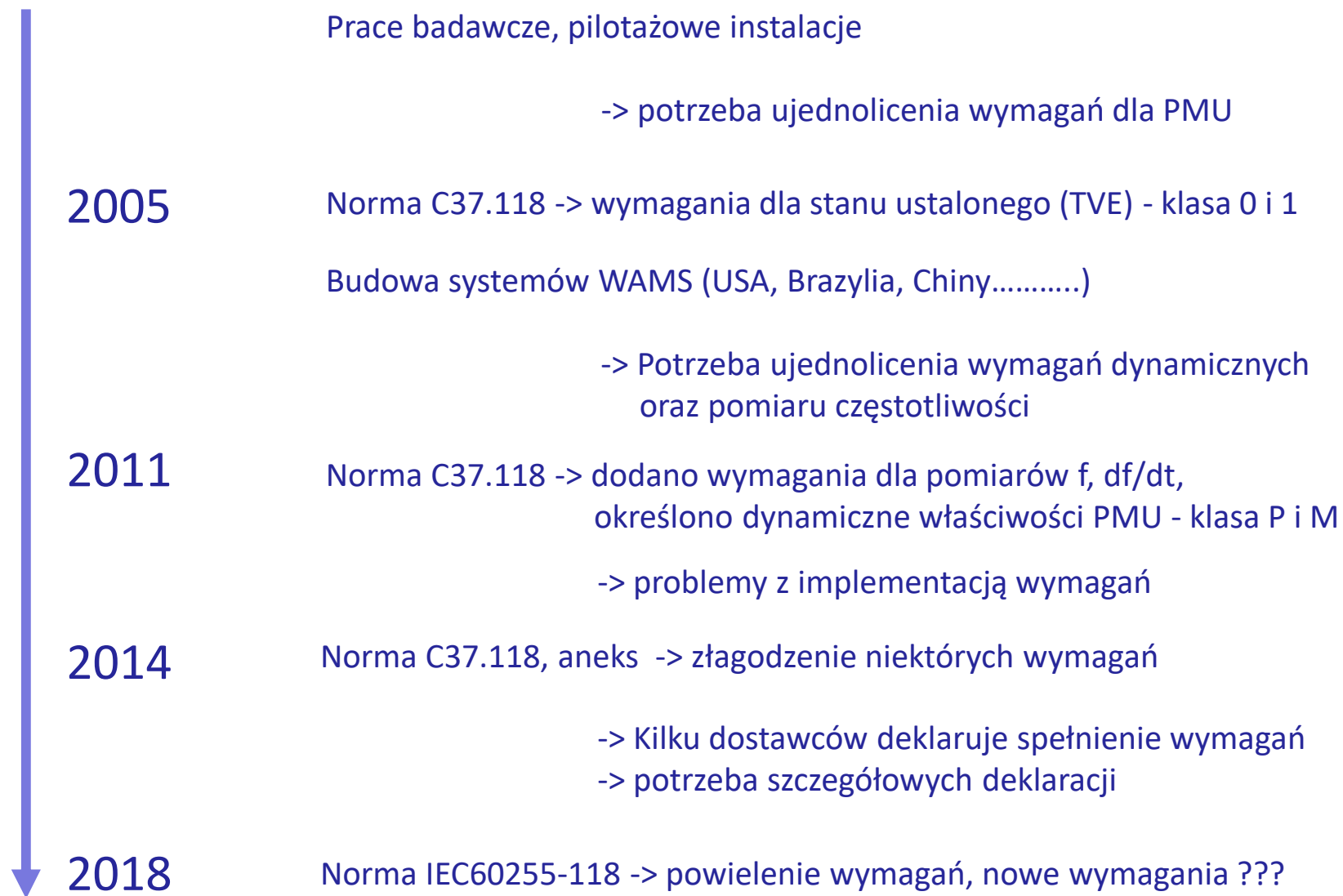
# Total Vector Error (TVE) – definicja



$$0,57^\circ (50\text{Hz}) \Rightarrow 31\mu\text{s}$$

**Rekomendowana dokładność synchronizacji czasu:  $3\mu\text{s}$**

# Technika synchrofazorów – rys historyczny



## Częstość raportowania $F_s$

Wymagania według normy	Częstości raportowania dla systemu 50Hz				
	opcjonalne	Wymagane			opcjonalne
	[ramki / s]				
IEEE C37.118-2005	<10	10	25	-	-
IEEE C37.118.1-2011	<10	10	<b>25</b>	<b>50</b>	100, 200

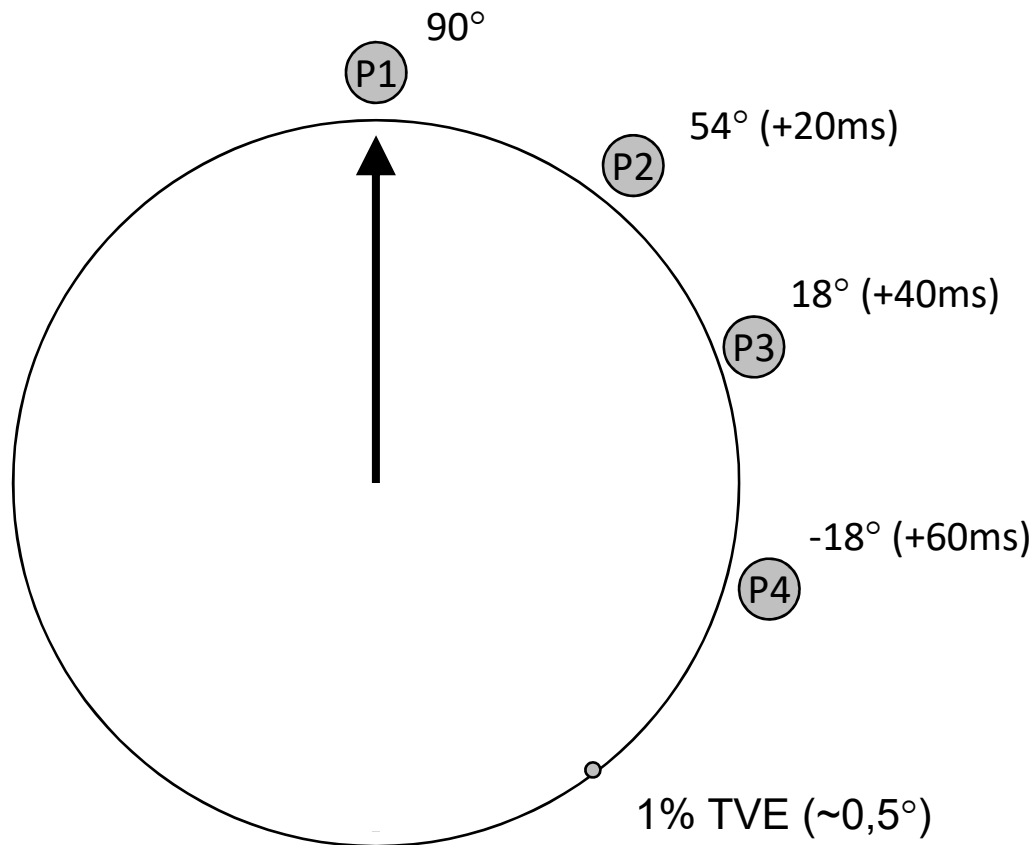
## Klasy PMU i zakresy zmienności wielkości wpływających – stan ustalony

Klasa PMU	C37.118-2005		C37.118-2011	
	0	1	P	M
Błąd TVE	<b>&lt; 1%</b>			
Częstotliwość	$\pm 0,5\text{Hz}$	$\pm 5,0\text{Hz}$	$\pm 2,0\text{Hz}$	$\pm 5,0\text{Hz}$ $F_s \geq 25$ $\pm 2,0\text{Hz}$ $F_s \leq 10$
Temperatura			$0^\circ - 50^\circ\text{C}$	
Napięcie ( $U_n$ )	80-120%	10-120%	80-120%	10-120%
Prąd ( $I_n$ )			10 – 200%	
Harmoniczne (do 50-tej)	1%	10%	1%	10%
Out-of-band (tylko dla $F_s \geq 10$ ) $10\text{Hz} \div F_s/2$	1%	10%		10% <b>TVE &lt; 1,3%</b>

## Klasy PMU - wymagania wg. C37.118-2011 dot. pomiaru f i df/dt

Wielkość	Wartości odniesienia	Wymagany zakres zmienności lub poziom zakłóceń sygnału		Dopuszczalny błąd			
		Klasa P	Klasa M	Klasa P		Klasa M	
				FE [Hz]	RFE [Hz/s]	FE [Hz]	RFE [Hz/s]
Częstotliwość sygnału	50Hz lub 60Hz	±2 Hz	±2Hz ( $F_s \leq 10$ ) <b>±5Hz (<math>F_s \geq 25</math>)</b> $F_s/2$ ( $F_s = 10 \dots 25$ )	0,005	0,01	<b>0,005</b>	<b>0,01</b>
Odporność na zawartość pojedynczej harmoniczej od 2-giej do 50-tej	<0,2% (THD)	1%	10%	0,005	0,01	$(F_s \leq 20)$	
						0,005	2
						$(F_s > 20)$	
						<b>0,025</b>	<b>6</b>
Zakłócenie interferencyjne o częstotliwości poza pasmem przenoszenia	<0,2%	Brak wymagań	10%	Brak wymagań		0,01	0,1

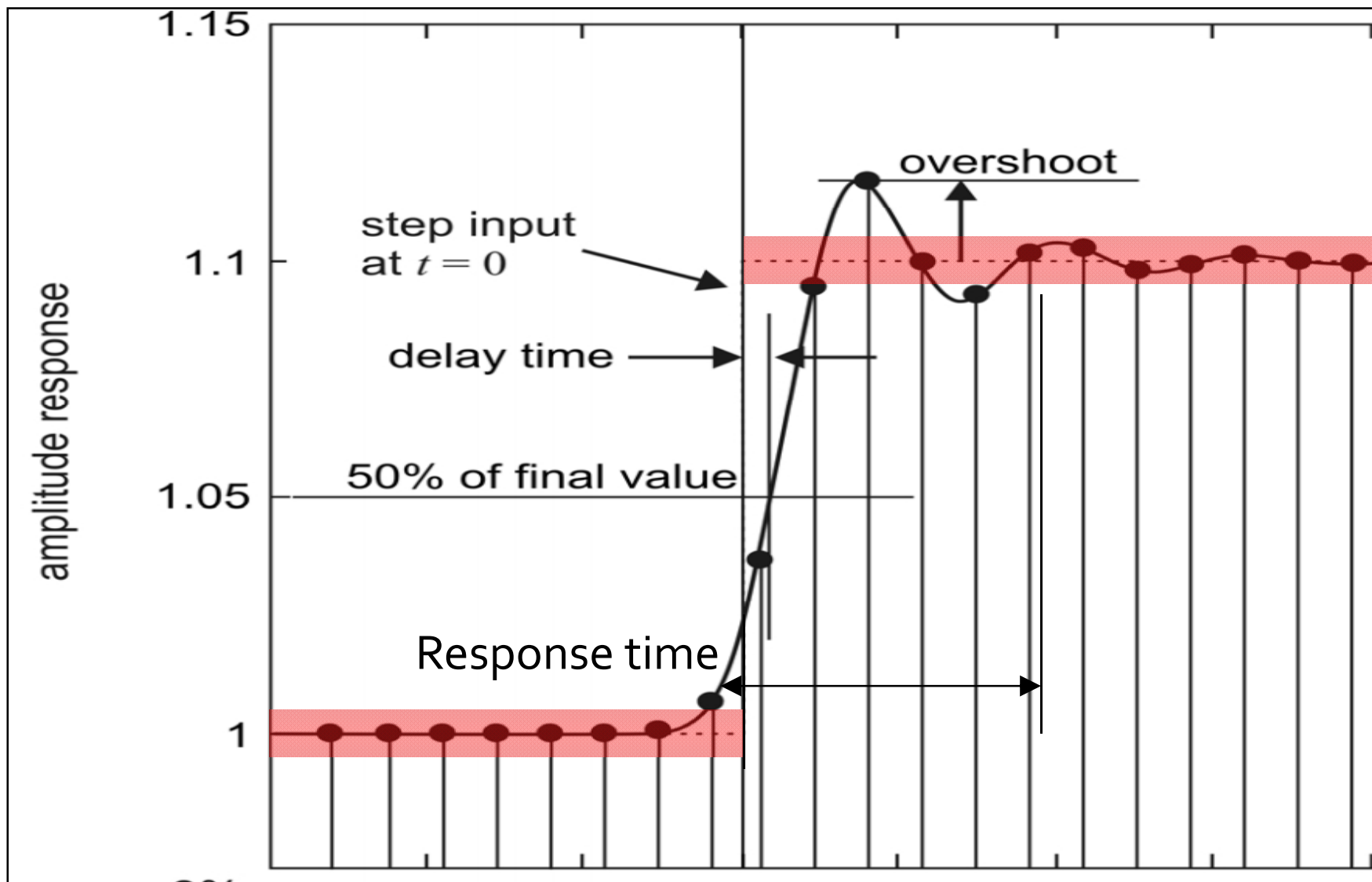
# Dynamika fazora dla $f < f_n$



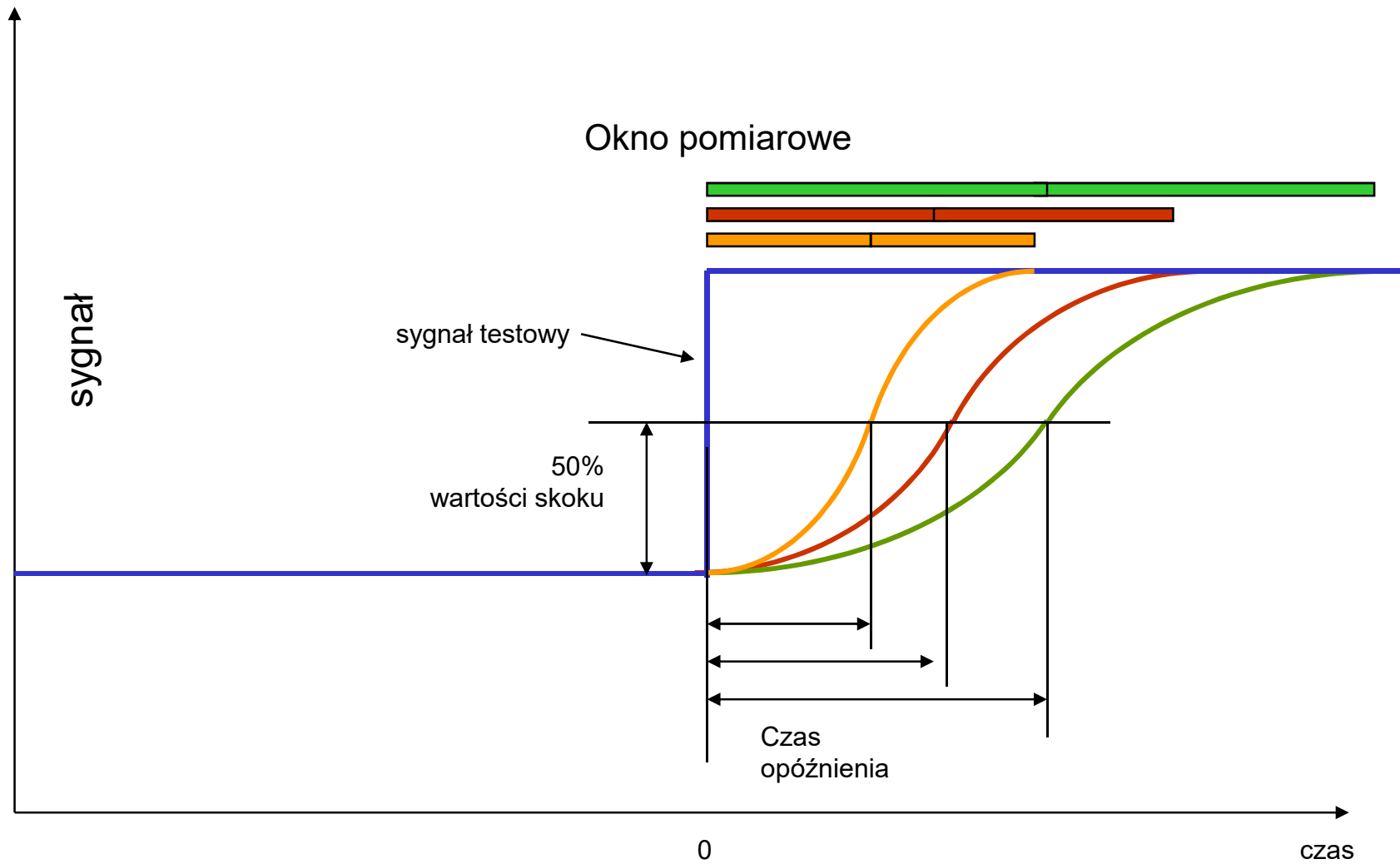
$$f = 45\text{Hz}$$

$$F_s = 50 \text{ frames / s}$$

# Odpowiedź na skok jednostkowy



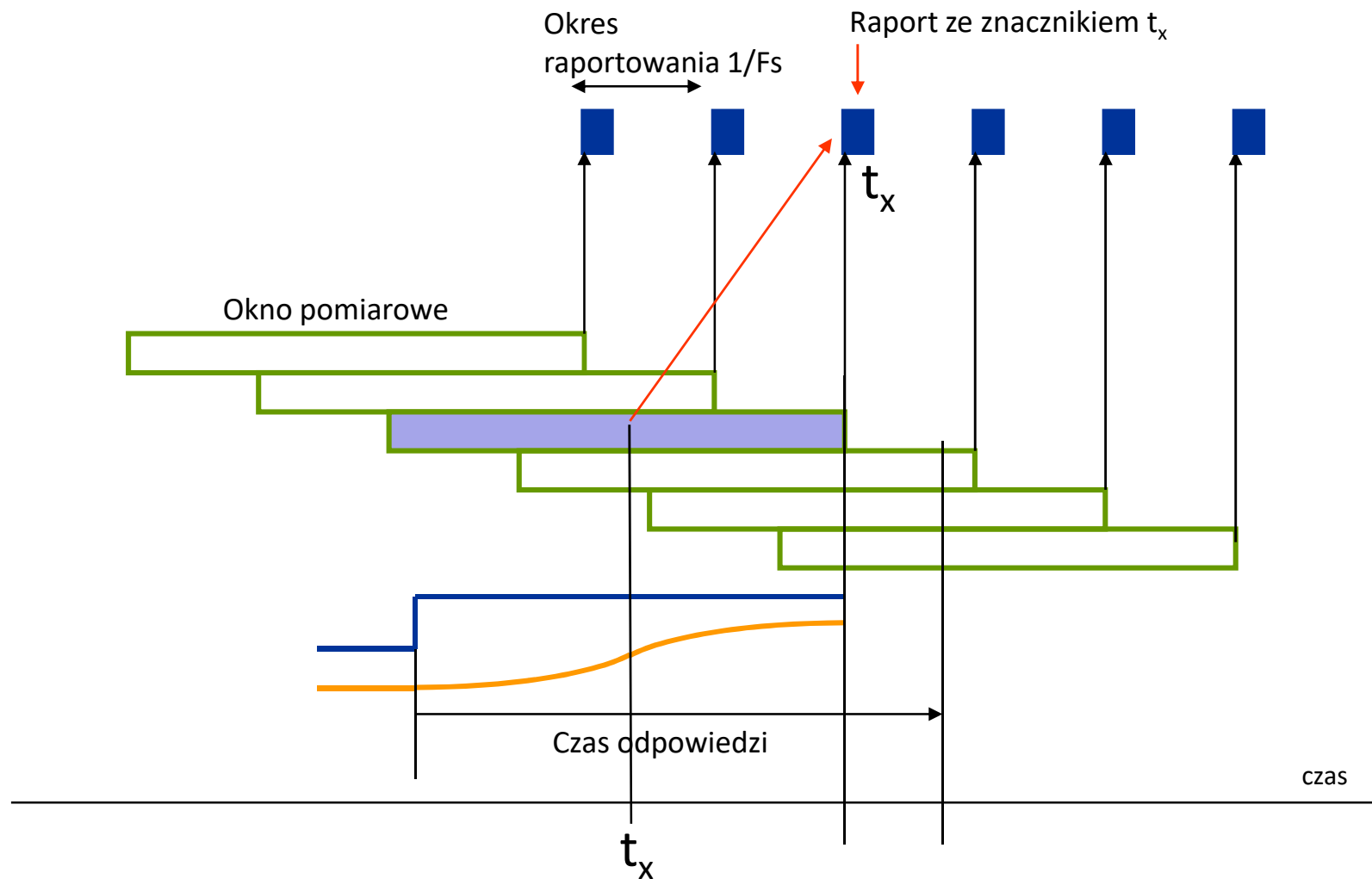
# Odpowiedź na skok jednostkowy





# Długość okna pomiarowego, a częstość raportowania

Raportowanie z częstością  $F_s$



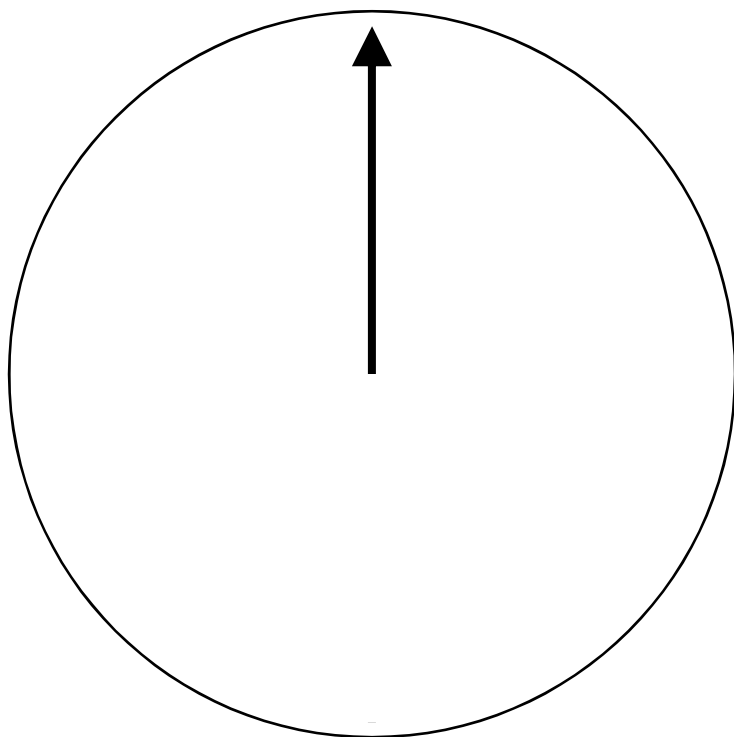
# Klasy PMU - wymagania dynamiczne wg. C37.118-2011

Sygnał testowy Skokowa zmiana	Wymagania				
	Czas opóźnień	Maks. przeregulowanie	Czas odpowiedzi TVE	Czas odpowiedzi f	Czas odpowiedzi df/dt
<b>Klasa P</b>					
Amplitudy $\pm 10\%$	$\pm 1/(4 F_s)$	5%	0,034s	0,070s	0,080s
Kąta $\pm 10^\circ$					
<b>Klasa M</b>					
Amplitudy $\pm 10\%$	$\pm 1/(4 F_s)$	10%			
Kąta $\pm 10^\circ$					
Fs=10			0,595s	0,869s	1,038s
Fs=25			0,231s	0,328s	0,369s
<b>Fs=50</b>			<b>0,199s *)</b> <b>!!!</b>	<b>0,130s</b>	<b>0,134s</b>
Fs=100	0,050s	0,059s	0,061s		

\*) Błąd w normie, raczej powinno być 0,099s

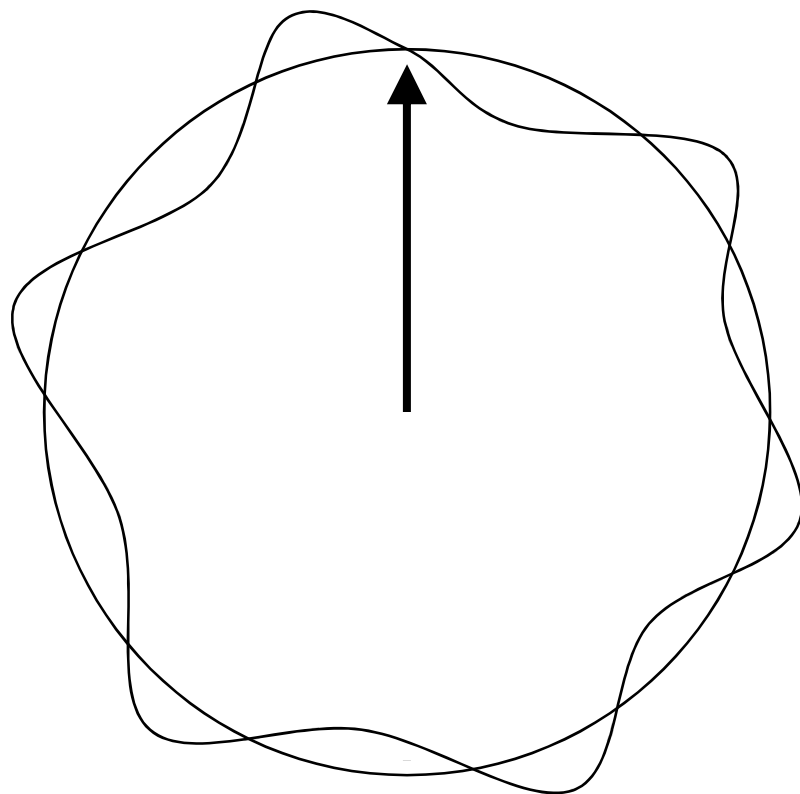
# Modulacja sygnału

---



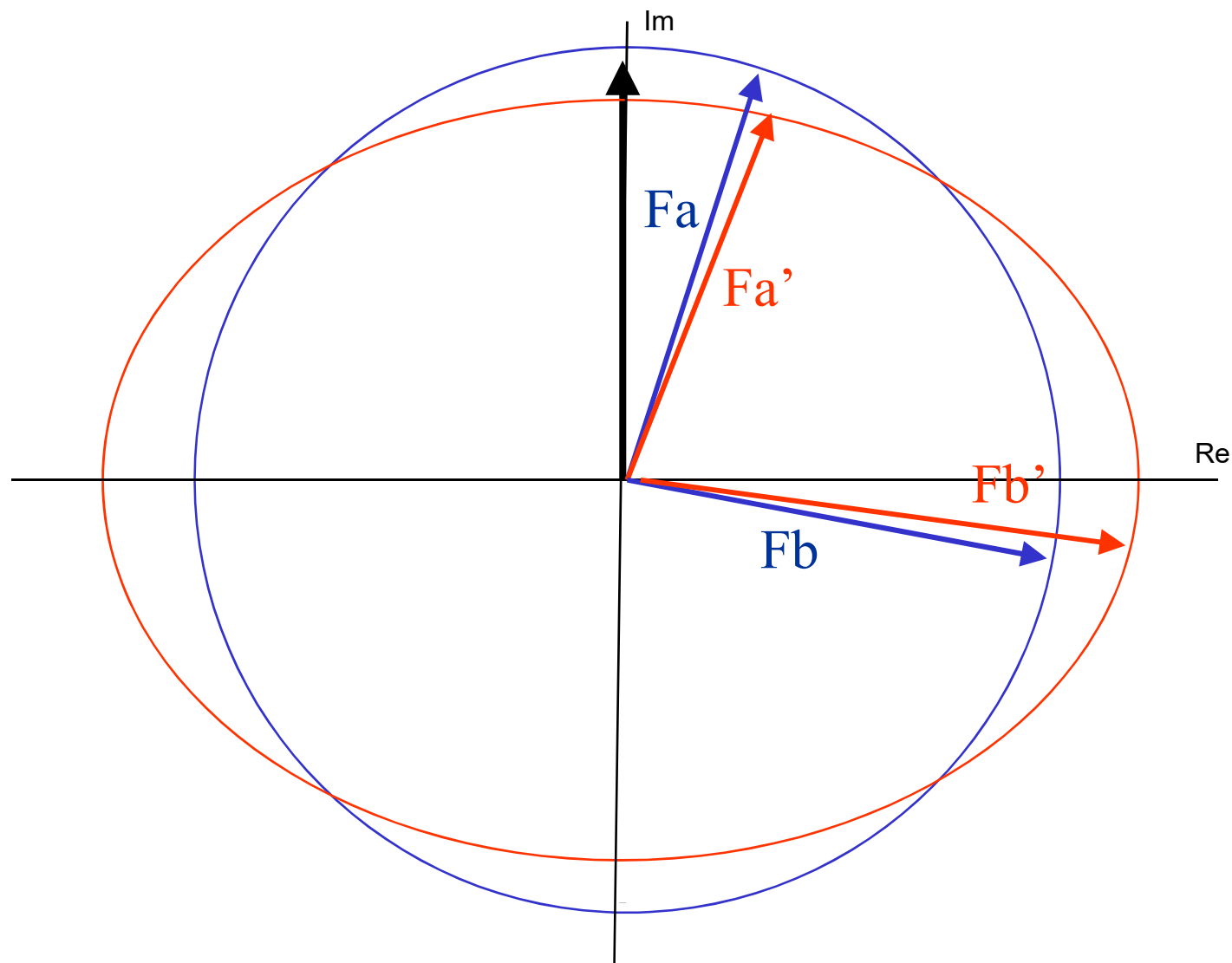
**Modulacja kąta  $\pm 0,1\text{rad}$**   
**Modulacja amplitudy  $\pm 10\%$**   
**Częstotliwość modulacji 5Hz**

# Modulacja sygnału



Modulacja kąta  $\pm 0,1\text{rad}$   
Modulacja amplitudy  $\pm 10\%$   
 $f \ll f_n$

## Ilustracja wpływu odchyłki częstotliwości na estymację fazora (filtry ortogonalne)



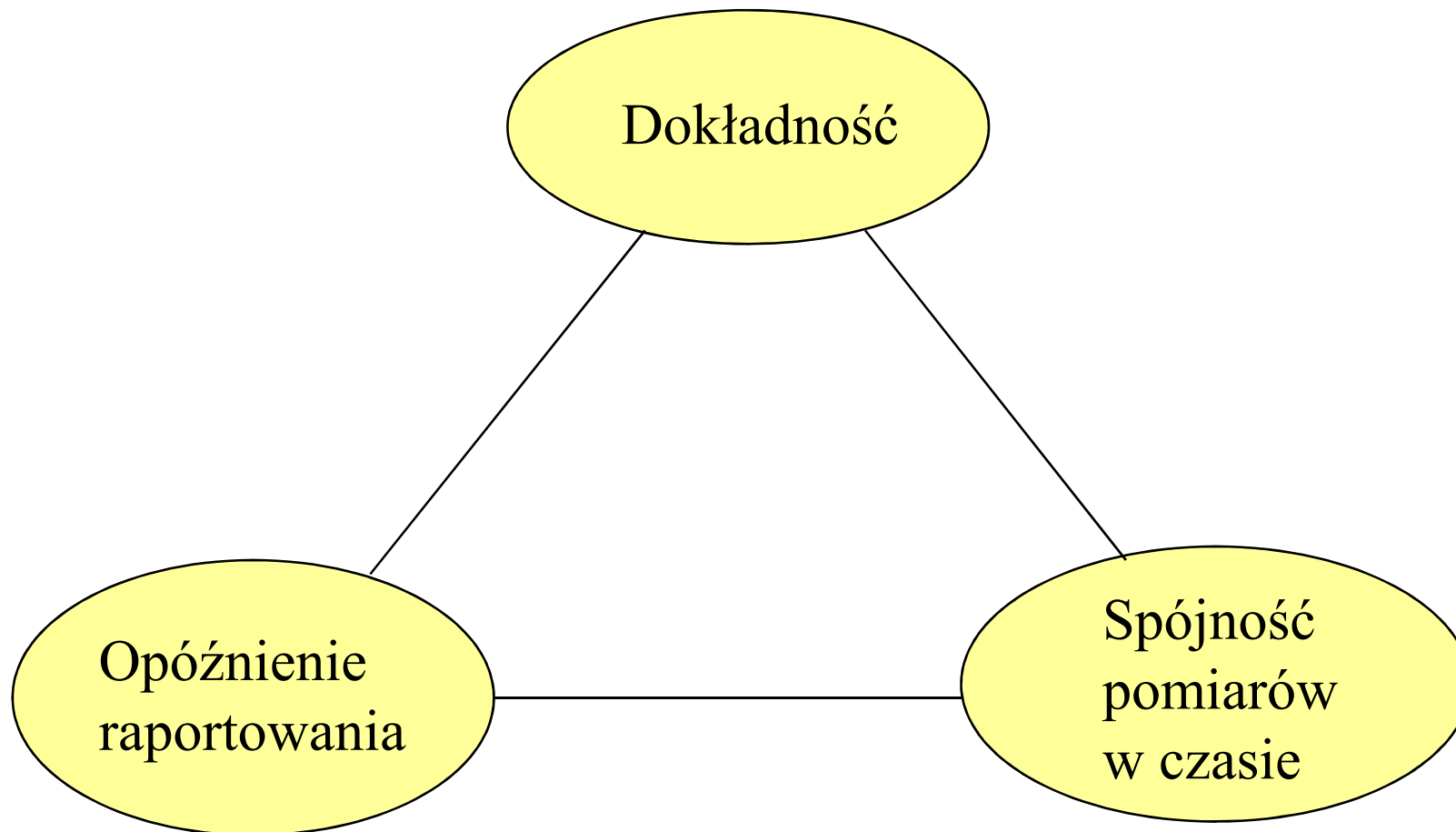
## Wymagania dynamiczne – modulacja sygnałów

Poziom modulacji	Zakresy modulacji i wymagania. Dopuszczalny błąd TVE, wyznaczania częstotliwości RE i jej pochodnej RFE							
	Klasa P				Klasa M			
	Zakres modulacji	TVE	FE	RFE	Zakres modulacji	TVE	FE	RFE
Amplitudowa 10% Fazowa 0,1rad	od 0,1Hz do $F_s/5$	<b>3%</b>	0,01Hz ( $F_s \leq 20$ )	0,2Hz ( $F_s \leq 20$ )	od 0,1Hz do $F_s/10$	<b>3%</b>	0,06Hz ( $F_s \leq 20$ )	2Hz ( $F_s \leq 20$ )
Fazowa 0,1rad	<b>nie więcej niż 2Hz</b>		<b>0,06Hz</b> ( $F_s > 20$ )	<b>3Hz/s</b> ( $F_s > 20$ )	<b>nie więcej niż 5Hz</b>		<b>0,3Hz</b> ( $F_s > 20$ )	<b>30Hz/s</b> ( $F_s > 20$ )

# Liniowa zmiana częstotliwości

Sygnał testowy	Zakres zmian i wymagania Dopuszczalny błąd TVE, wyznaczania częstotliwości RE i jej pochodnej RFE							
	Klasa P				Klasa M			
	Zakres	TVE	FE	RFE	Zakres	TVE	FE	RFE
Linowa zmiana częstotliwości $\pm 1,0\text{Hz/s}$	$\pm 2,0\text{Hz}$	1%	0,01Hz	0,1Hz/s	$\pm 5,0\text{Hz}$	1%	0,005Hz	0,1Hz/s

# Czynniki wpływające na estymację fazora



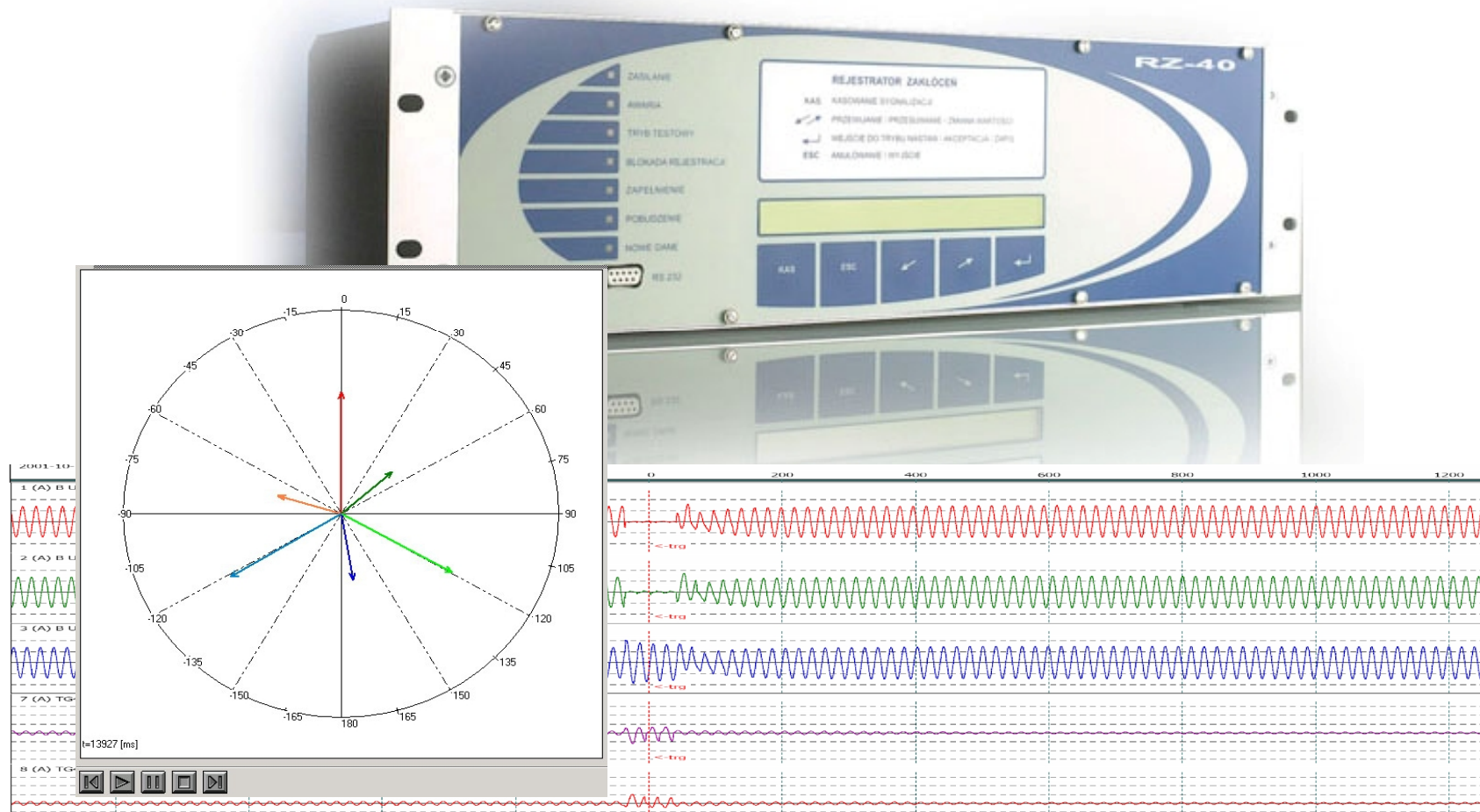


# Plan prezentacji

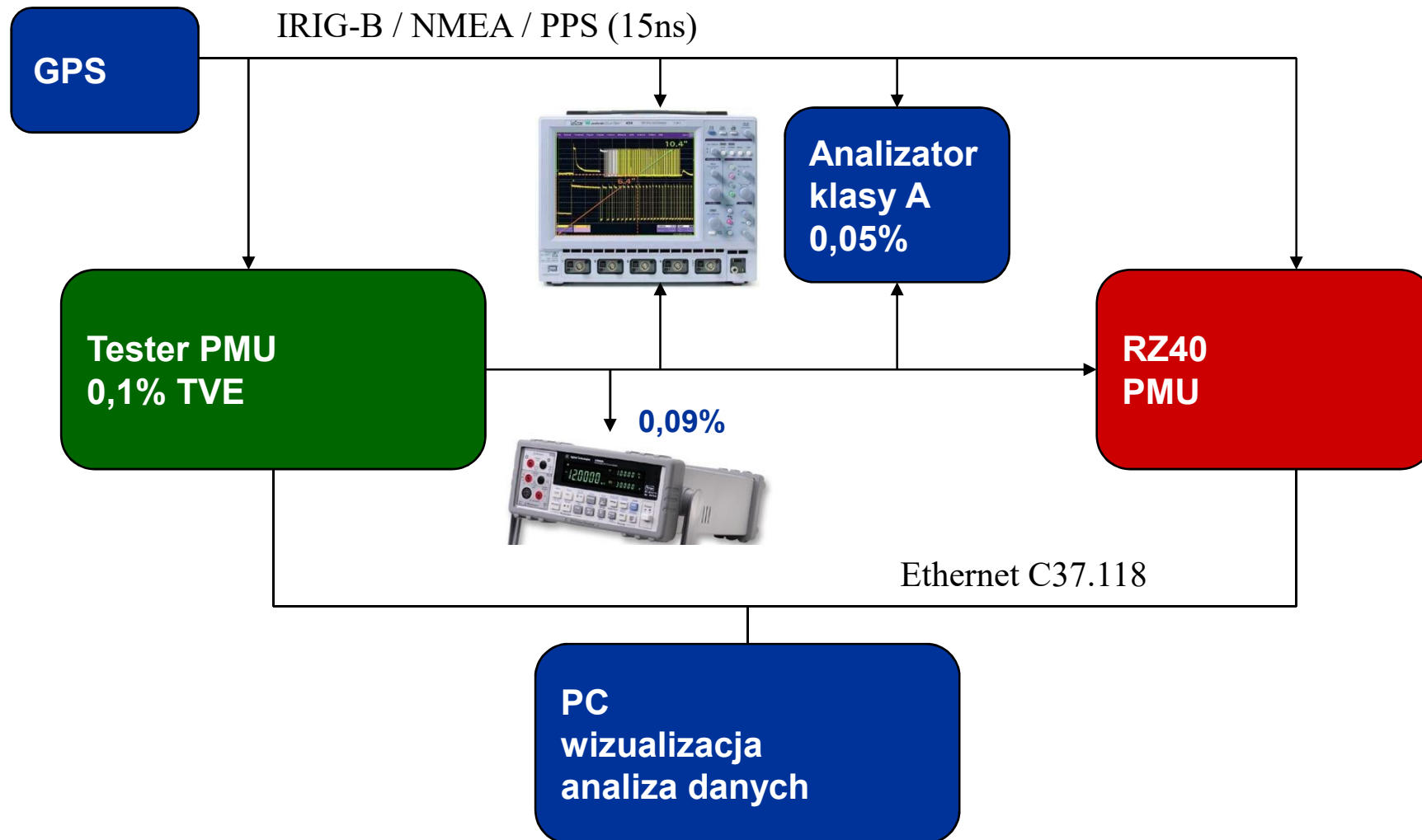
---

- **Definicja świadomości sytuacyjnej i synchronofazora**
- **Zastosowania w SEE**
- **Przykłady aplikacji**
- **Wymagania dotyczące synchronofazorów**
- **Implementacja i badania**
- **Próby obiektowe, rejestracje pomiarów synchronicznych**
- **Podniesienie świadomości sytuacyjnej**
- **Podsumowanie**

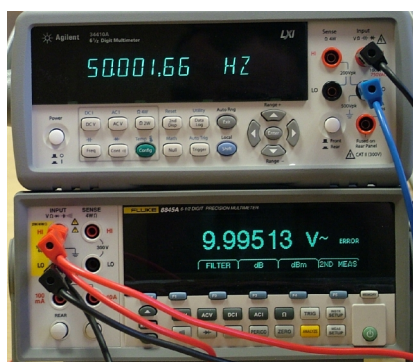
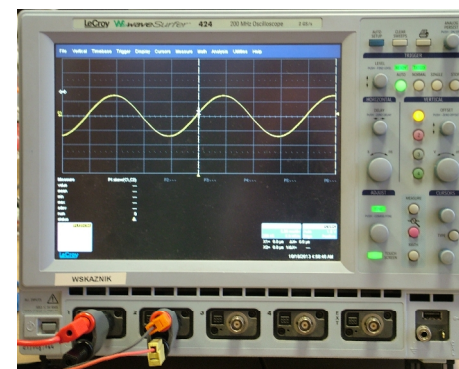
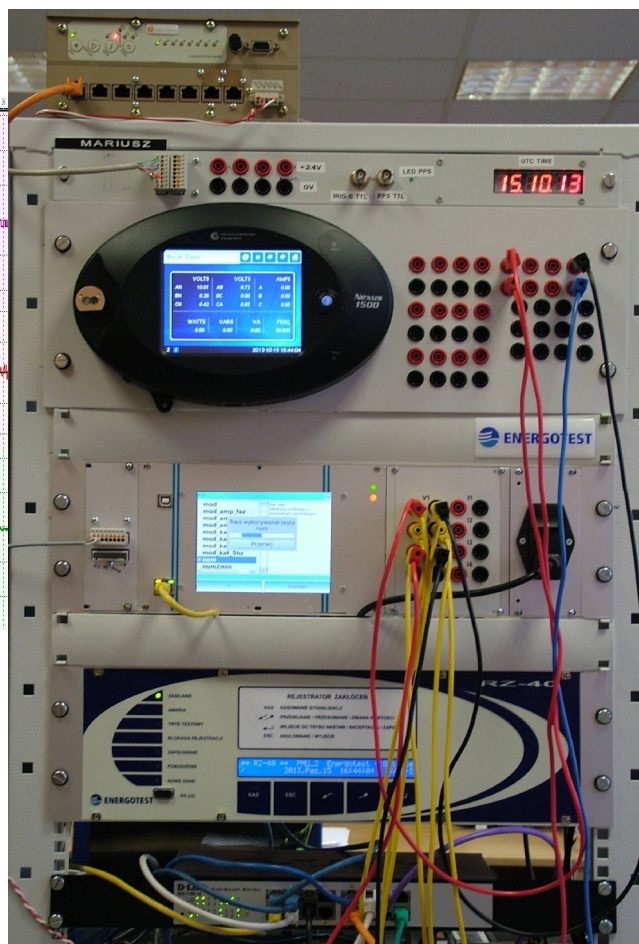
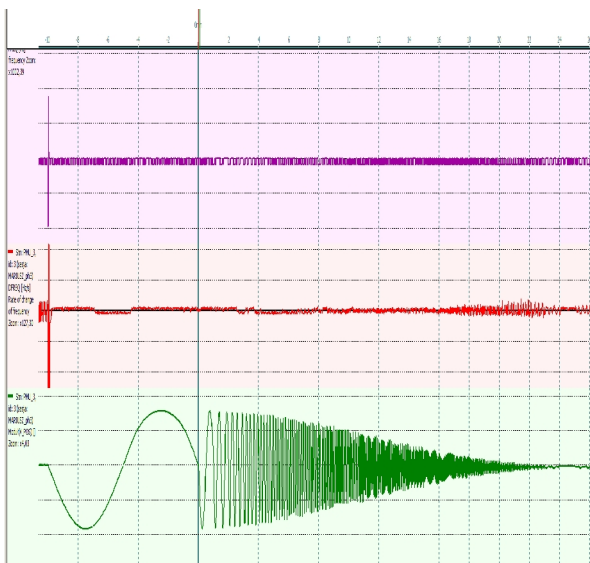
# Implementacja PMU w RZ40



# Testowanie PMU

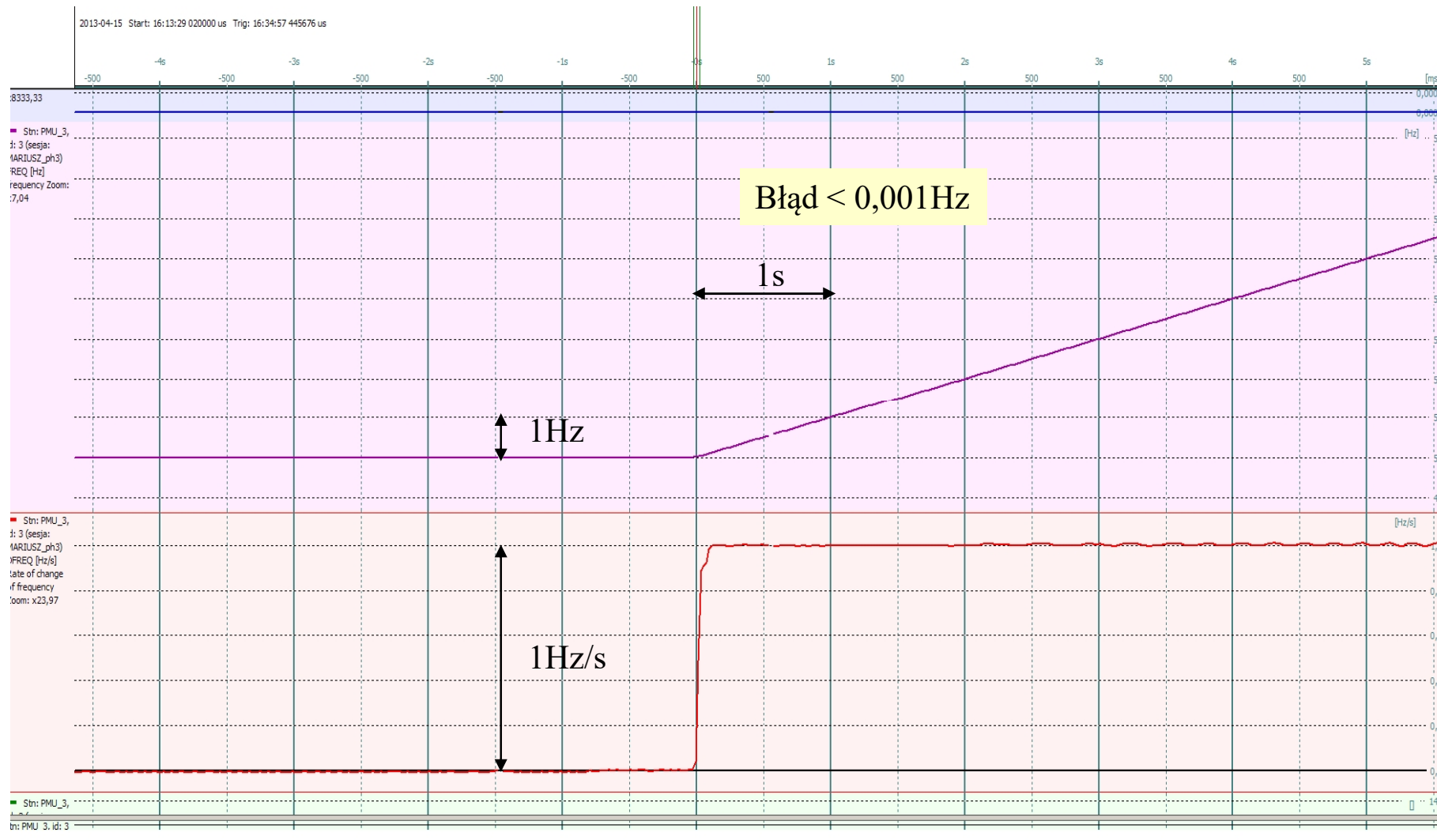


# Stanowisko do testowania PMU wg wymagań C37.242

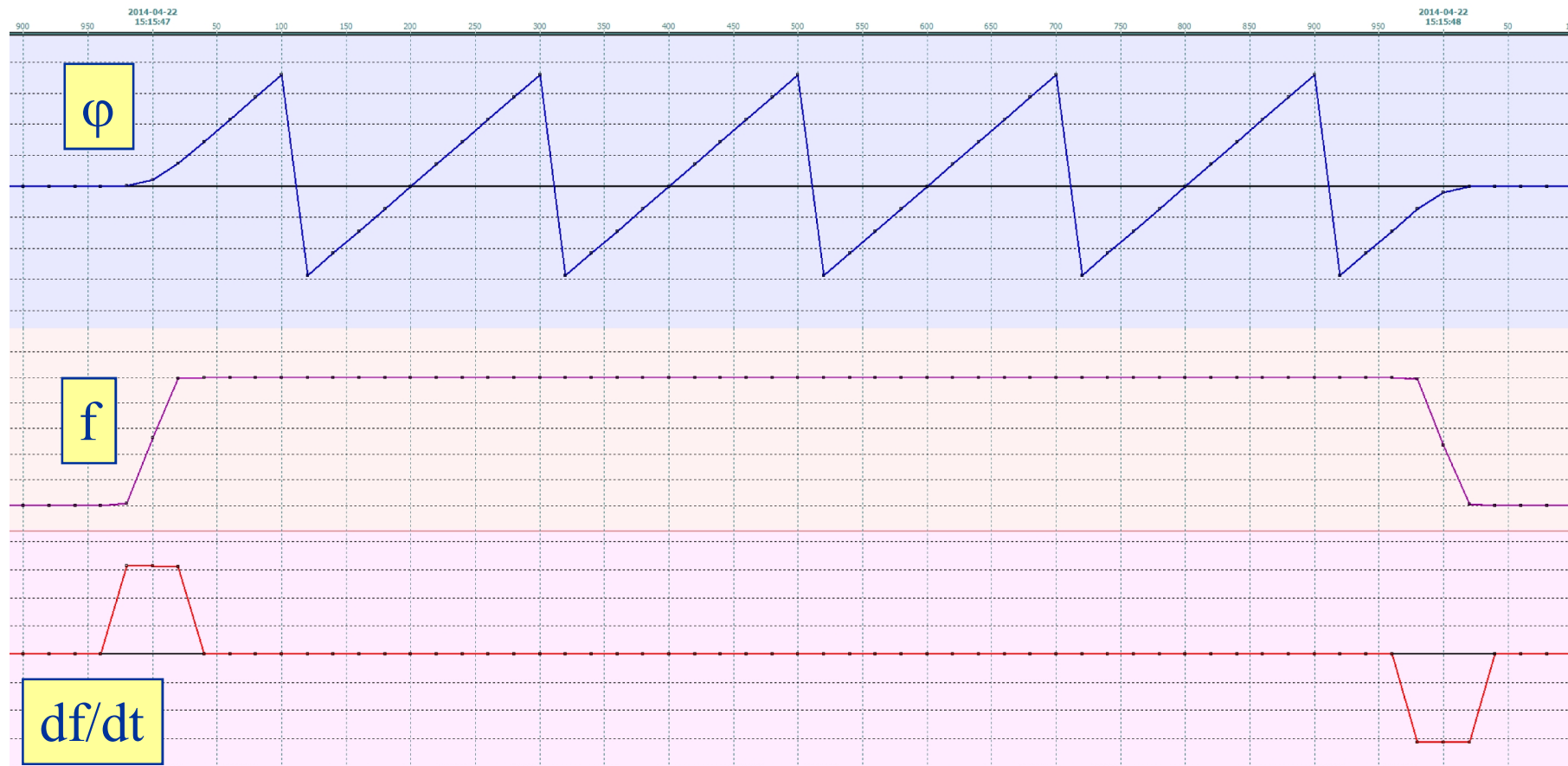


Konwersatorium. Wykorzystanie pomiarów synchronicznych do podniesienia świadomości sytuacyjnej w SEE.  
Mariusz Talaga. AGH. 22-11-2017.

# RZ40 / PMU pomiary dynamiczne – skok $df/dt$ 1Hz/s

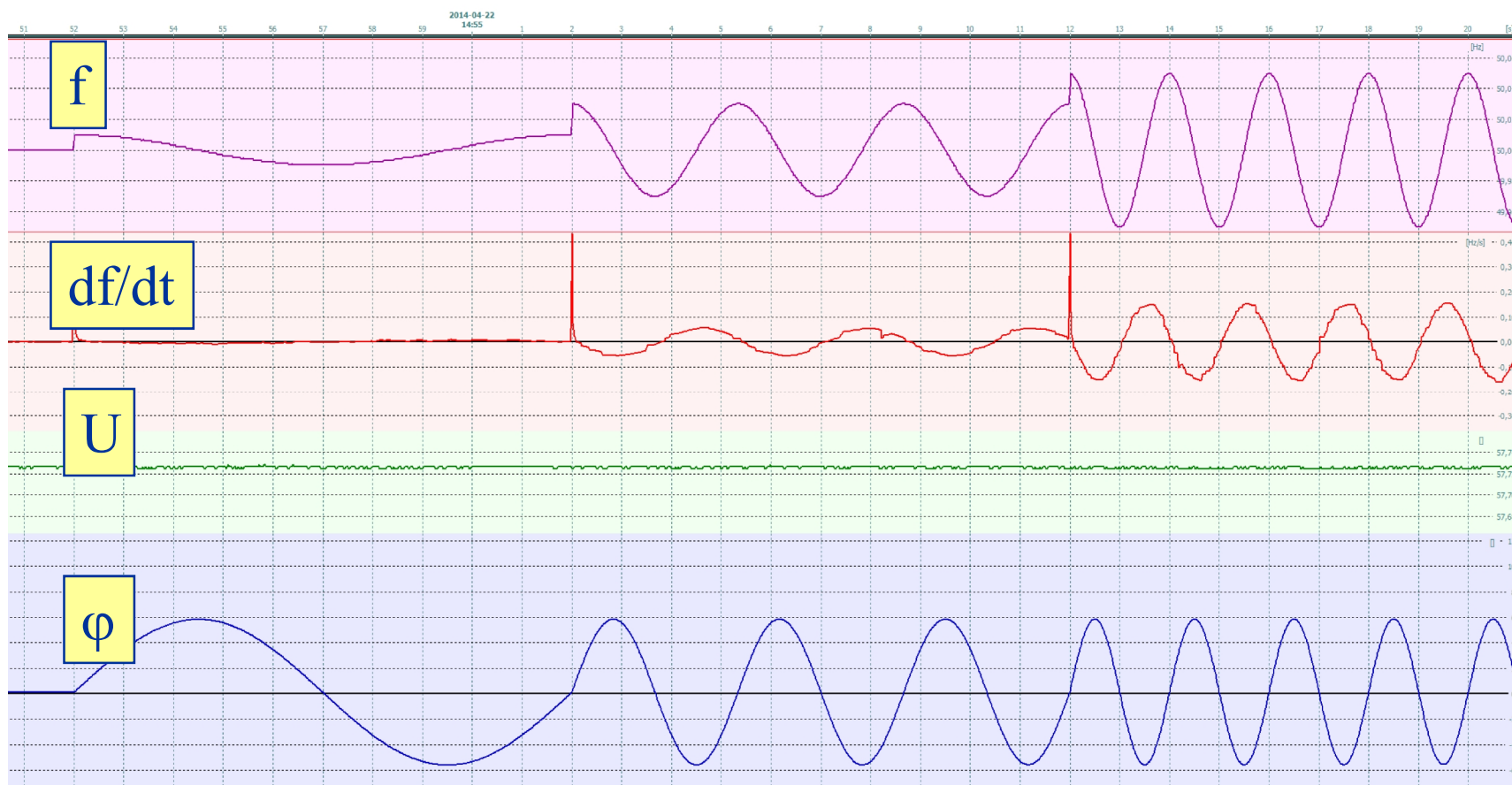


# Skok częstotliwości 5Hz

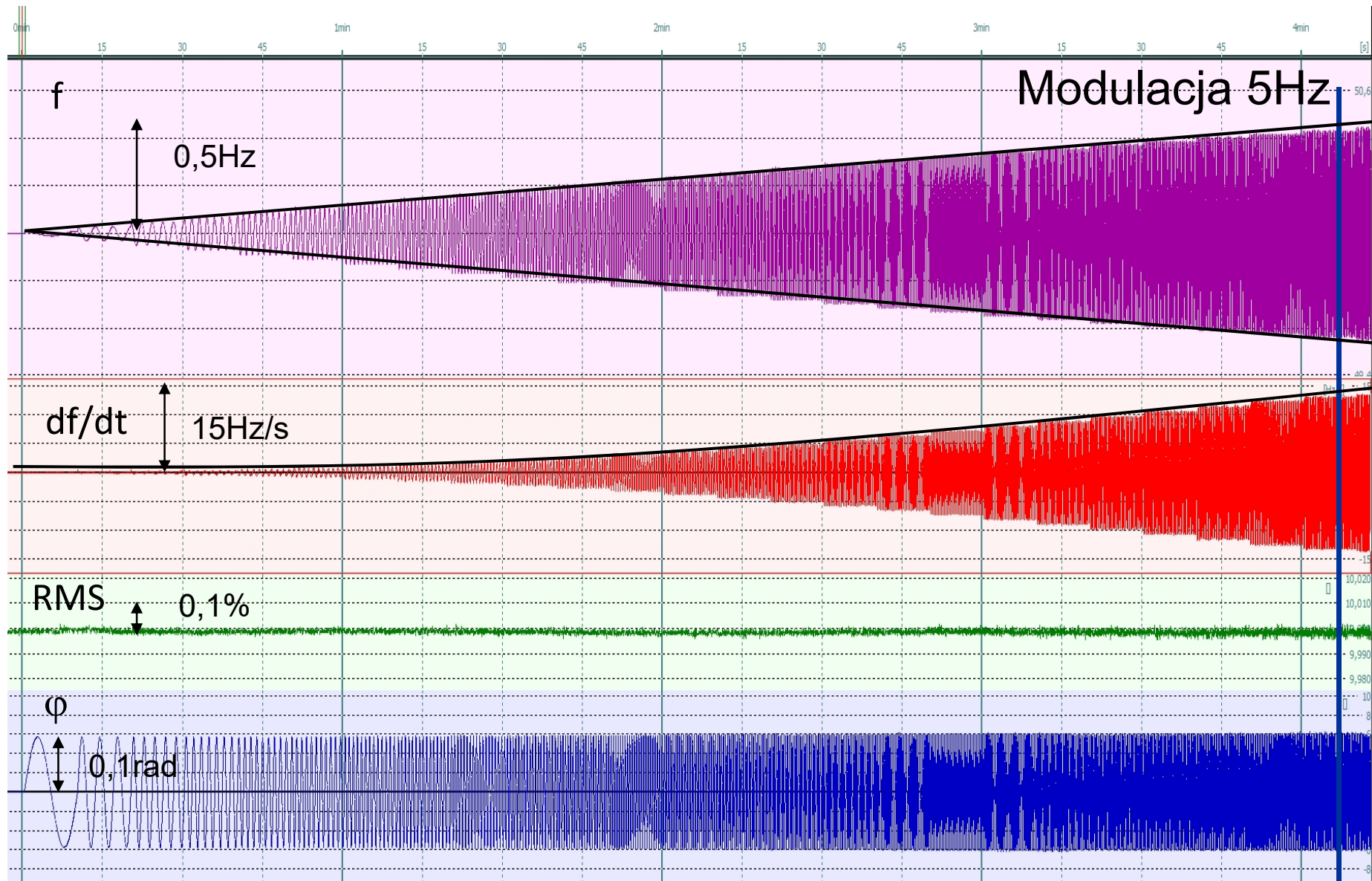


Konwersatorium. Wykorzystanie pomiarów synchronicznych do podniesienia świadomości sytuacyjnej w SEE.  
Mariusz Talaga. AGH, 22-11-2017.

# Modulacja kąta



# Modulacja kąta $\pm 0,1\text{rad}$ (0,1...5Hz)





## 5. Ocena w

### Podsumowan

Testy	Częst.		A
	TVE	FE	
Limit błędu			
Energotest	✓	✓	
PMU Ref	✓	✓	

- \* - zmiana oceny po p
- \*\* - pomiary przy inn
- \*\*\* - przy zastosowan

© Fraunhofer IFF, Magdeburg 2016



Fraunhofer Institute  
for Factory Operation and Automation IFF  
certifies

Energotest sp. z o.o.  
ul. Chorzowska 44 B  
44-100 Gliwice  
Poland

# CERTIFICATE

That the product listed below has successfully passed testing procedures of Fraunhofer Institute for Factory Operation and Automation IFF for measurements accuracy of Phasor Measurement Unit (PMU).

Product description:

Rejestrator Zakłóceń Typu RZ-40  
RZ40-Z2P1-B2-C4W-2DI12A-4V200-4A30

Tested according to  
Standard for Synchrophasor Measurements for Power Systems  
IEEE Std C37.118.1

Magdeburg, Germany 12.04.2016

Dr.-Ing P. Komarnicki  
Deputy Business Unit  
Manager

FRAUNHOFER-INSTITUT  
Fabrikbetrieb und  
-automatisierung  
Sandtorstr. 22  
39106 Magdeburg  
Tel. 0391/40 90-0 - Fax 0391/40 90-596

Prof. E. / Dr.-Ing. G. Müller  
Deputy Director

zyczne

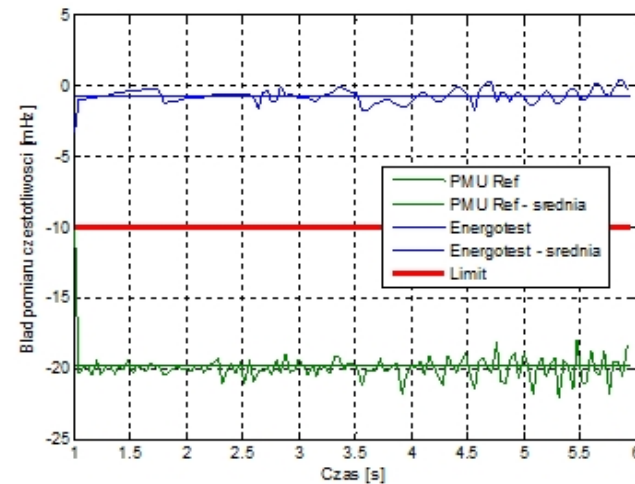
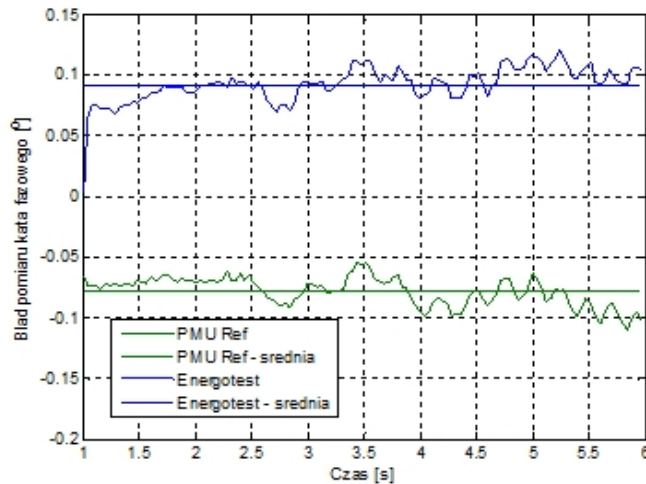
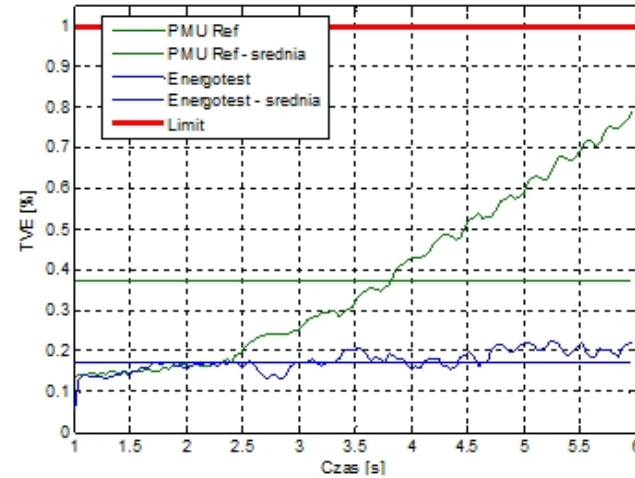
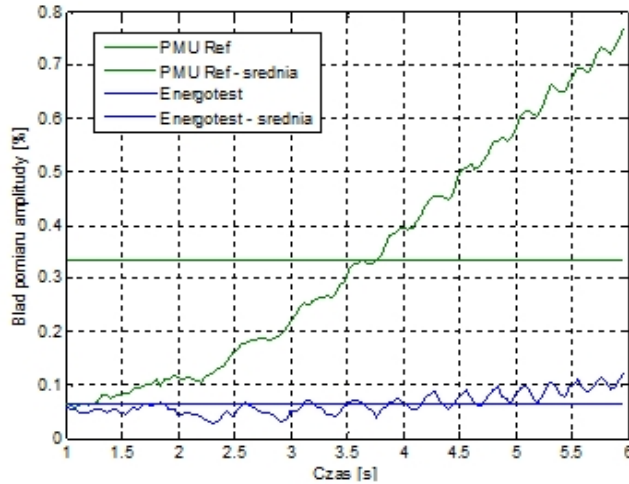
	Skok amplitudy		Skok kąta	
	RT	DT	RT	DT
✓	✓	✓*	✓	✓*
***	✓	✓*	✓	✓*

46



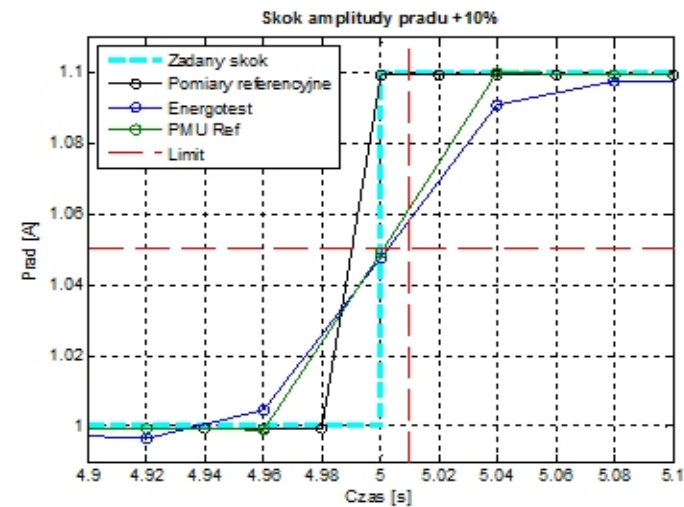
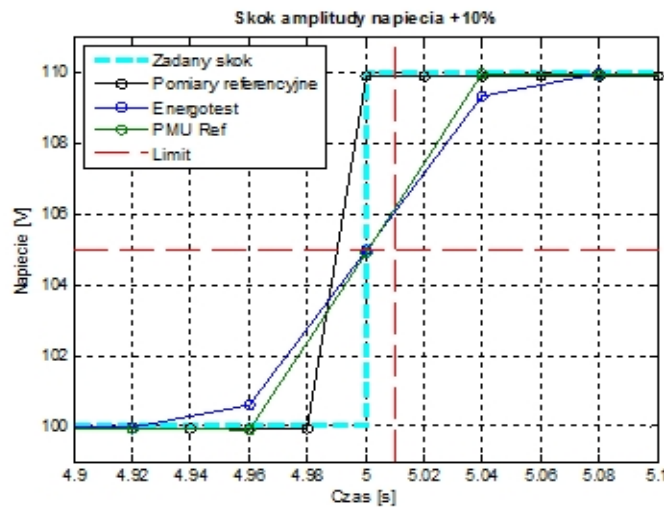
# Przykładowe testy

## Liniowy wzrost częstotliwości napięcia



# Testy dynamiczne

## Dodatni skok amplitudy sygnału



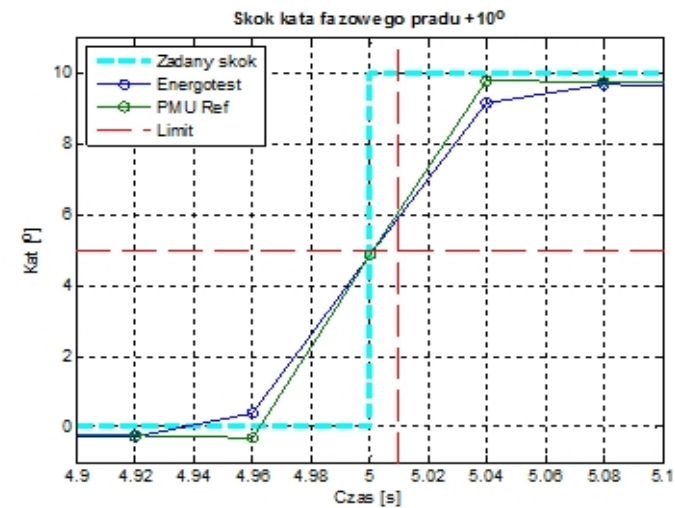
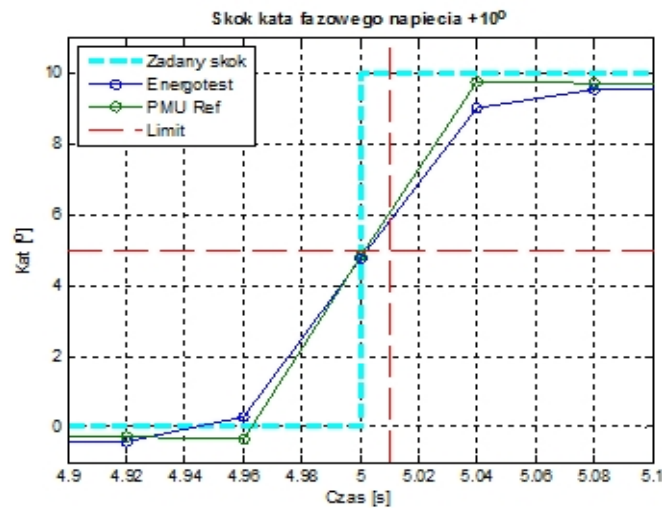
	Limit	PMU Ref	Energotest
Czas odpowiedzi	0.28s $[7/F_s]$	0.08s	0.16s
Opóźnienie	0.01s $[1/(4F_s)]$	0s	0s

$$U=100 \rightarrow 110V \quad I=1.0 \rightarrow 1.1A$$

$$f_n=50\text{Hz} \quad \phi=0^\circ$$

# Testy dynamiczne

## Dodatni skok kąta fazowego sygnału



	Limit	PMU Ref	Energotest
Czas odpowiedzi	0.28s $[7/F_s]$	0.08s	0.16s
Opóźnienie	0.01s $[1/(4F_s)]$	0s	0s

$$\phi=0 \rightarrow 10^\circ$$

$$U_n=100V \quad I=1A \quad f_n=50Hz$$

# Plan prezentacji

---

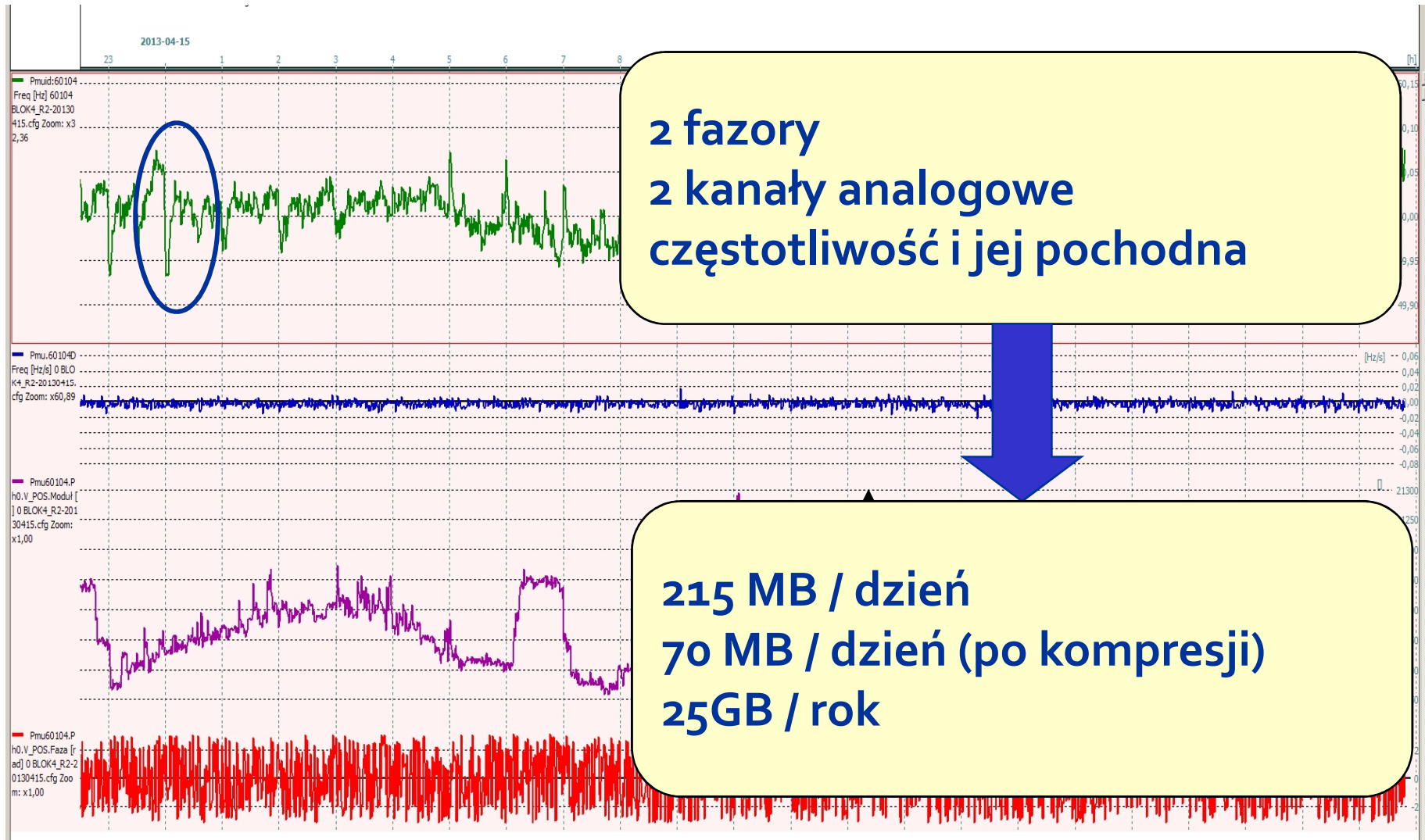
- **Definicja świadomości sytuacyjnej i synchronizatora**
- **Zastosowania w SEE**
- **Przykłady aplikacji**
- **Wymagania dotyczące synchronizatorów**
- **Implementacja i badania**
- **Próby obiektowe, rejestracje pomiarów synchronicznych**
- **Podniesienie świadomości sytuacyjnej**
- **Podsumowanie**

# Próby obiektowe - rejestracja permanentna

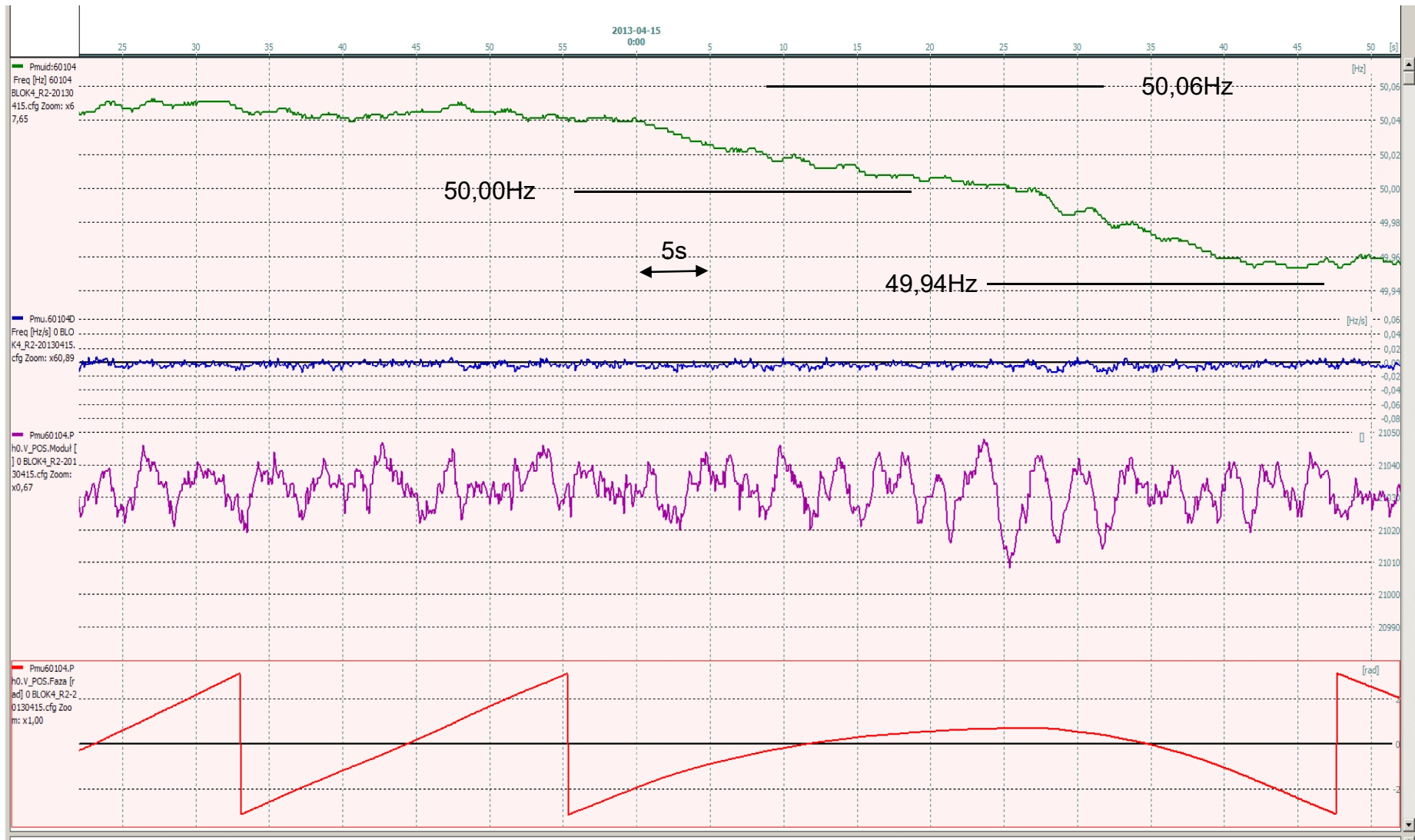
---

- **Rejestracja wielkości elektrycznych bez ograniczeń czasowych oraz synchronicznie (z dokładnością do pojedynczych  $\mu\text{s}$ )**
- **Możliwość ciągłego monitorowania dynamicznych właściwości systemu**
- **„Stroboskopowe” (snapshot) dokumentowanie systemu co 20ms**
- **Możliwość oceny zasięgu zakłóceń np. kołysań mocy**
- **Brak konieczności opracowywania kryteriów pobudzania**
- **Prawie identyczne algorytmy pomiarowe (odpowiedzi dynamiczne) umożliwiają dokładną obszarową analizę zjawisk**
- **Możliwość dynamicznego monitorowania rozchyłów kątowych**
- **Bilansowanie w stanach dynamicznych**

# Przebieg jednodniowy

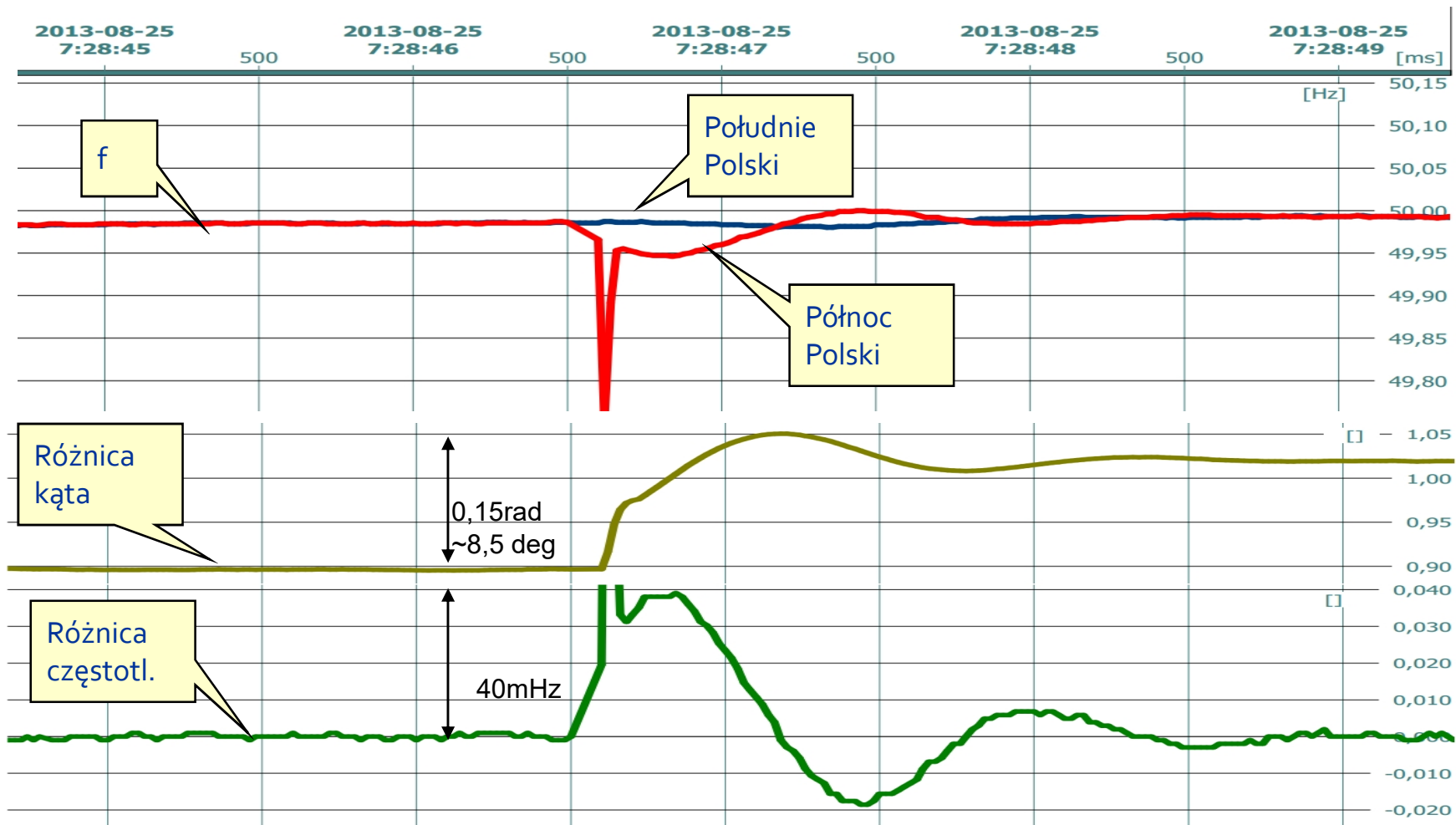


# Powiększenie fragmentu przebiegu

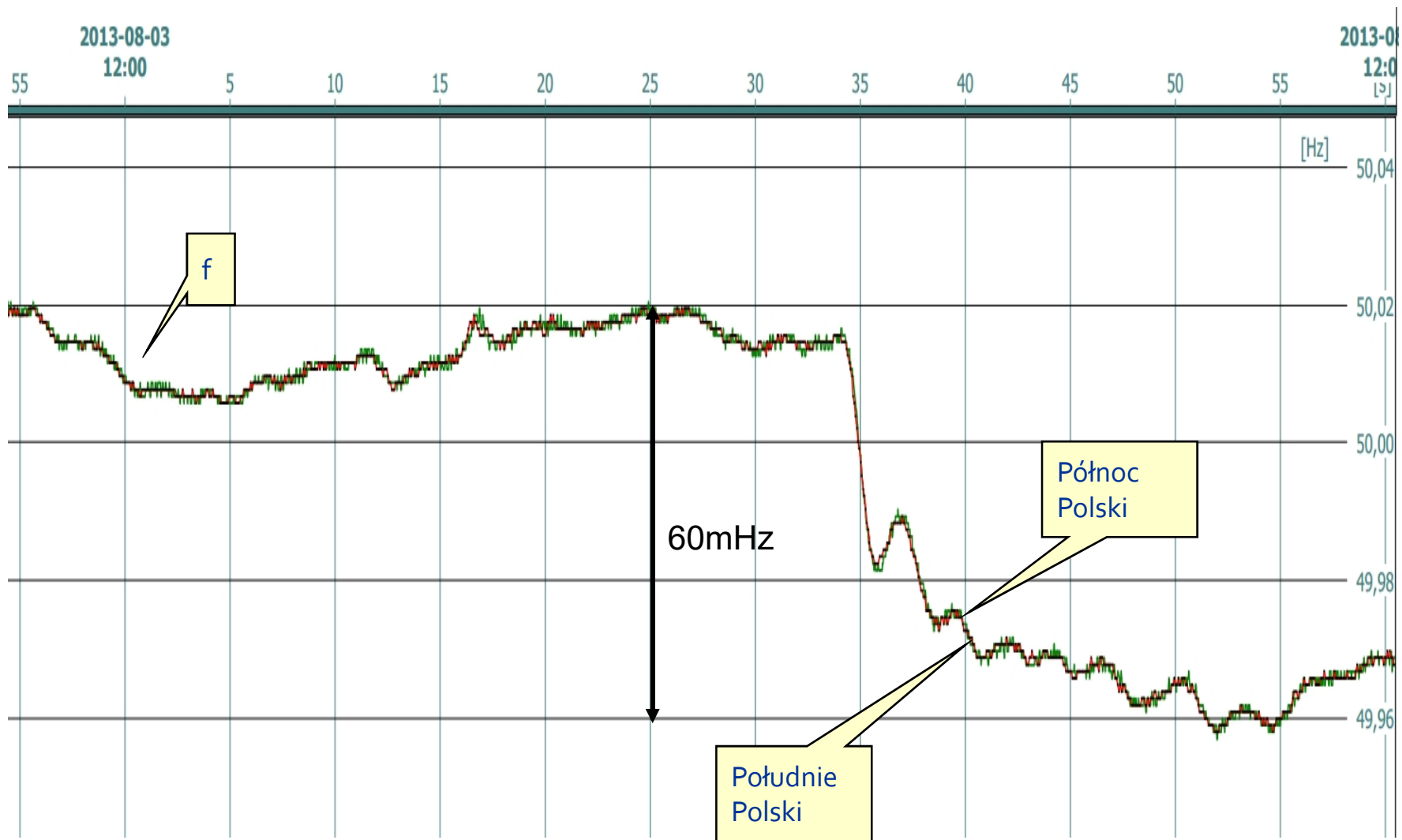




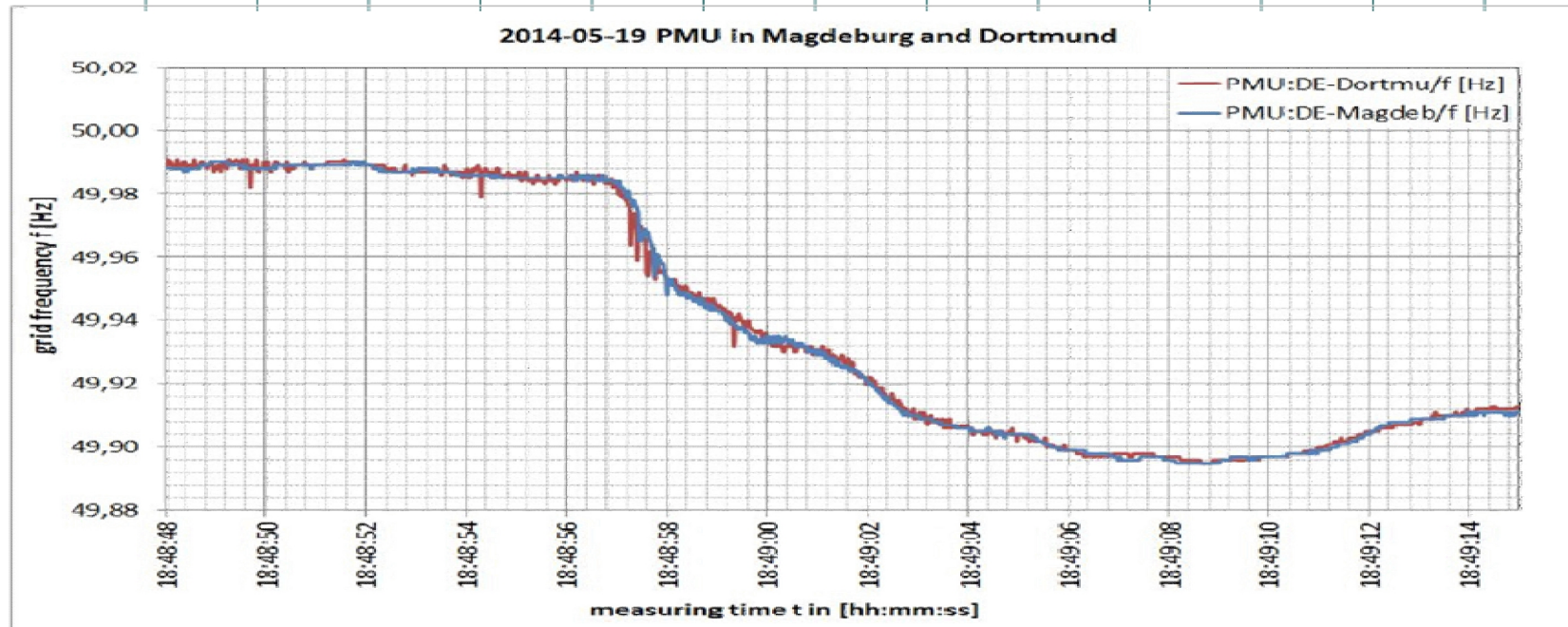
# Zakłócenie na północy Polski



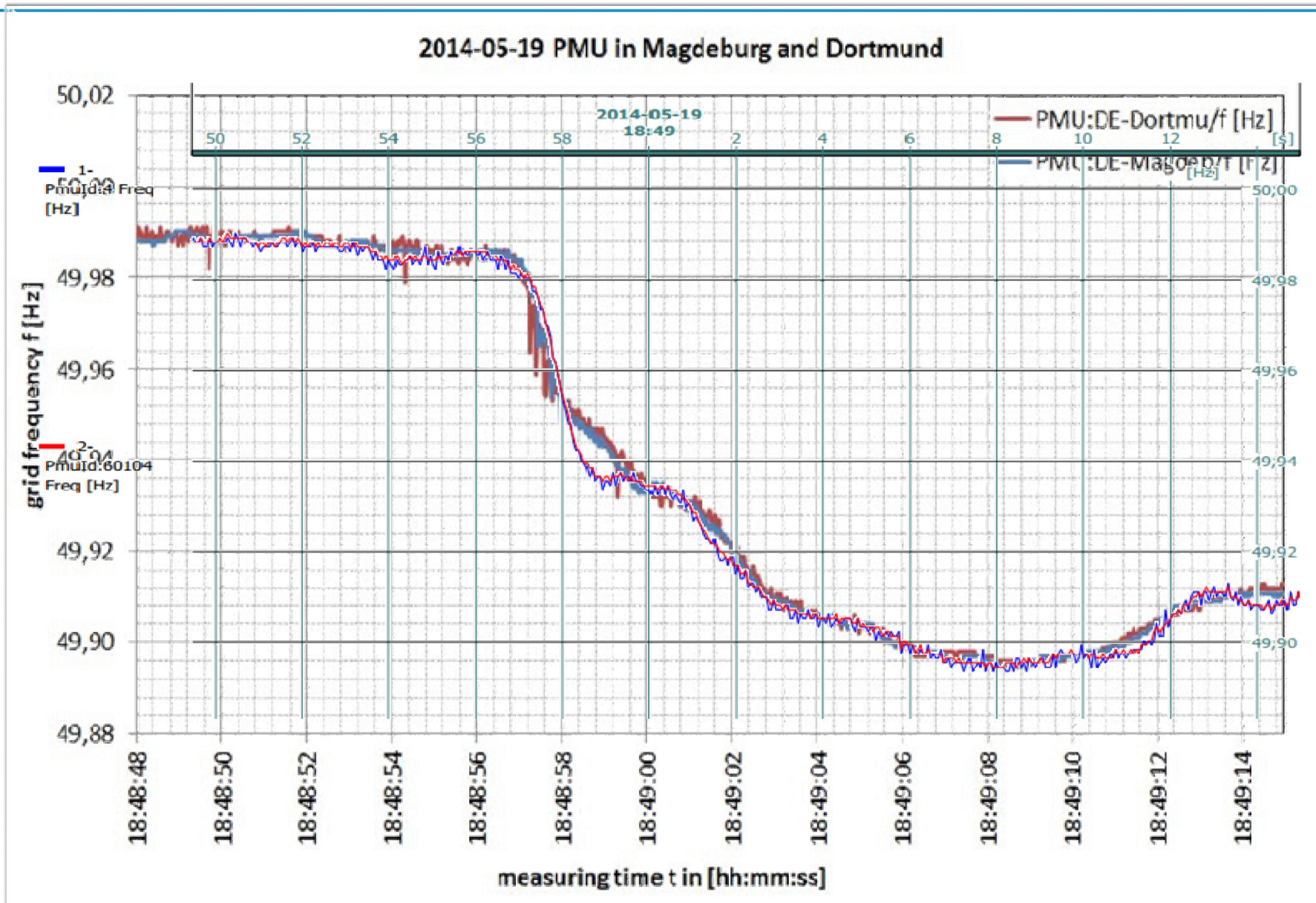
# Zakłócenie we Francji ( - 1253MW) wg. ENTSO-E



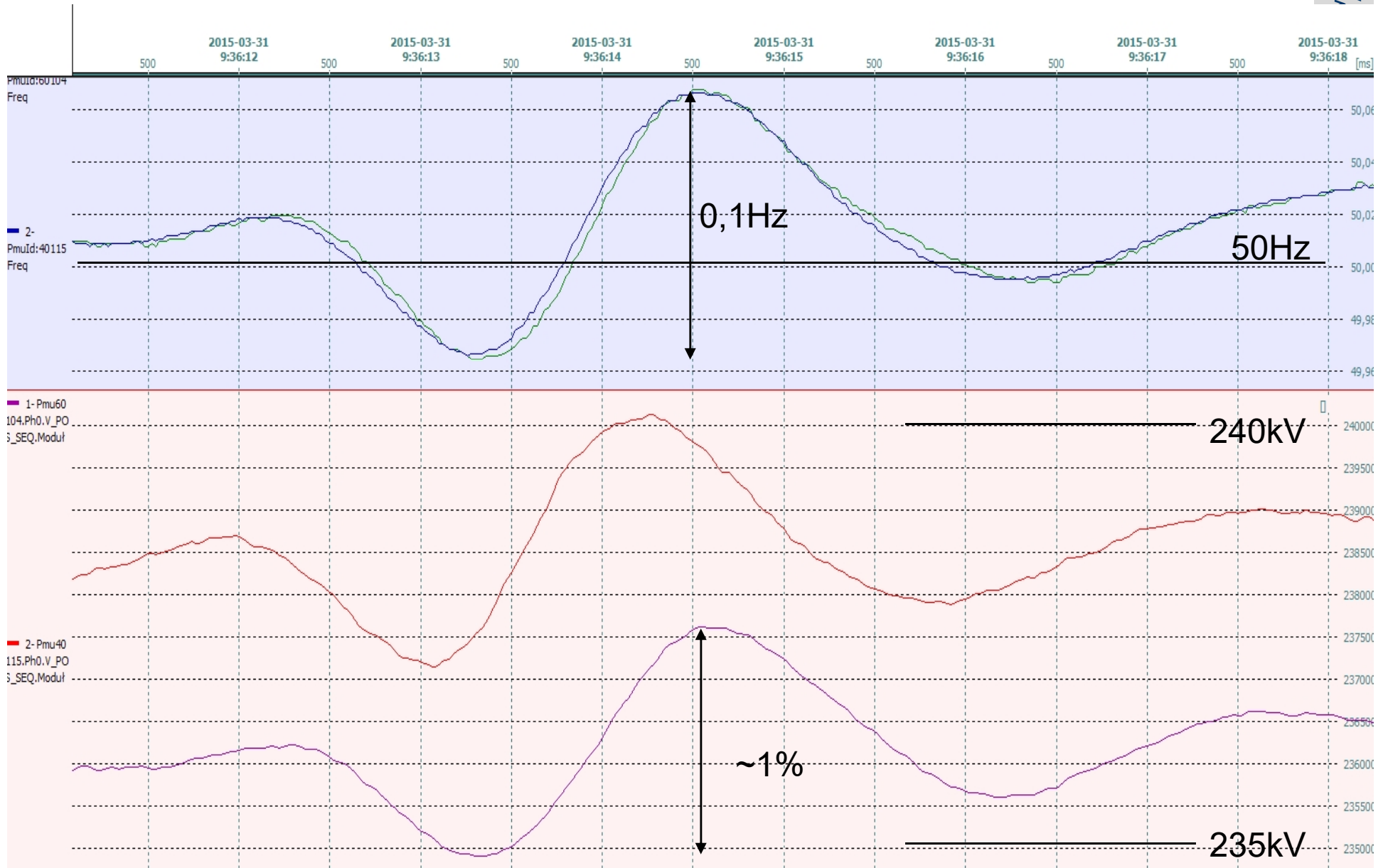
# Wyłączenie 2GW we Francji (wg. ENTSO-E)



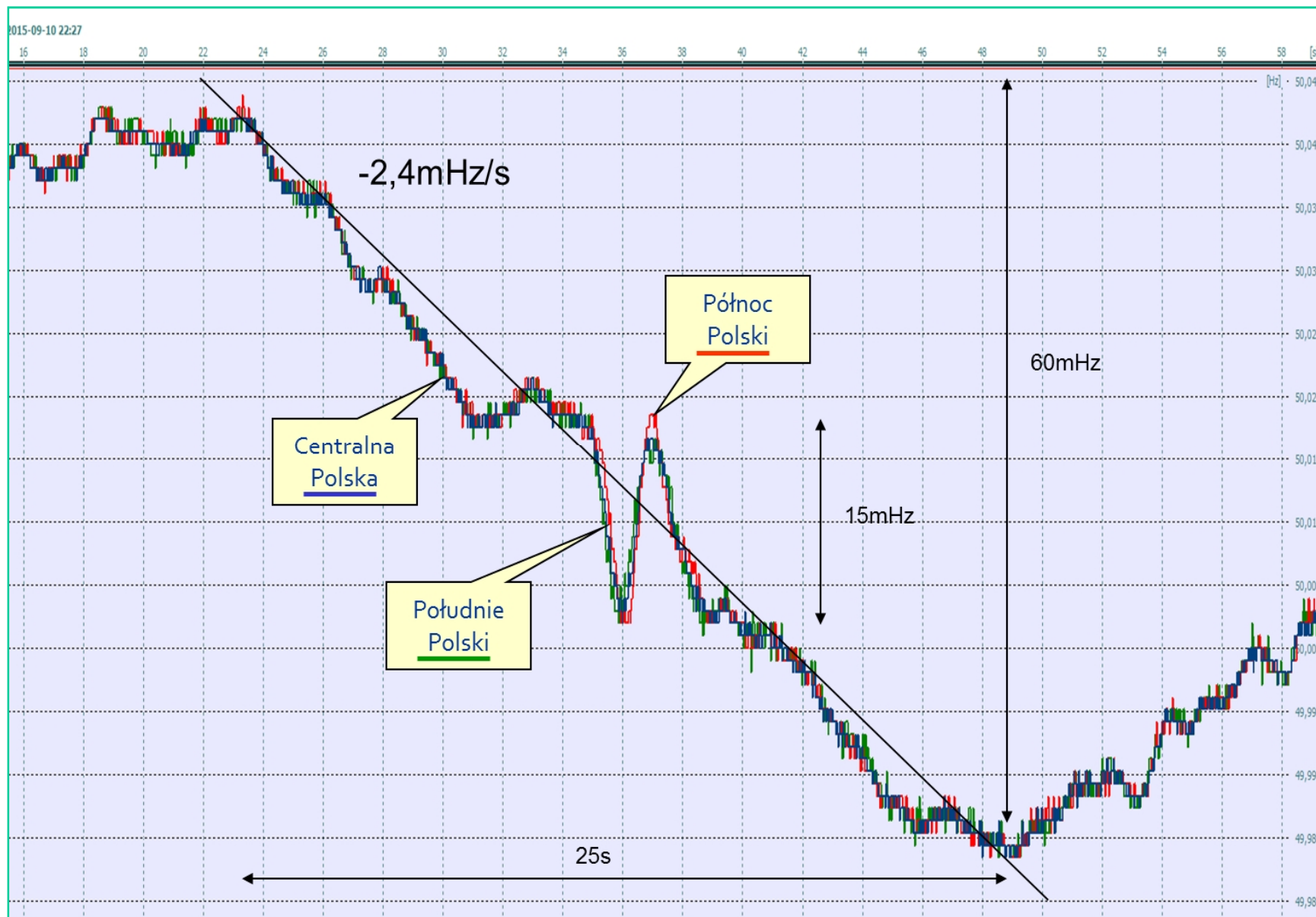
# Nalożenie przebiegów z Polski i Niemiec (wylączenie 2GW we Francji)



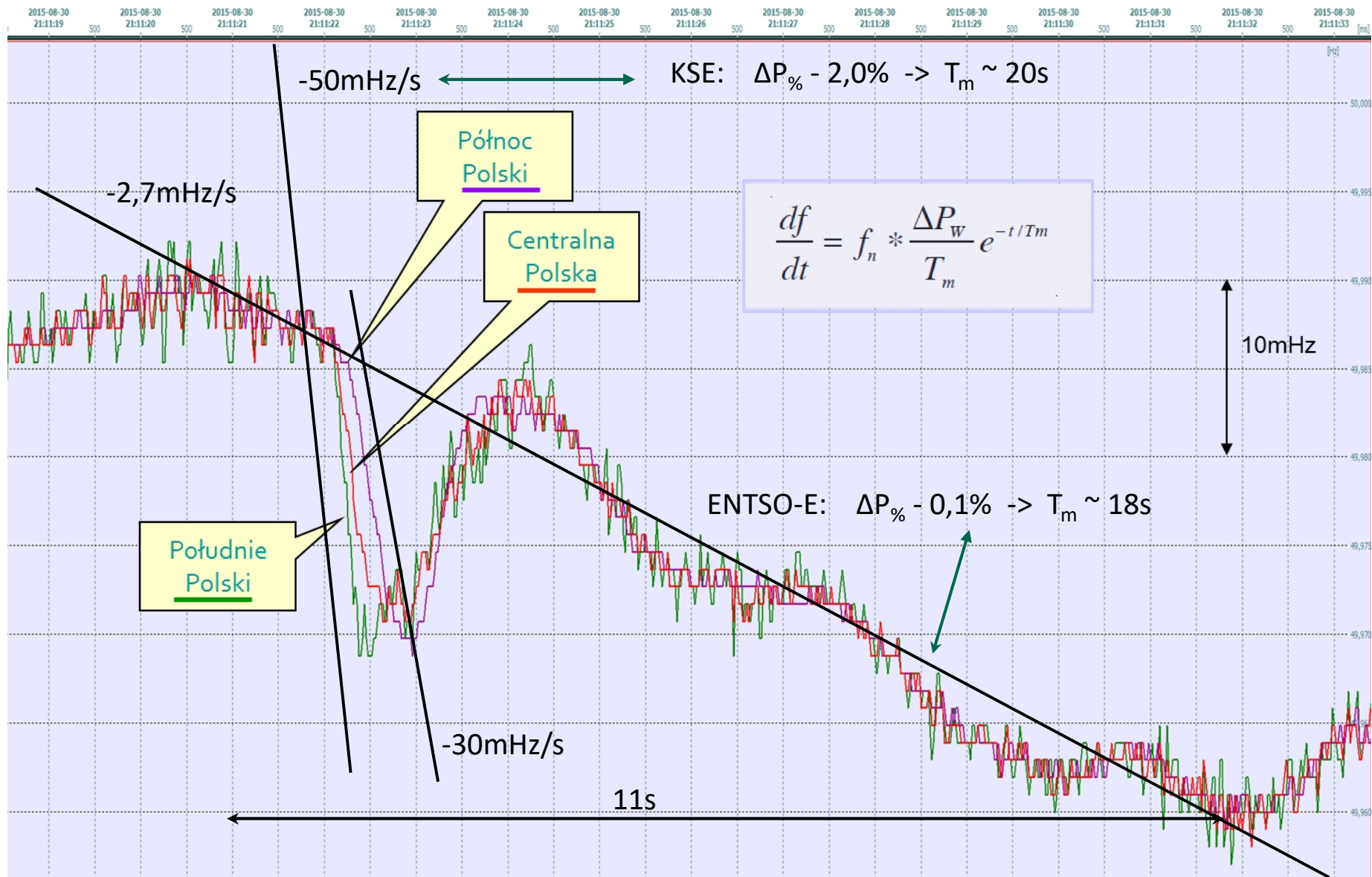
# Blackout Turcja (31-03-2015)



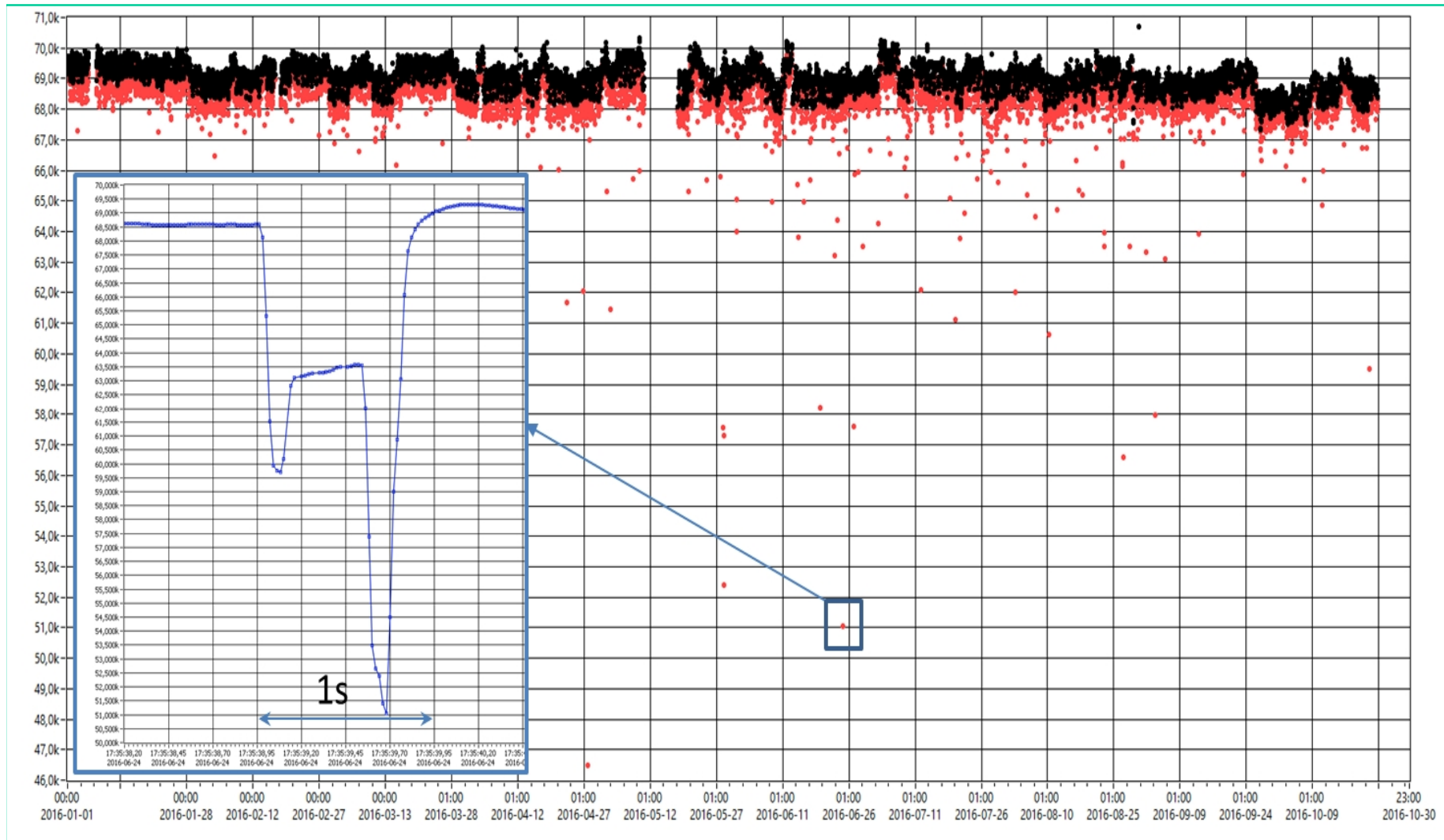
# Wyłączenie 1GW w Temelinie



# Wyłączenie Łągiszy 460MW

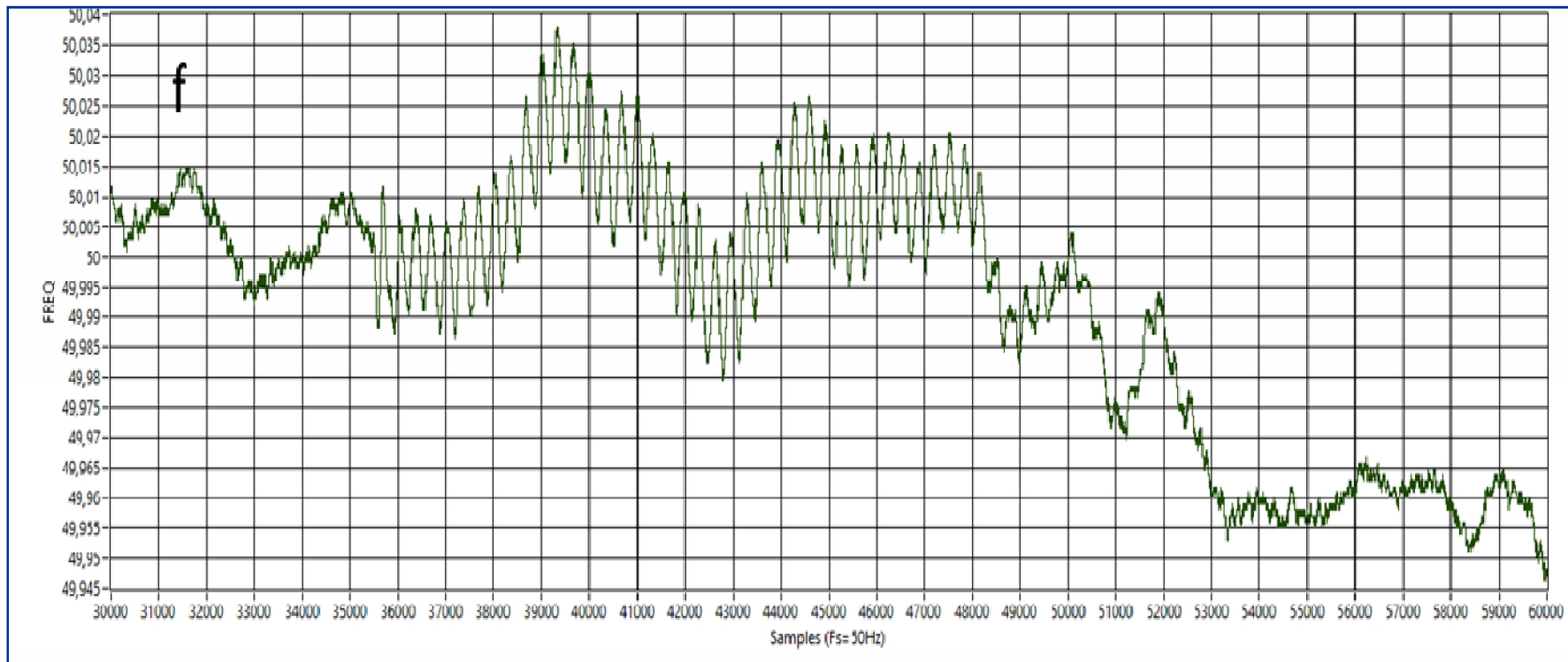


# Przykład analizy wartości napięcia w sieci 110kV w okresie 10-mies. - maks/min (z plików 1-no godzinnych)





# Zaobserwowane oscylacje w SEE



# Plan prezentacji

---

- **Definicja świadomości sytuacyjnej i synchronofazora**
- **Zastosowania w SEE**
- **Przykłady aplikacji**
- **Wymagania dotyczące synchronofazorów**
- **Implementacja i badania**
- **Próby obiektowe, rejestracje pomiarów synchronicznych**
- **Podniesienie świadomości sytuacyjnej**
- **Podsumowanie**

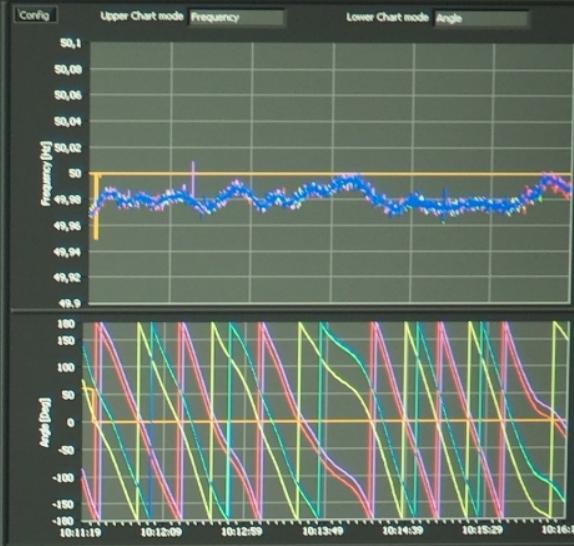


Info Opcje

- RUDA ŚL.
- ET\_GLIWICE
- PMU\_JASTRZEBIE
- PMU\_RYBNIK
- PMU\_MIKOLOW
- ENERGETAB
- TESTER



10:16:19  
2015-09-17



Station	Status	Data Quality
RUDA ŚL.	Normal operation, clock locked to	good measurement data, no errors
ET_GLIWICE	Normal operation, clock locked to	good measurement data, no errors
PMU_Jastrzebie	Normal operation, clock locked to	good measurement data, no errors
PMU_Rybnik	Normal operation, clock locked to	good measurement data, no errors
PMU_Mikolow	Normal operation, clock locked to	good measurement data, no errors
ENERGETAB	Normal operation, clock locked to	good measurement data, no errors
TESTER	Normal operation, clock locked to	good measurement data, no errors

DELL

ENERGOTEST

ZASILANIE  
AWARIA  
TRYB TESTOWY  
BLOKADA REJESTRACJI  
ZAPLENNIENIE  
POBUDZENIE  
NOWE DANE

REJESTRATOR ZAKŁÓCEN  
**RZ-40**  
Rejestrator zakłóceń  
Typ: RZ-40 Nr: 737A  
UL: 230/220 AC/DC

KAS KASOWANE SYGNALIZACJA  
PRZEJWLANIE / PRZEJWLANIE / ZMIANA WARTOŚCI  
TRYB NASTAW / AKCEPTACJA / ZAPIS  
ESC ANULOWANIE / WYJSCIE

\* RZ40PMU \* ENERGETAB PMU  
2015.Wrz.17 11:16:20 SYNC-6

KAS ESC

ENERGOTEST

ZASILANIE  
AWARIA  
TRYB TESTOWY  
BLOKADA REJESTRACJI  
ZAPLENNIENIE  
POBUDZENIE  
NOWE DANE

REJESTRATOR ZAKŁÓCEN  
**RZ-40**  
Rejestrator zakłóceń  
Typ: RZ-40 Nr: 737B  
UL: 230/220 AC/DC

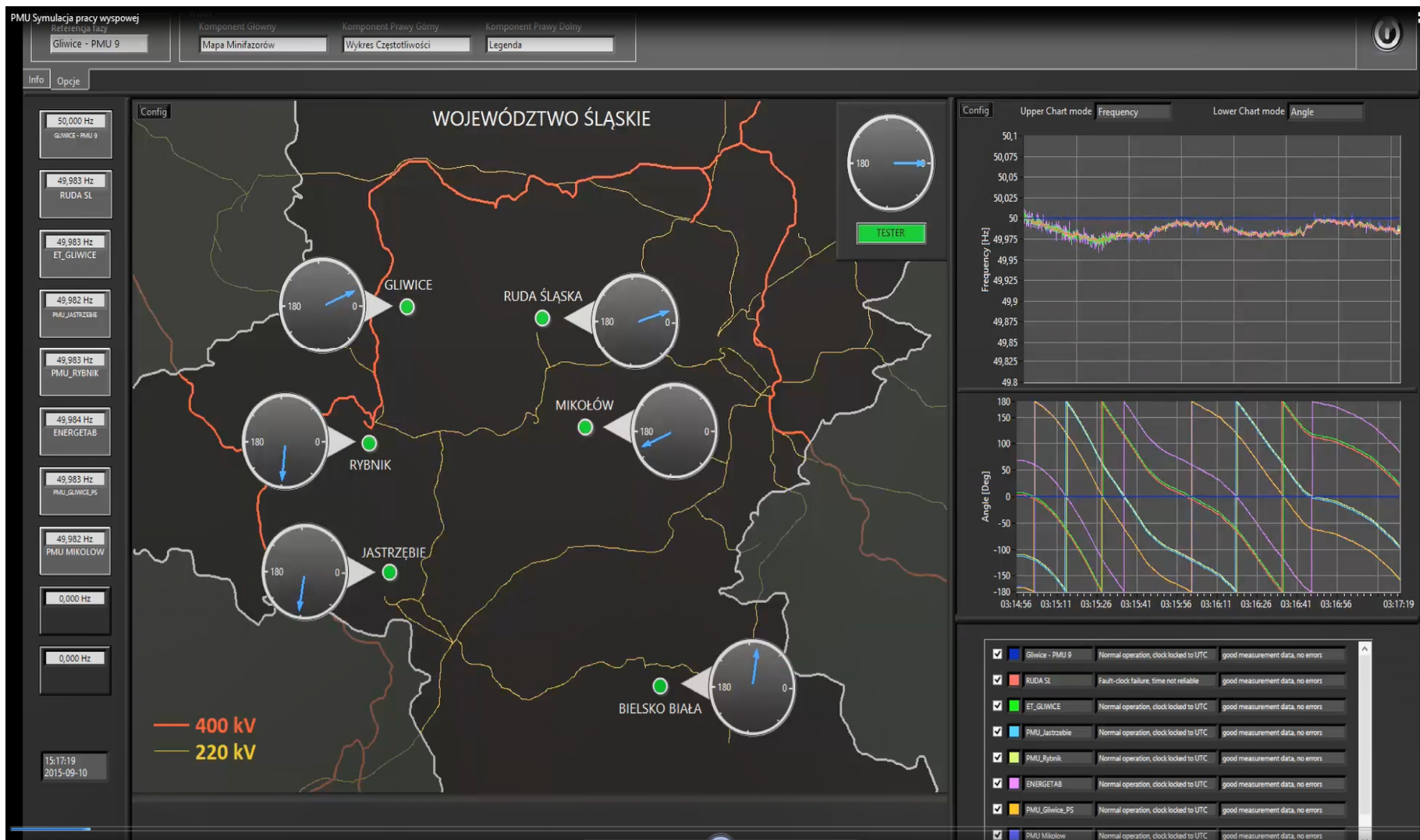
KAS KASOWANE SYGNALIZACJA  
PRZEJWLANIE / PRZEJWLANIE / ZMIANA WARTOŚCI  
TRYB NASTAW / AKCEPTACJA / ZAPIS  
ESC ANULOWANIE / WYJSCIE

\* RZ40PMU \* PMU 9 - Tester  
2015.Wrz.17 11:16:20 SYNC-6

KAS ESC

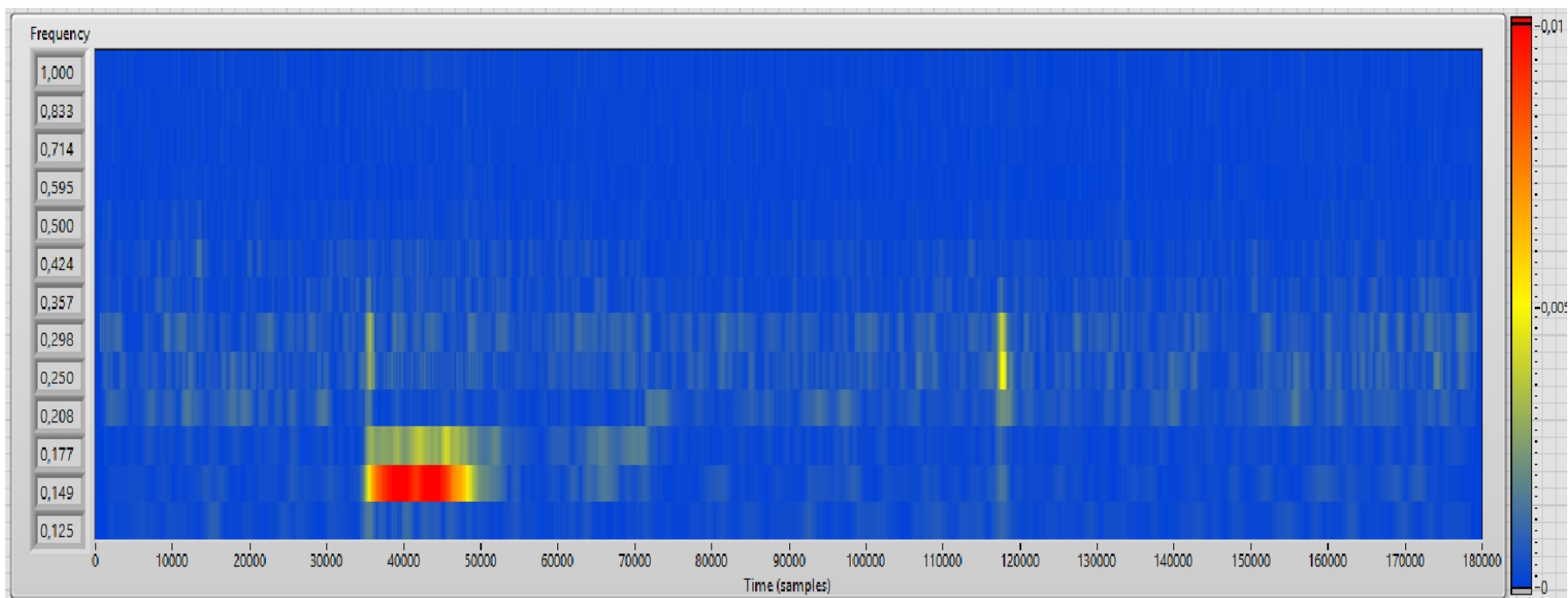
# Świadomość sytuacyjna

## Zastosowanie techniki synchrofazorów do identyfikacji pracy wyspowej



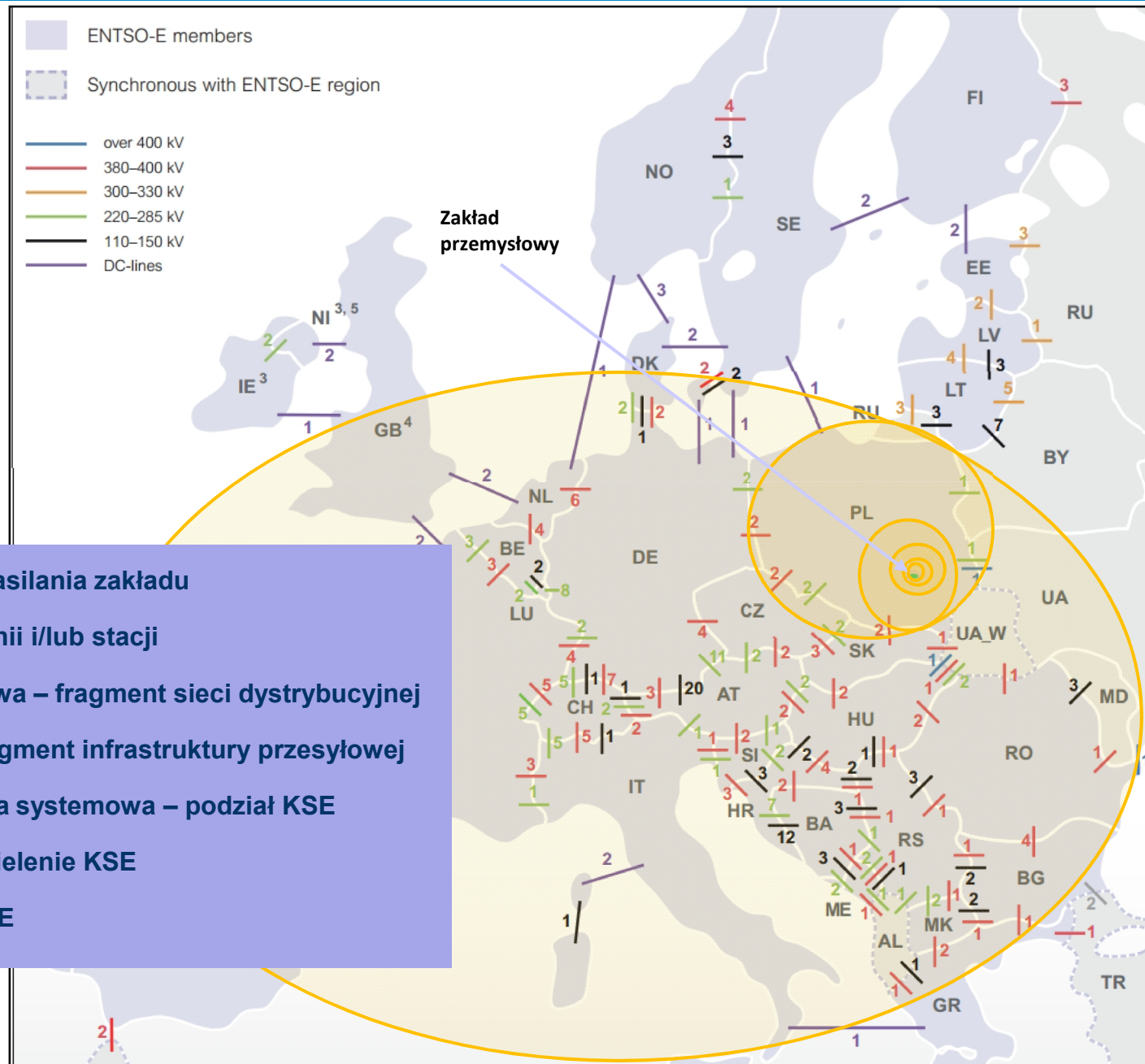
Konwersatorium. Wykorzystanie pomiarów synchronicznych do podniesienia świadomości sytuacyjnej w SEE.  
Mariusz Talaga. AGH. 22-11-2017.

# Wizualizacja danych w aplikacji do detekcji oscylacji



Konwersatorium. Wykorzystanie pomiarów synchronicznych do podniesienia świadomości sytuacji w SEE.  
Mariusz Talaga. AGH, 22-11-2017.

# Świadomość sytuacyjna – utrata zasilania



Wyłączenie ciągu(ów) zasilania zakładu

Awaria lokalna – kilka linii i/lub stacji

Awaria lokalna obszarowa – fragment sieci dystrybucyjnej

Awaria systemowa – fragment infrastruktury przesyłowej

Wielkoobszarowa awaria systemowa – podział KSE

Podział ENTSO-E, wydzielenie KSE

Deficyt mocy w ENTSO-E

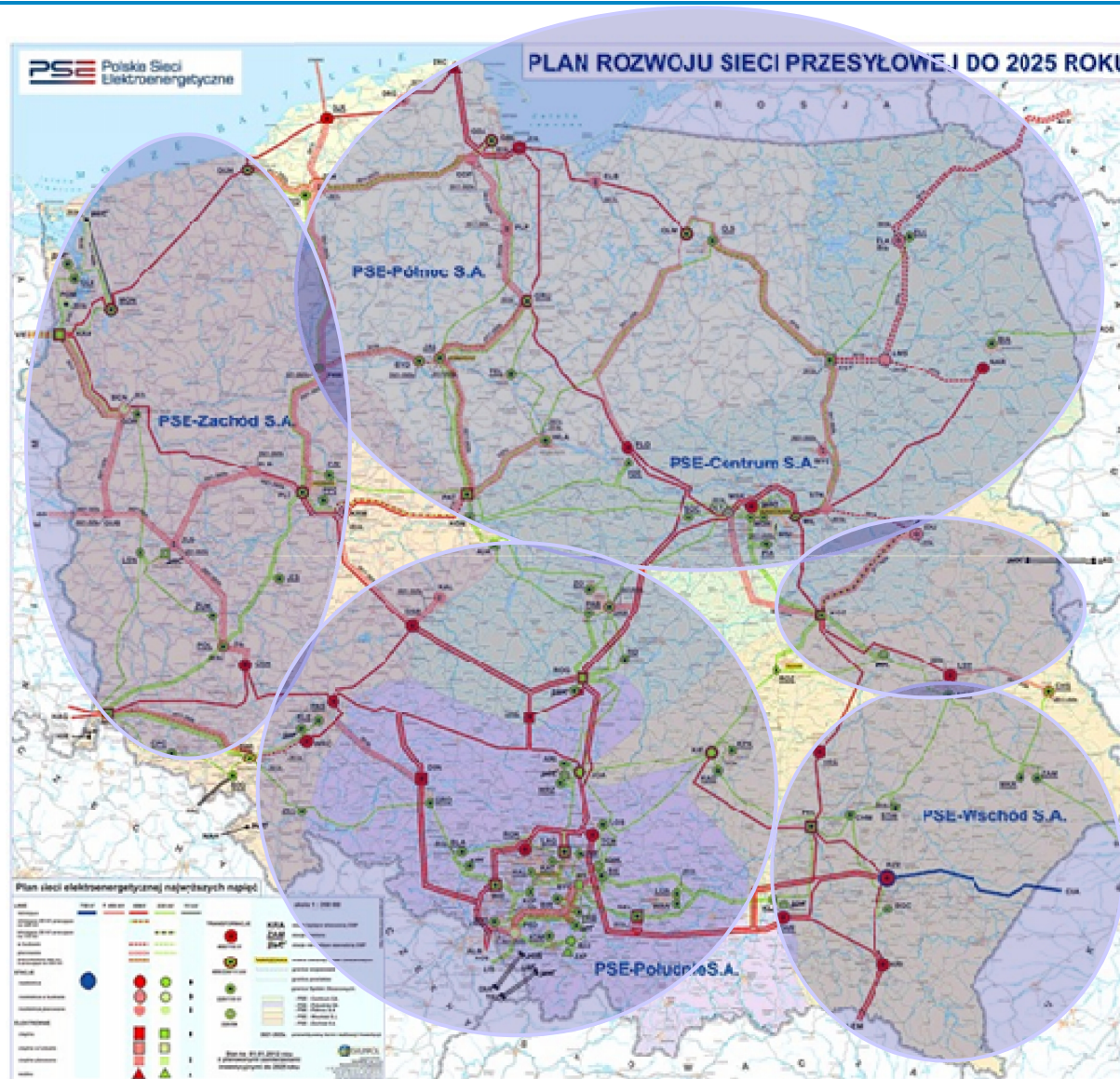
# Świadomość sytuacyjna - podział KSE na podobszary

Problem identyfikacji  
wydzielonego obszaru

Różne częstotliwości

Czy zakład

berze udział w obronie KSE ?



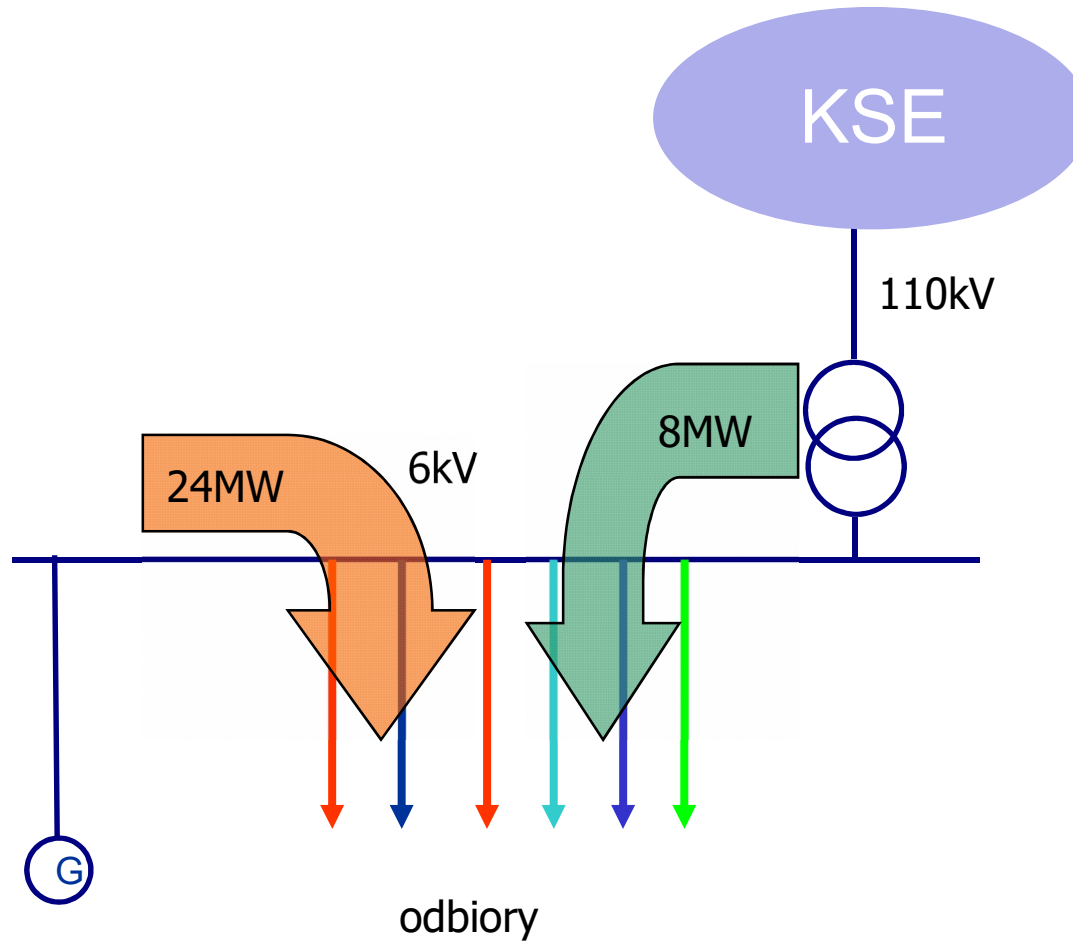
# System SmartLoad

---

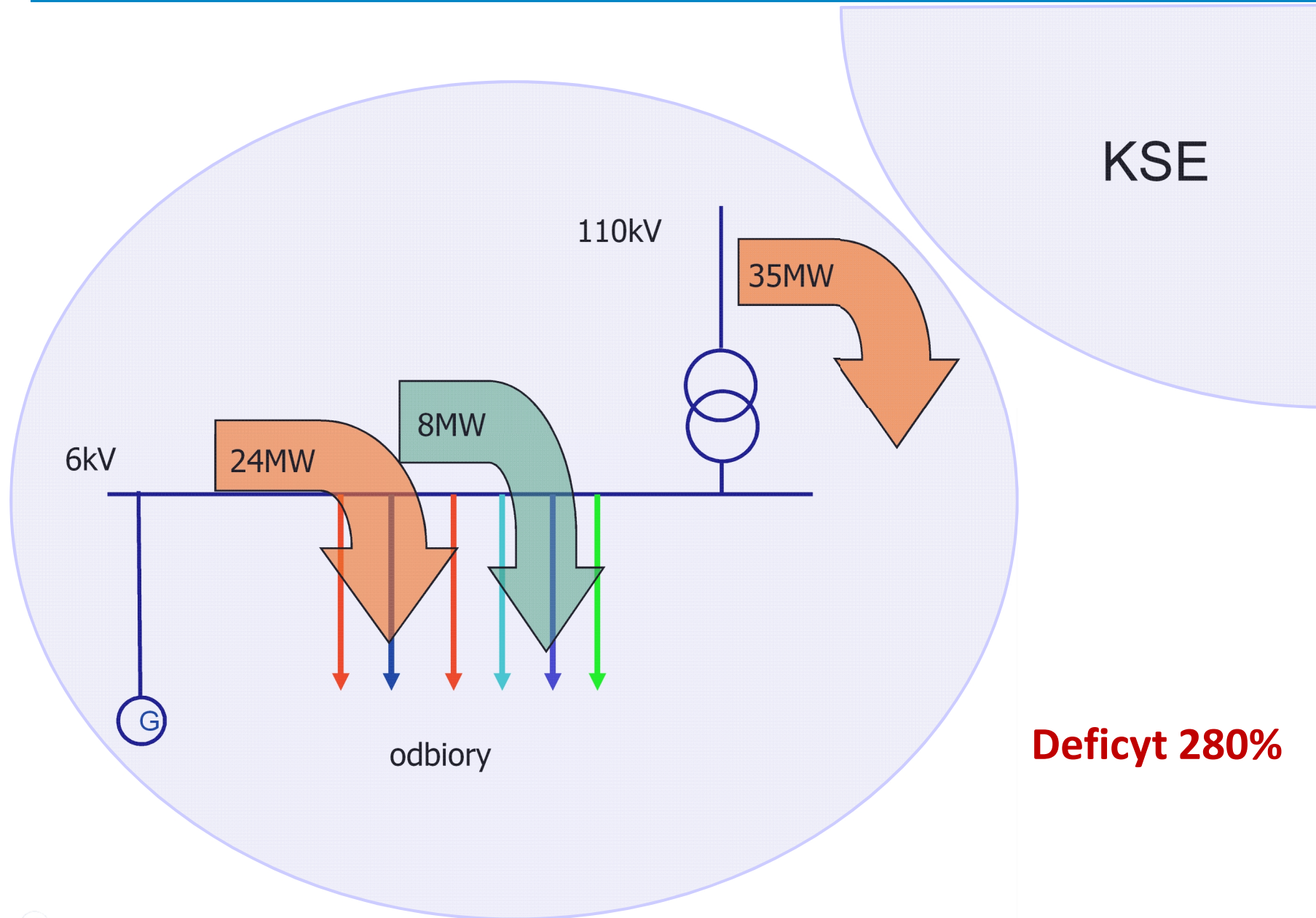
- **Bilansowanie obszarów sieciowych (adaptacyjne SCO)  
szczególnie zakładów przemysłowych, klastrów energetycznych**



# Rzeczywiste zdarzenie

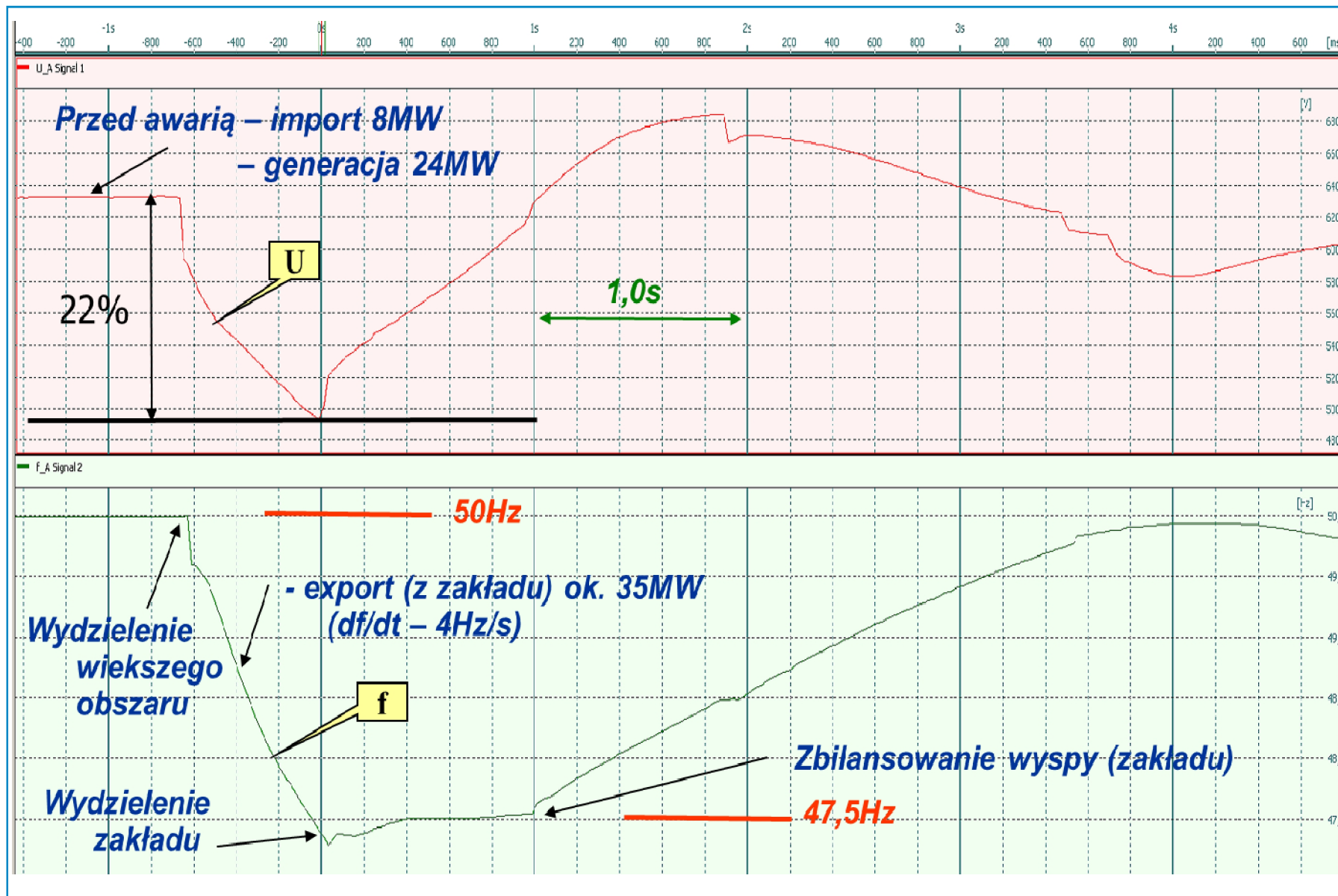


# Rzeczywiste zdarzenie



**Deficyt 280%**

# System SmartLoad - rzeczywiste zdarzenie



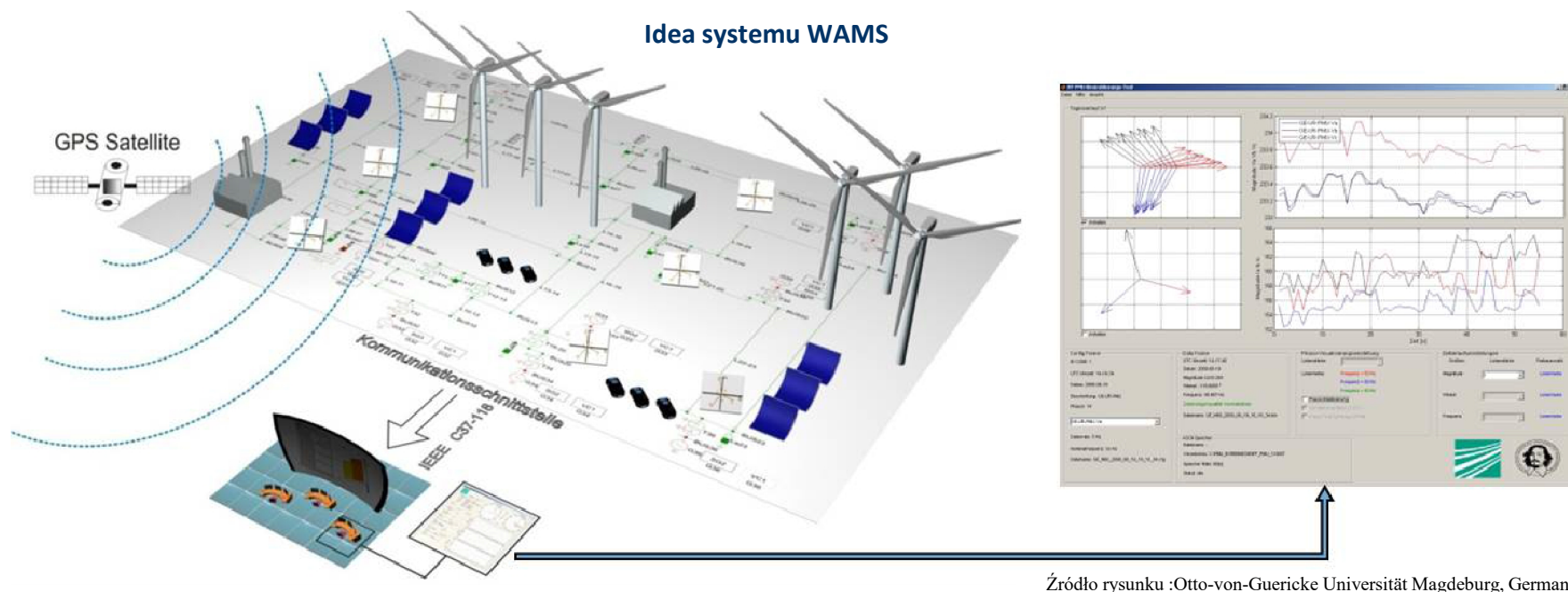
# Praca wyspowa klastrów energetycznych

Wyzwanie znacznie większe niż dla zakładów przemysłowych

- Duża liczba podmiotów
- Ograniczona możliwość szybkiego sterowania popytem
- Rozległa, rozproszona sieć elektroenergetyczna
- Mała inercja (stała elektromechaniczna) wydzielonego podsystemu
- Brak wiodącego źródła (wzorca częstotliwości)
- Potrzeba koordynacji pracy wielu małych źródeł energii

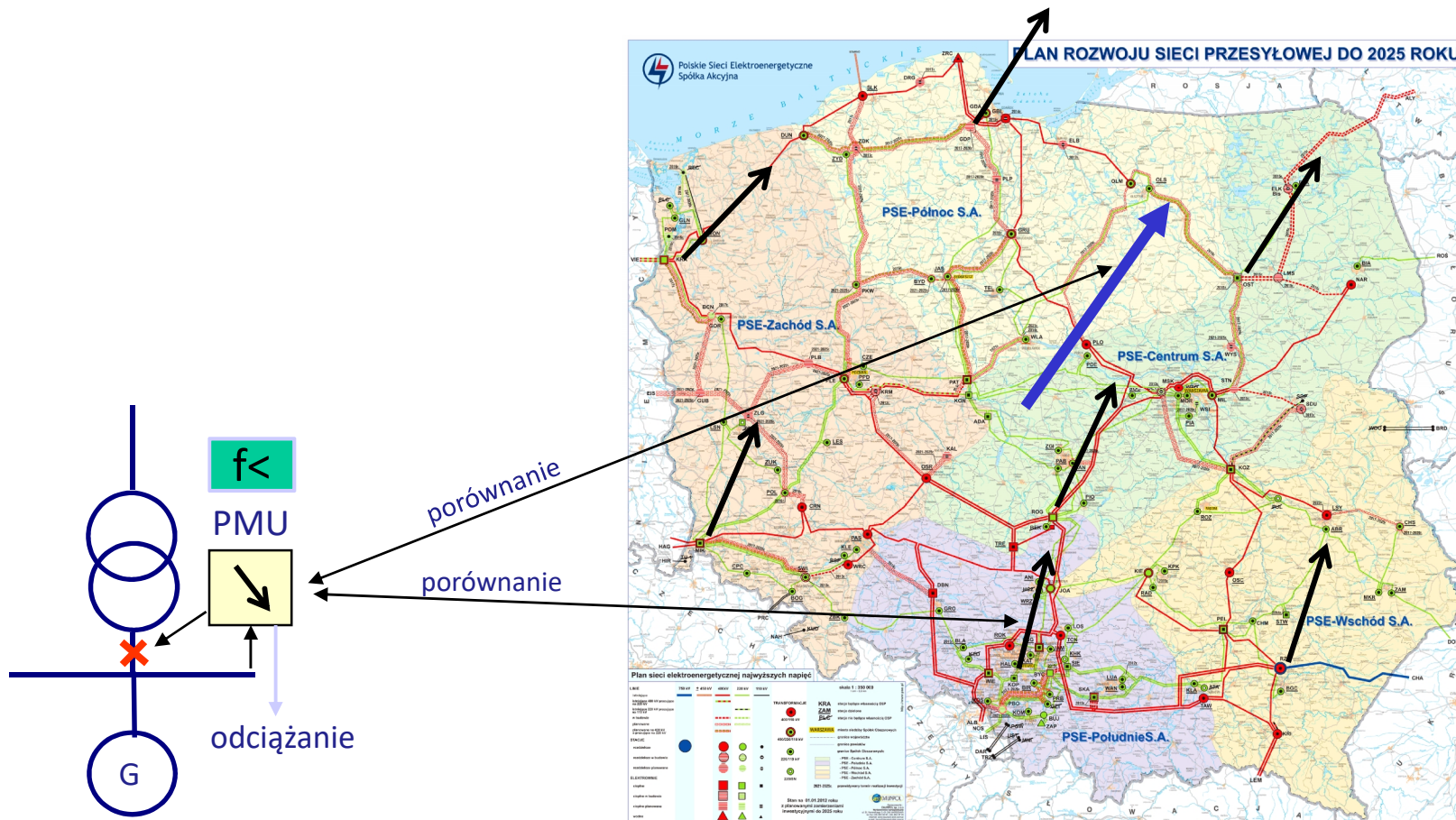
Jeśli planowana jest praca wydzielona klastra

- ⇒ Potrzeba szybkiej identyfikacji zagrożenia (ŚS) i podjęcia działań
- ⇒ Pomiary synchroniczne (zaawansowana część SmartGrid'u) i systemy klasy WAMS/WACS



Źródło rysunku :Otto-von-Guericke Universität Magdeburg, Germany

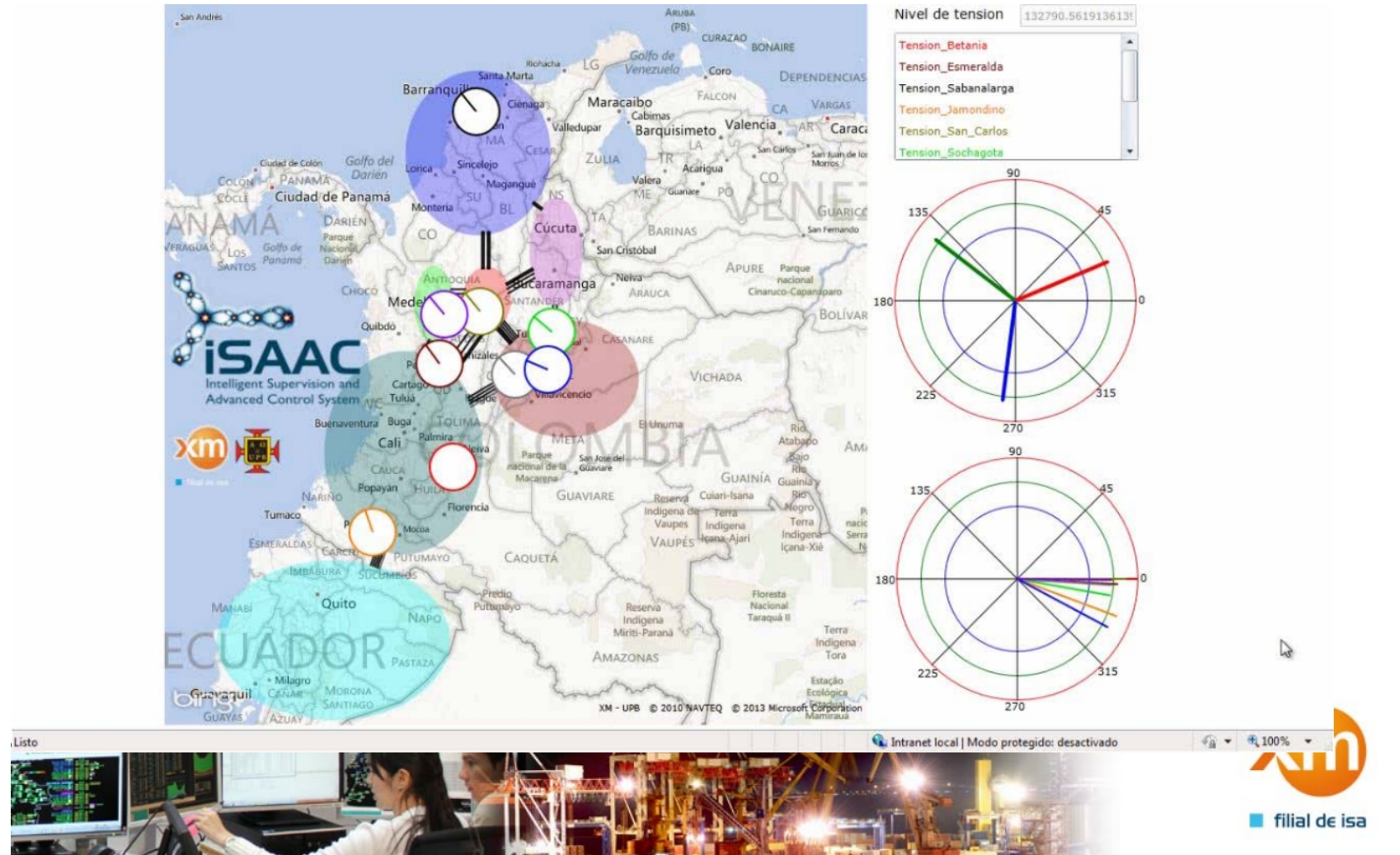
# Reprezentatywny synchrofazor SEE - dodatkowe kryterium dla identyfikacji pracy wyspowej



# Reprezentatywny synchrofazor (Kolumbia)

## Available Information

<http://172.16.1.250:1815/>



Konwersatorium. Wykorzystanie pomiarów synchronicznych do podniesienia świadomości sytuacji w SEE.  
Mariusz Talaga. AGH. 22-11-2017.

# Podsumowanie

---

- Wykorzystanie techniki pomiarów synchronicznych pozwala na podniesienie „świadomości sytuacyjnej” na poziomie nieosiągalnym klasycznymi metodami pomiarowymi.
- Świadomość sytuacyjna coraz istotniejsza przy wzroście wykorzystania OZE (szczególnie monitorowanie stabilności pracy SEE – kątowej, napięciowej).
- Duże potencjalne możliwości zastosowania techniki synchrofazorów w SEE: rejestracja, regulacja, wizualizacja, sterowanie, walidacja modeli, estymator stanu, detekcja zdarzeń, identyfikacja zakłóceń, detekcja oscylacji
- Pomiary synchroniczne stanowią istotną część „sieci inteligentnych” - SmatGrid
- Możliwość realizacji automatyki, która jest trudna lub niemożliwa do osiągnięcia klasycznymi metodami pomiarowymi stosowanymi w SEE (np. identyfikacja pracy wyspowej, Samoczynne Napięciowe Odciążanie itp.)

# Literatura

---

- 1.U.S. Department of Energy. Synchrofasor Technologies and their Deployment in the Recovery Act Smart Grid Program. August 2013.
- 2.A Knowledge based Approach to Situational Awareness for the Power Grid using Synchrophasors. IEEE PES. Phasor Measurement Applications. October 12, 2016. On-line.
- 3.NASPI. Actual and potential phasor data applications. 12/1/2009.
- 4.C37.118.1-2011 - IEEE Standard for Synchrophasor Measurements for Power Systems
- 5.C37.118.2-2011 - IEEE Standard for Synchrophasor Data Transfer for Power Systems
- 6.C37.118.1a-2014. IEEE Standard for Synchrophasor Measurements for Power Systems  
Amendment 1: Modification of Selected Performance Requirements
- 7.Mariusz Talaga. Wizja rozwoju rejestratorów zakłóceń. Automatyka Elektroenergetyczna nr 3 (52)/2006
- 8.Adrian Halinka, Michał Szewczyk, Mariusz Talaga. Możliwości zwiększenia potencjału obronności KSE poprzez wykorzystanie pomiarów synchronicznych w systemie SmartLoad. Konferencja „Blackout a krajowy system elektroenergetyczny – weryfikacja zdolności KSE obrony i odbudowy”.  
Roznówko. 28-30 maja 2014.
- 9.M. Talaga. Pomiar synchroniczny w systemie elektroenergetycznym - wymagania dla stanu ustalonego. Wiadomości Elektrotechniczne 2014/3.
- 10.Fraunhofer Institute for Factory Operation and Automation IFF Magdeburg. Raport końcowy (ZKW/16/04/00015).  
Testy dokładności pomiarów PMU Energotest RZ40 na zgodność z normą C37.118.1. Magdeburg. 2016.
11. A. Halinka, M. Talaga. Wybrane metody cyfrowego pomiaru częstotliwości w systemie elektroenergetycznym.  
Wiadomości Elektrotechniczne. 2016/03.
- 12.NERC. Reliability Guideline. Forced Oscillation Monitoring & Mitigation. 2017.
- 13.M. Talaga. Doświadczenia eksploatacyjne związane z wdrażaniem aplikacji wykorzystujących pomiary synchroniczne.  
Konferencja „Zabezpieczenia przekaźnikowe w Energetyce. Komitet Automatyki Elektroenergetycznej SEP. Kazimierz Dolny. 2017.





**Dziękuję za uwagę**

**Mariusz Talaga**

**INSPIROWANI  
ENERGIĄ**