

Bieżące aspekty zarządzania jakością energii elektrycznej w sieci OSP

Jarosław Rączka | jaroslaw.raczka@pse.pl

Biuro Pomiarów Energii

Dźwirzyno | 22 maja 2026 r.

www.pse.pl

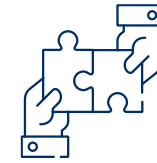
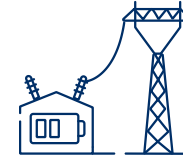
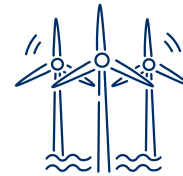
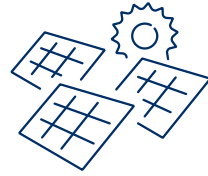
XI KONFERENCJA
POMIARY I DIAGNOSTYKA
W SIECIACH ELEKTROENERGETYCZNYCH
21-22 MAJA 2026 R. / DŹWIRZYNO



01

Wprowadzenie





CZYNNIKI TECHNICZNE |

Obniżenie sztywności sieci |

- wzrost liczby obiektów przekształtnikowych;
- wypieranie synchronicznych MWE przez PPM;
- rosnąca zmienność struktury i lokalizacji MWE;
- obniżenie mocy zwarciowej i inercji.

Zmiana parametrów układów sieciowych |

- wzrastający udział linii kablowych (również w sieci NN);
- wzrost liczby elementów kompensacyjnych: dławików, filtrów;
- duża zmienność widma impedancyjnego.

Pojawianie się nowych zjawisk w KSE |

- rezonanse obiektowe;
- niekorzystne interakcje między układami regulacji obiektów;
- oscylacje podsynchroniczne.

Wyzwania implementacji środków mitygacji |

- filtry pasywne/aktywne – ograniczona skuteczność filtrów pasywnych;
- kompensatory synchroniczne;
- Grid Forming (GFM);
- poziom definiowania wymagań: wymagania czy usługa systemowa.



CZYNNIKI POZATECHNICZNE |

Rosnąca dynamika transformacji KSE |

- lawinowy wzrost liczby obiektów mających wpływ na JEE;
- skrócenie czasu na reakcję ruchową i automatyczną.

Wyzwania formalne/otoczenia |

- złożoność regulacji prawnych, w tym regulacje na poziomie UE;
- potencjalne roszczenia ze strony przyłączonych podmiotów;
- rosnąca rola sieci dystrybucyjnych;
- coraz większa liczba Interesariuszy.

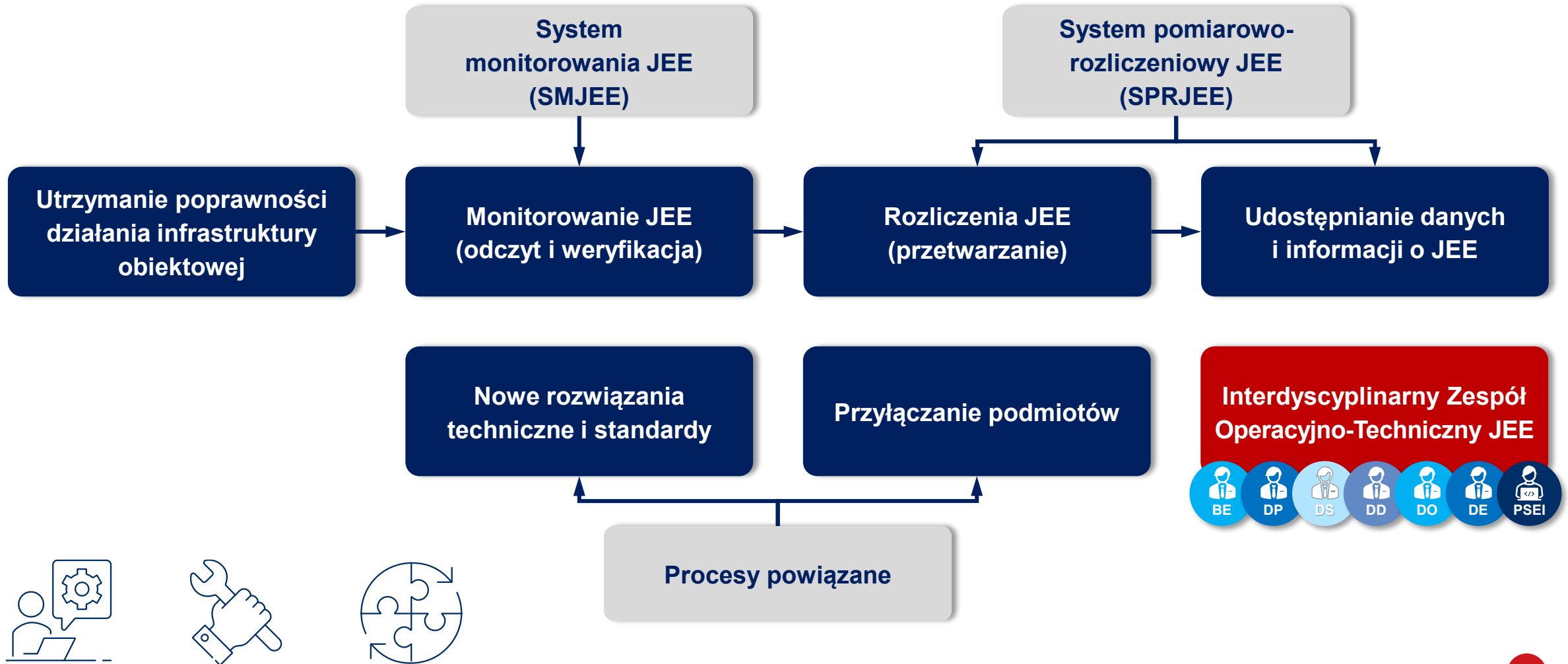
Koszty |

- wysokie koszty urządzeń poprawiających JEE (kompensatory statyczne, kompensatory synchroniczne, dławiki, GFM);
- wzrost zaangażowania specjalistów w zakresie monitorowania JEE.

Wyzwania kompetencje |

- wykładniczy wzrost złożoności zagadnień dot. JEE;
- JEE coraz wyraźniej staje się zagadnieniem interdyscyplinarnym.

Proces zarządzania JEE w PSE



02

Zarządzanie JEE – systemy wspierające

A complex network diagram with nodes and connecting lines, rendered in shades of blue, red, and grey, serving as a background for the slide.

Zarządzanie JEE – systemy wspierające

Monitorowanie JEE i przetwarzanie danych

- Systemy SMJEE obejmują 420 punkty pomiarowe
- Wdrożenie systemów informatycznych SMJEE gromadzących dane pomiarowe z AJEE oraz systemu nadrzędnego SPRJEE do przetwarzania i udostępniania danych

SMJEE0



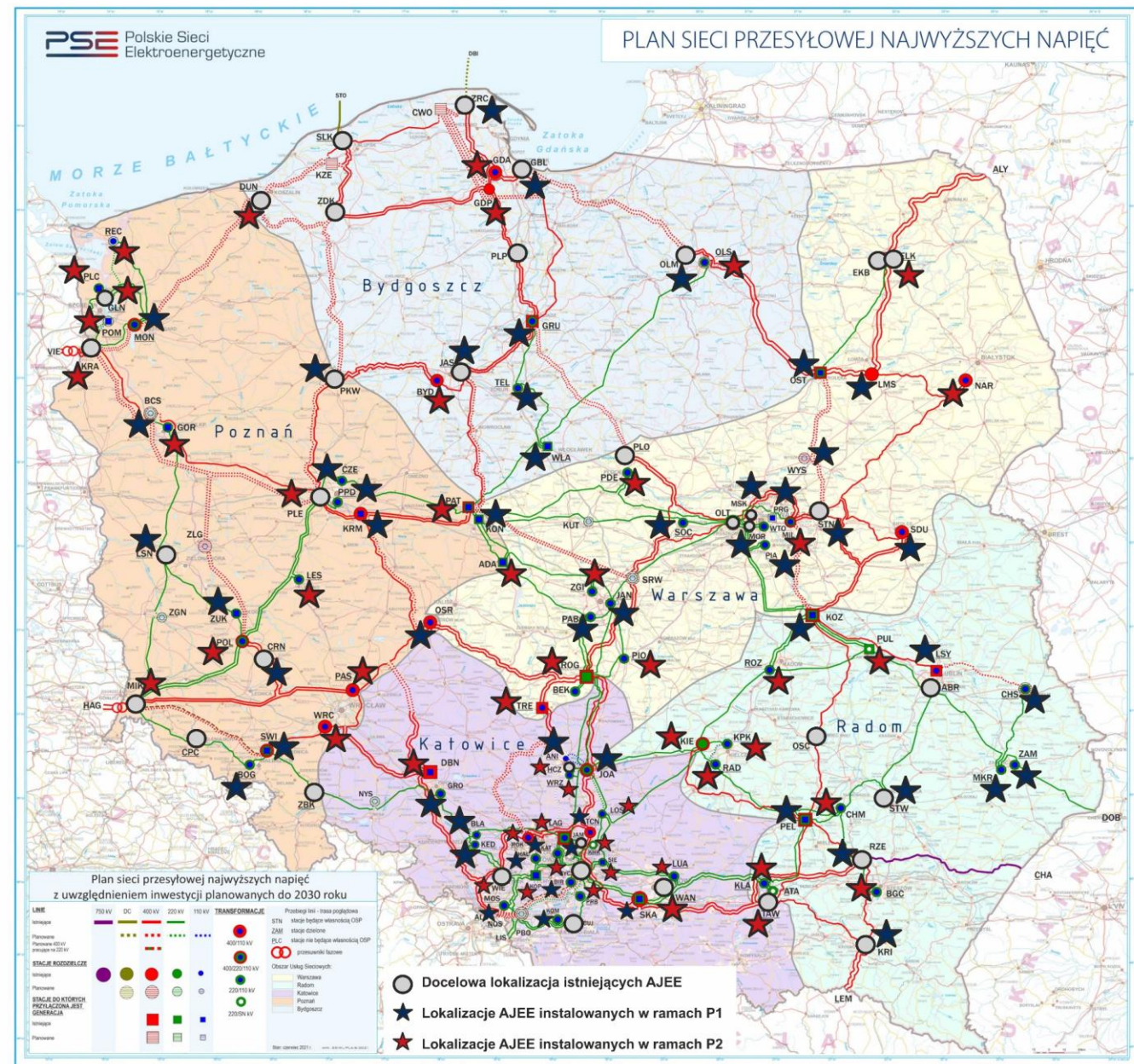
SMJEE1 (P1)



SMJEE2 (P2)

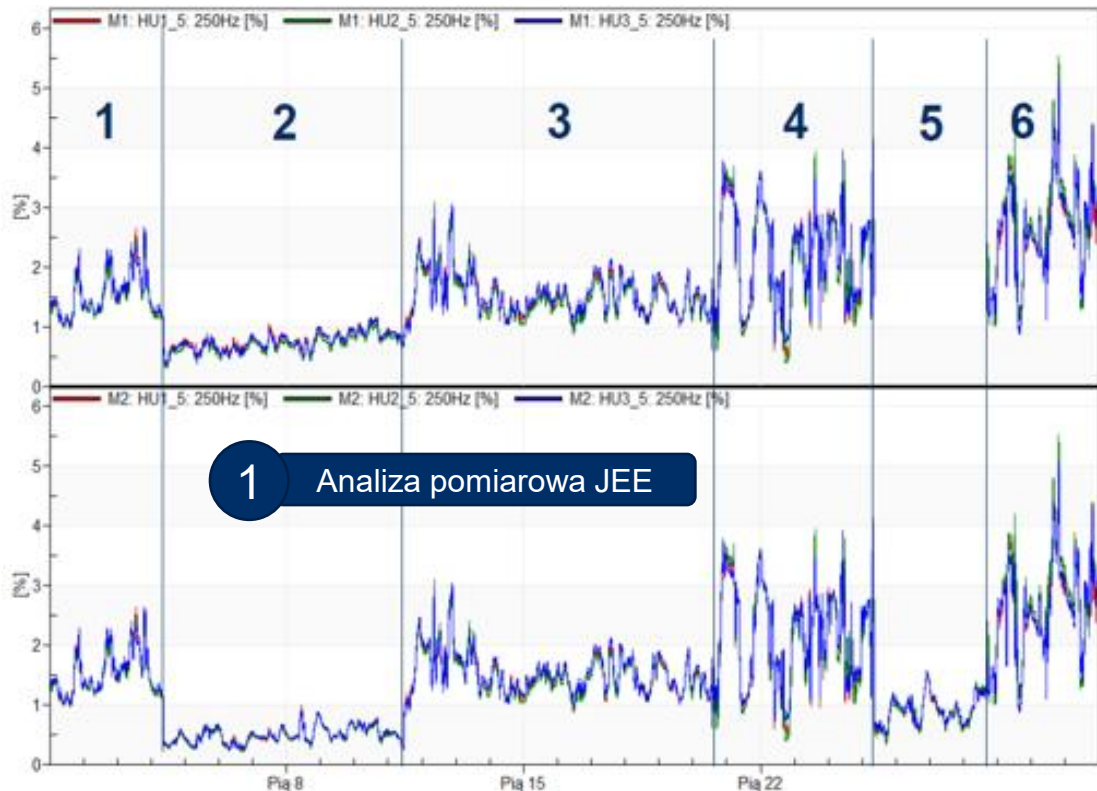


- W latach 2021-2026 zainstalowano łącznie 260 szt. analizatorów w ramach dedykowanego zadania
- Monitorowanie JEE jest realizowane w sposób ciągły we wszystkich stacjach OSP na każdym poziomie napięcia w tym w miejscach dostarczania



Zarządzanie JEE – systemy wspierające

Stosowane metody analiz



2

Analiza symulacyjna

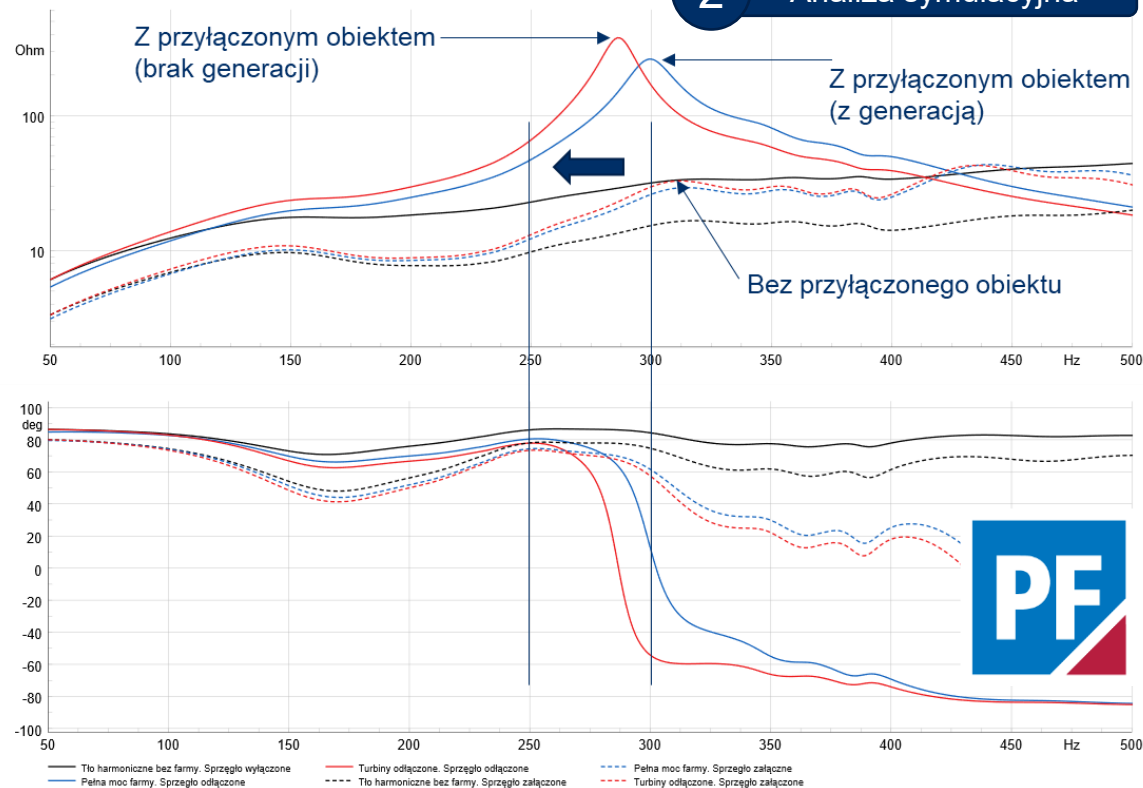
WERYFIKACJA PRZED PRZYŁĄCZENIEM:

Wykonywanie analiz symulacyjnych w zakresie zgodności JEE na etapie projektowania przed przyłączeniem obiektu do sieci

Analizy symulacyjne jako uzupełnienie analiz w oparciu o pomiary normatywne JEE

2

Analiza symulacyjna



Metoda hybrydowa analizy

WERYFIKACJA PO PRZYŁĄCZENIU:

Ocena JEE oraz identyfikacja źródeł zaburzeń w oparciu o:

- 1 analizy pomiarowe JEE (AJEE)
- 2 analizy symulacyjne
- 3 analizy rejestracji wartości chwilowych napięć i prądów (RZ)

Stosowane metody analiz

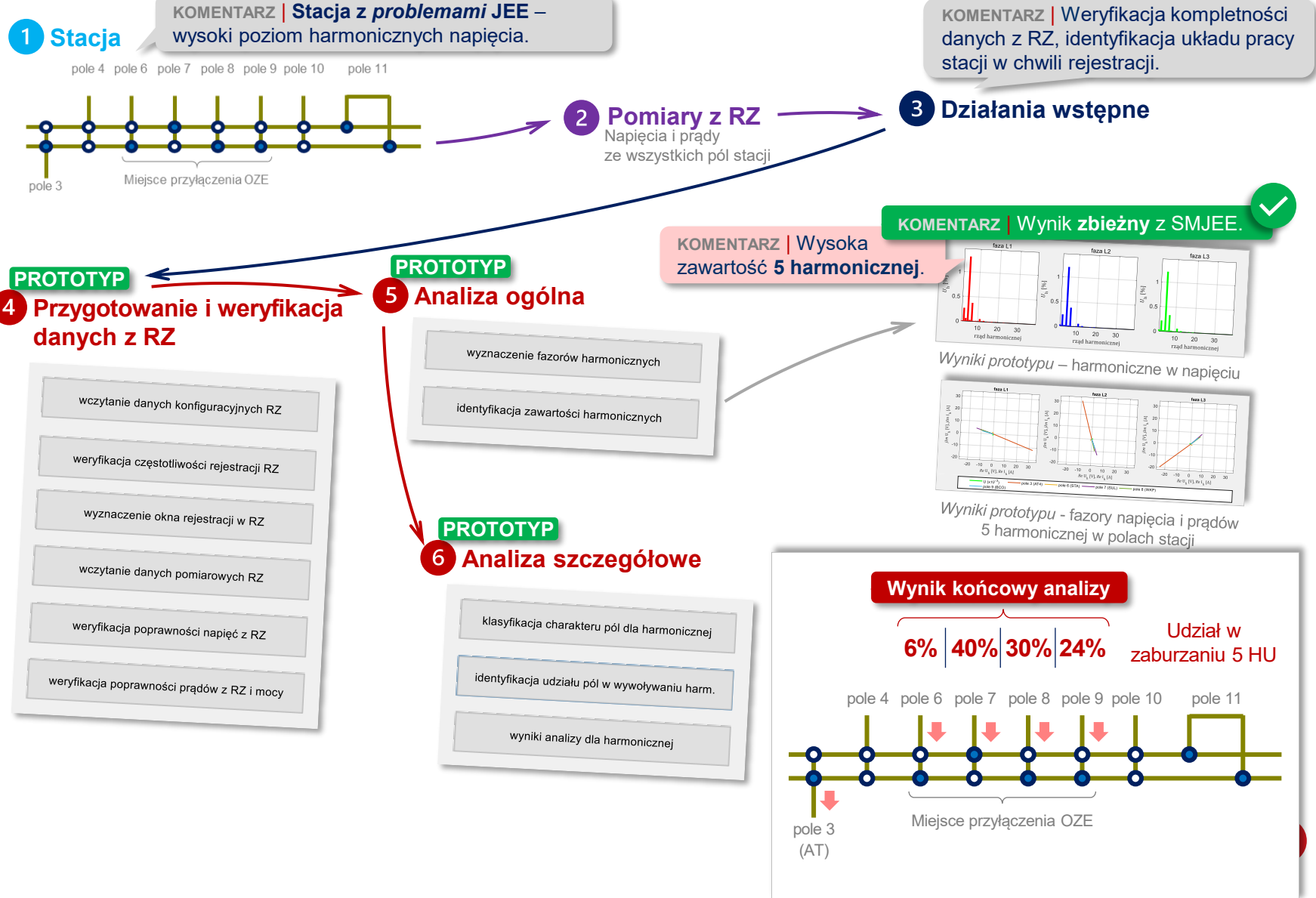
3 Analiza rejestracji wartości chwilowych napięć i prądów (RZ)

KLUCZOWE KROKI

- ⚡ Wykrycie **zaburzenia jakości** energii elektrycznej w stacji.
- 🔍 Wykonanie **intencjonalnych** rejestracji w RZ w stacji.



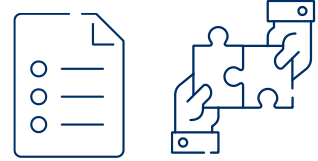
- 🔍 **Identyfikacja obiektu** zaburzającego JEE w stacji.



03

Zarządzanie JEE – przegląd rozwiązań OSP w innych krajach





Research, Development and Innovation Committee

Study on the Approach to Power Quality Management

The purpose of this study is to gather the experiences applied by TSOs in the field of *Power Quality management* and the measures used to ensure compliance by the power system operator and the entities connected to the network. The study is being conducted at the turn of 2025/2026 for the purpose of the PSE S.A., i.e. the Polish Transmission System Operator.

Section 1
Definitions and requirements for parameters of Power Quality

1. *Power Quality requirements* are included in:

- Network Codes
- Operator tariff (transmission/distribution)
- Law/regulation (national internal regulations)
- Grid Codes for transmission/distribution networks
- Other regulations (please specify):
.....
.....
.....

2. Responsibility for ensuring compliance with *Power Quality parameters* lies with:

- Power System Operator
- Connected Entity
- Both on Power System Operator and Connected Entity
- Other (other examples):
.....
.....
.....

3. Verification and evaluation of *Power Quality parameters* in your country is carried out by:

- Transmission System Operator
- Distribution System Operator
- National Regulatory Authority
- Connected Entity
- Another Entity (please specify):
.....

1

W pierwszym kwartale 2026 r. przeprowadziliśmy ankietę dot. zarządzania JEE przez OSP w innych krajach (łącznie 31 pytań):

Sekcja 1: Definicje i wymagania dotyczące parametrów JEE (3 pytania)

Sekcja 2: Monitoring JEE (5 pytań)

Sekcja 3: Zarządzanie JEE (5 pytań)

Sekcja 4: Analizy w zakresie JEE (6 pytań)

Sekcja 5: Metody zapewniania wymaganych parametrów JEE (4 pytania)

Sekcja 6: Zagadnienia szczegółowe (8 pytań otwartych)

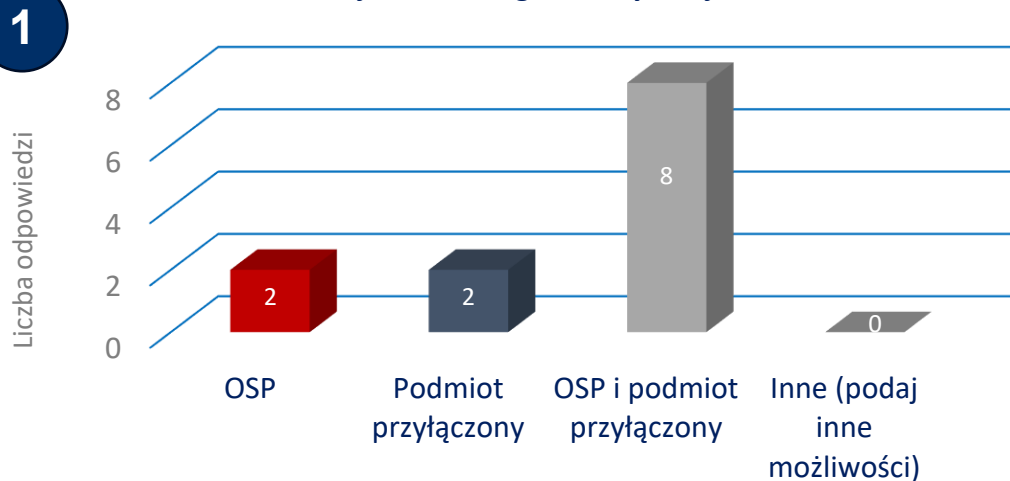


Odpowiedzi od 12 OSP

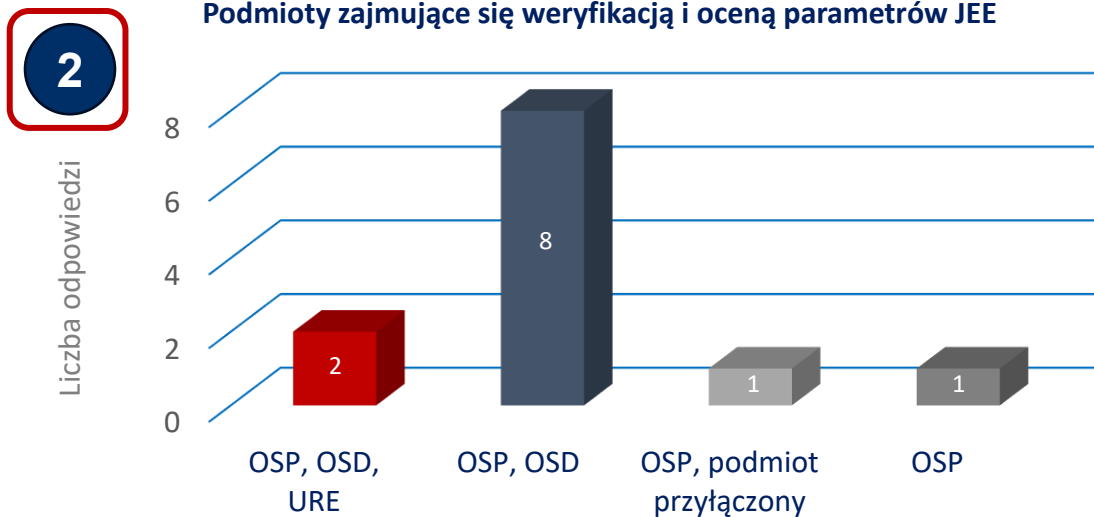


Zarządzanie JEE – przegląd rozwiązań OSP w innych krajach

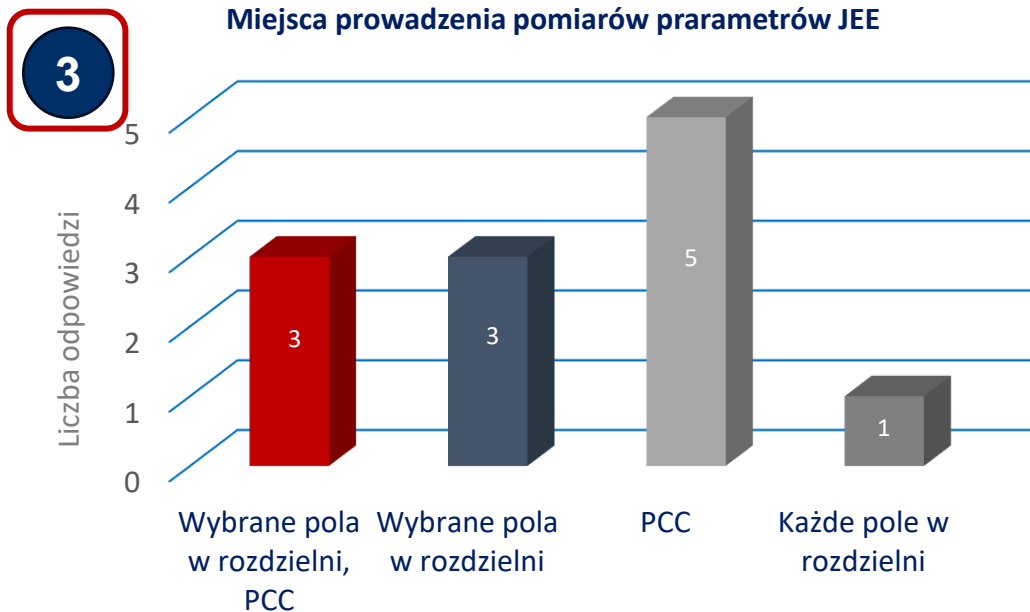
Odpowiedzialność za dotrzymanie parametrów jakości energii elektrycznej



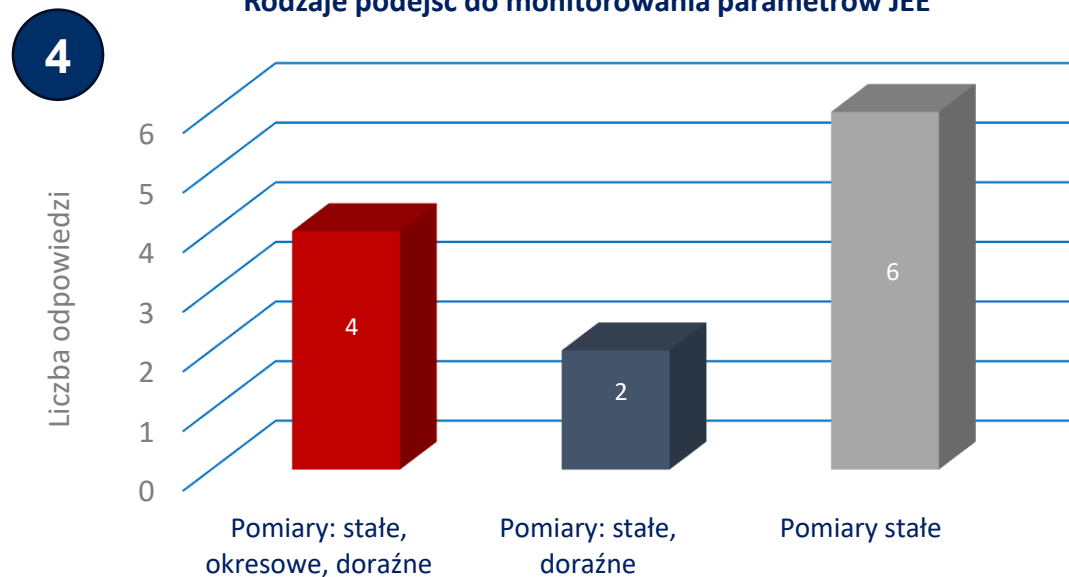
Podmioty zajmujące się weryfikacją i oceną parametrów JEE



Miejsca prowadzenia pomiarów parametrów JEE



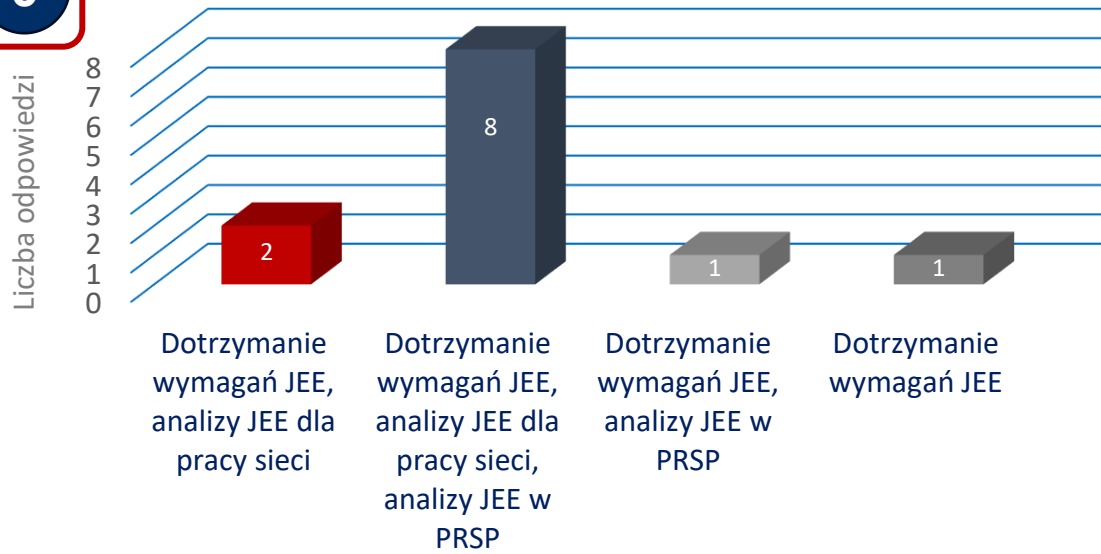
Rodzaje podejść do monitorowania parametrów JEE



* Punkt przyłączenia PCC, czyli miejsce w sieci elektroenergetycznej, w którym instalacja wytwórcza lub odbiorcza jest połączona z siecią przesyłową.

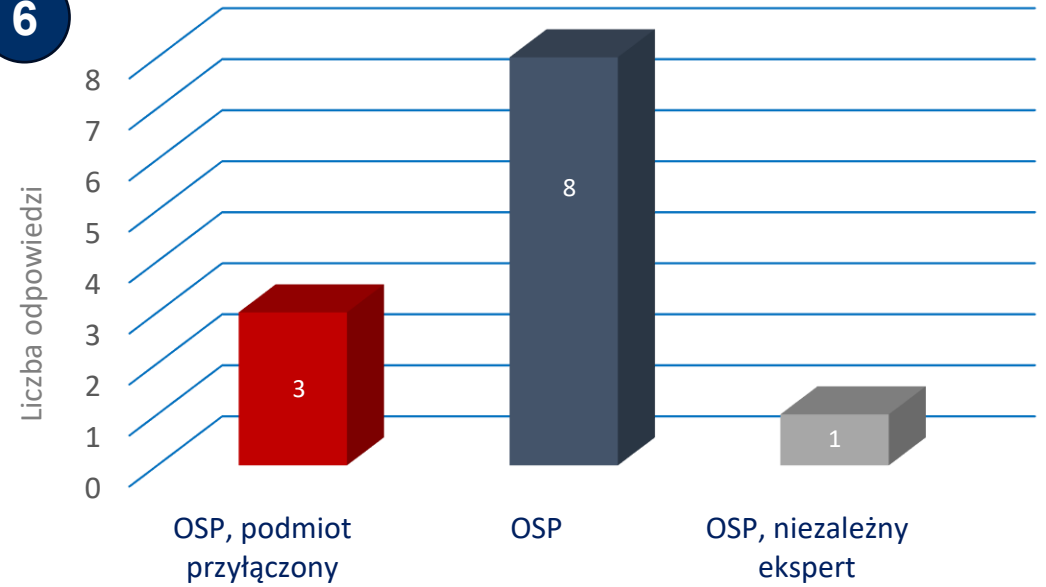
5

Działania OSP podejmowane w rozumieniu zarządzania JEE



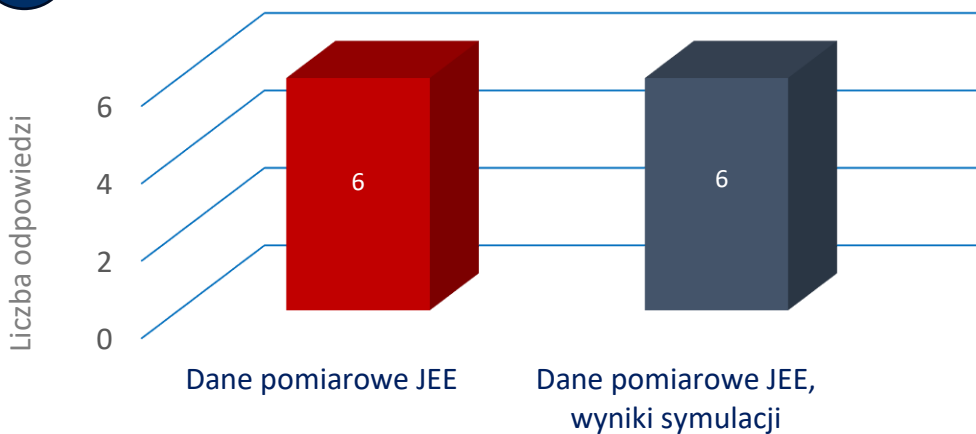
6

Podmiot wykonujący analizy w zakresie JEE



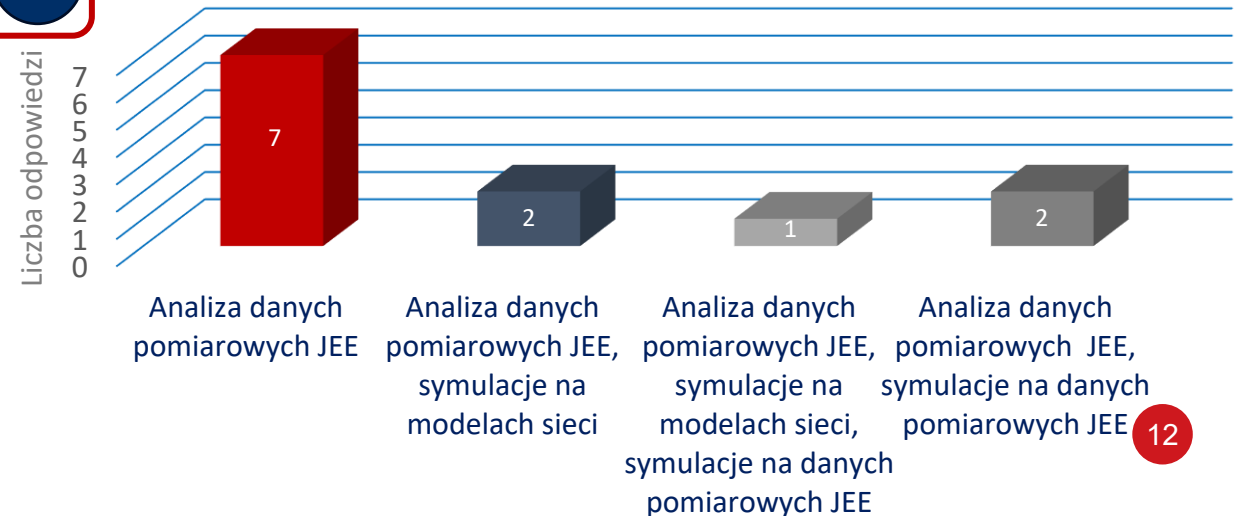
7

Rodzaje danych wykorzystywanych do analiz JEE



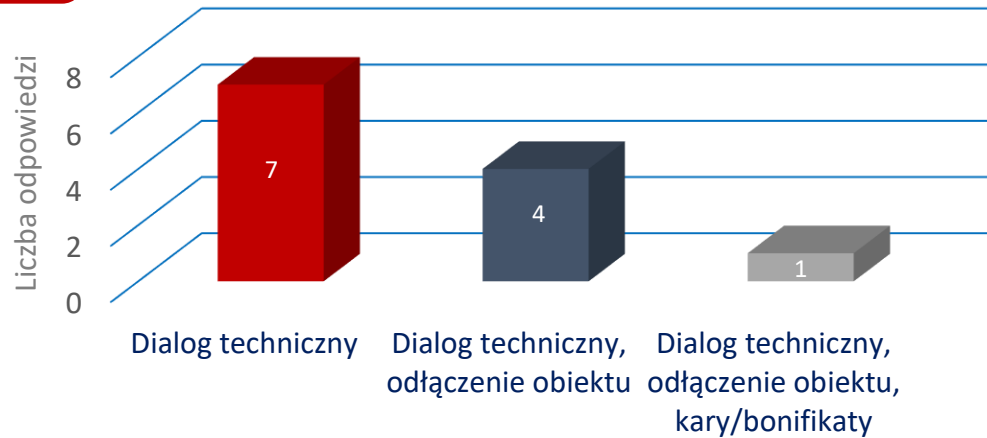
8

Identyfikacja źródła zaburzeń w zakresie przekroczeń parametrów JEE



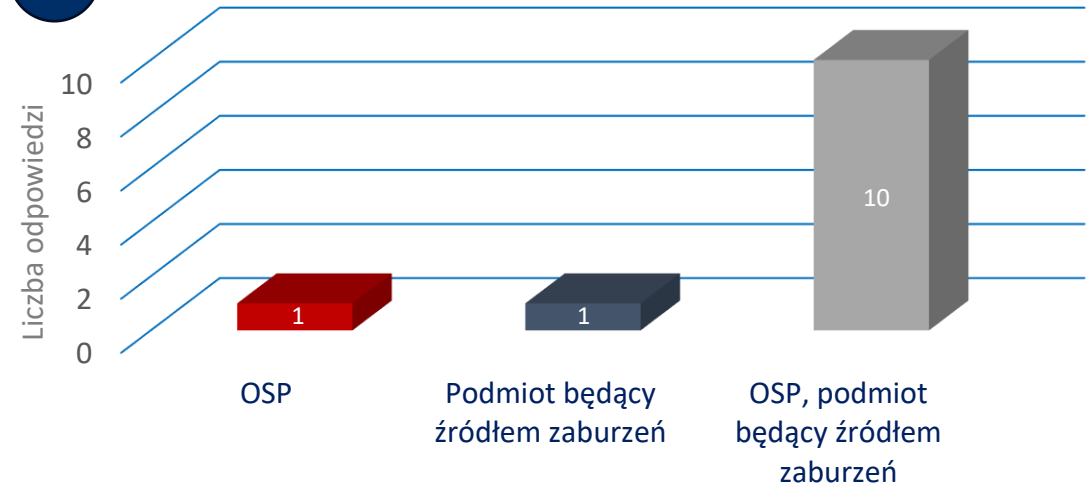
9

Działania naprawcze podejmowane po stwierdzeniu zaburzeń w zakresie przekroczeń parametrów JEE



10

Podmiot podejmujący działania techniczne po stwierdzeniu występowania przekroczeń parametrów JEE



11

Najczęstsze zaburzenia JEE występujące w sieciach poszczególnych OSP:

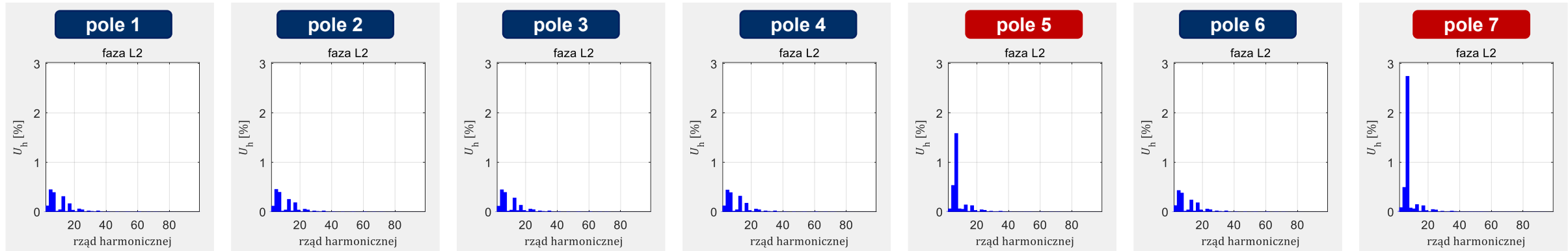
- zaburzenia pojawiające się przy niskiej mocy zwarciowej w PCC i powodowane nieprawidłowym działaniem układów regulacji podmiotu przyłączonego;
- harmoniczne napięcia powodowane rezonansami, konfiguracją sieci, występujące przy nieobciążonych transformatorach i małej mocy czynnej;
- harmoniczne napięcia wynikające z dużej liczby układów przekształtnikowych w PCC;
- wskaźnik migotania światła w PCC odbiorców (piece łukowe oraz sieć kolejowa);
- podwyższony poziom napięcia w sieci;
- zapady napięcia.

04

Zarządzanie JEE – pomiary harmonicznych



Widmo harmonicznych napięcia w różnych polach rozdzielni 220 kV

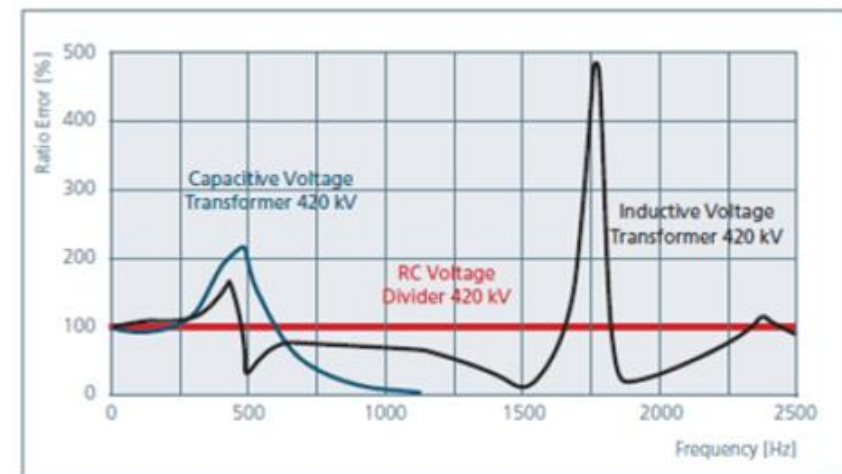


Przekładniki napięciowe indukcyjne

Przekładniki napięciowe pojemnościowe

Wartość 7 HU w polu 5 i 7 istotnie odbiega od wartości wyznaczonych w pozostałych polach – w polu 5 i 7 są zainstalowane przekładniki pojemnościowe, w pozostałych polach przekładniki indukcyjne.

Znajomość charakterystyk częstotliwościowych (błędów amplitudowych i kątowych) przekładników napięciowych jest niezbędna dla realizacji wiarygodnych pomiarów i oceny harmonicznych napięcia.



Zarządzanie JEE – pomiary harmonicznych

Badanie charakterystyk częstotliwościowych przekładników

AKTUALNY STANDARD PSE

Nr kodowy: **PSE-ST.Przekładniki_Napięciowe_400_220_110_kV/2023**

Okres obowiązywania: od 23.02.2024

Zgodnie ze standardem dla przekładników dostarczanych do PSE wśród wymaganych dokumentów wymagane są charakterystyki częstotliwościowe dla wyższych harmonicznych

- k. schemat elektryczny przekładnika napięciowego;
- l. schemat zastępczy przekładnika z podanymi wartościami parametrów RLC oraz charakterystykami magnesowania i strat bezobciążeniowych;
- m. szczegółowe parametry i dane gwarantowane oleju izolacyjnego w formie karty katalogowej w języku polskim lub angielskim;
- n. charakterystyka częstotliwościowa dla wyższych harmonicznych do 50 rzędu włącznie, charakterystykę częstotliwościową należy przedstawić w postaci tabelarycznej dla błędów amplitudowego i kątownego tj. wynikiem dla każdego rzędu harmonicznej oddzielnie (50 Hz, 100 Hz, 150 Hz, ..., ..., ..., 2450 Hz, 2500 Hz) oraz wykresami przedstawiającymi charakterystyki częstotliwościowe, charakterystykę należy wykonać zgodnie z wytycznymi zawartymi w odpowiednich normach, dopuszcza się wykonanie charakterystyki na napięciu WN i/lub Nn;
- o. wykaz zalecanych części zamiennych wraz z cenami jednostkowymi niezbędnych

Przeniesione zostały wymagania dot. badania wyższych harmonicznych z normy PN-EN 61869-6

PN-EN IEC 61869-1

Przekładniki

Część 1: Wymagania ogólne

Norma Europejska EN IEC 61869-1:2024 *Instrument transformers - Part 1: General requirements (IEC 61869-1:2023)* ma status Polskiej Normy

obligatoryjne

Table 7 – WB0 extension for harmonics

Accuracy class	Ratio error at low frequency		Ratio error at harmonics based on f_r				Phase error at low frequency	Phase error at harmonics based on f_r			
	%		%				Degrees	Degrees			
	DC ^a	1 Hz	2 nd to 4 th	5 th and 6 th	7 th to 9 th	10 th to 13 th	1 Hz	2 nd to 4 th	5 th and 6 th	7 th to 9 th	10 th to 13 th
0,1	+1 -100	+1 -30	±1	±2	±4	±8	±45	±1	±2	±4	±8
0,2 – 0,2 S ^b	+2 -100	+2 -30	±2	±4	±8	±16	±45	±2	±4	±8	±16

Table 8 – Accuracy class extensions for wide bandwidth applications

Accuracy class	Ratio error at frequencies shown below			Phase error at frequencies shown below		
	%			Degrees		
WB1	$f_r < f \leq 1$ kHz	$1 < f \leq 1,5$ kHz	$1,5 < f \leq 3$ kHz	$f_r < f \leq 1$ kHz	$1 < f \leq 1,5$ kHz	$1,5 < f \leq 3$ kHz
WB2	$f_r < f \leq 5$ kHz	$5 < f \leq 10$ kHz	$10 < f \leq 20$ kHz	$f_r < f \leq 5$ kHz	$5 < f \leq 10$ kHz	$10 < f \leq 20$ kHz
WB3	$f_r < f \leq 20$ kHz	$20 < f \leq 50$ kHz	$50 < f \leq 150$ kHz	$f_r < f \leq 20$ kHz	$20 < f \leq 50$ kHz	$50 < f \leq 150$ kHz
WB4	$f_r < f \leq 50$ kHz	$50 < f \leq 150$ kHz	$150 < f \leq 500$ kHz	$f_r < f \leq 50$ kHz	$50 < f \leq 150$ kHz	$150 < f \leq 500$ kHz
0,1	±1	±2	±5	±1	±2	±5
0,2 – 0,2 S	±2	±4	±5	±2	±4	±5

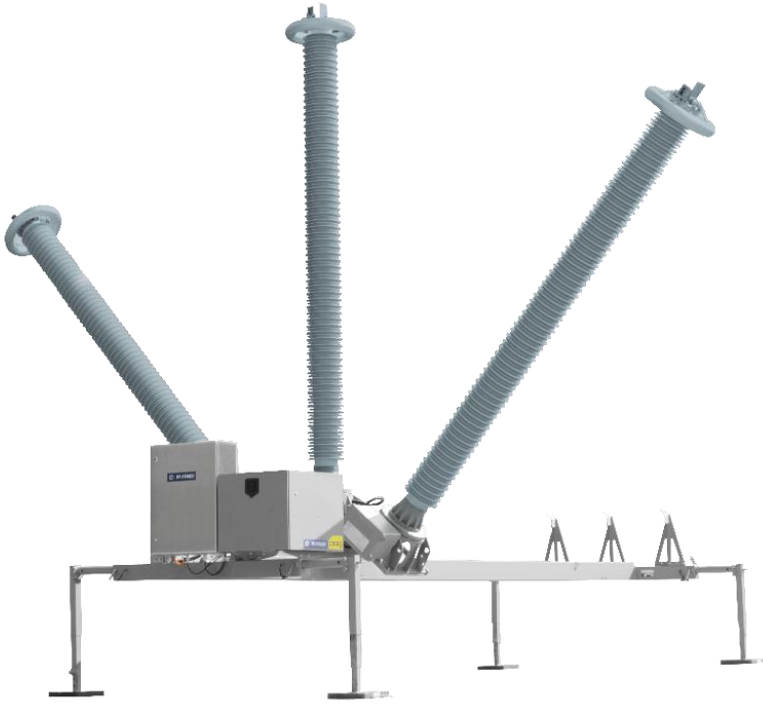
opcjonalne

Zarządzanie JEE – pomiary harmonicznych

Propozycja pilotażowego wdrożenia dzielników rezystancyjno-pojemnościowych

Rozważamy uruchomienie pilotażu w PSE

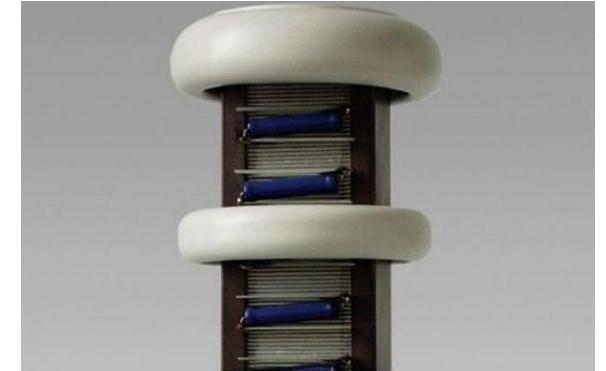
Mobilny dzielnik RC
72.5 - 550 kV
Pfiffner Group



Dzielnik RC typu RGF
72.5 - 550 kV
Pfiffner Group



Dzielnik RC
do 1200 kV
Siemens



Dzielnik RC może być wykorzystywany do pomiarów JEE obejmujących harmoniczne, migotanie światła, przepięcia gdyż zapewnia dokładne odwzorowanie napięcia w szerokim paśmie częstotliwości. Ponadto może być stosowany do pomiarów i zabezpieczeń w nowoczesnych niskoobciążeniowych zastosowaniach, jak również w stacjach cyfrowych.

Podłączenie obwodów wtórnych może być realizowane analogowo lub opcjonalnie cyfrowo poprzez włókna światłowodowe.

05

Podsumowanie





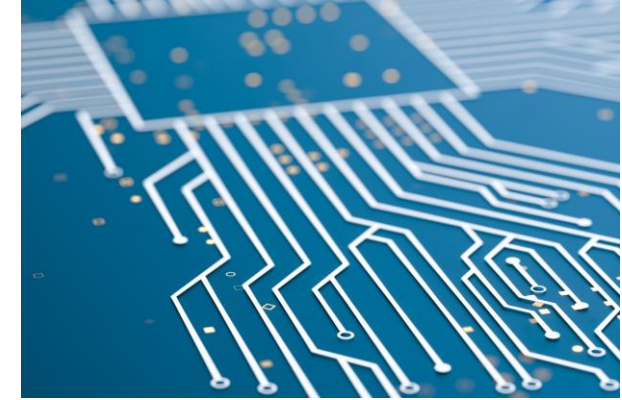
1. Doskonalenie procesu zarządzania JEE

Ciągła optymalizacja procesu na poszczególnych etapach przed jak i po przyłączeniu obiektu do sieci (EON, ION, FON) oraz w czasie późniejszej eksploatacji obiektu w celu minimalizacji ryzyka wystąpienia niedotrzymania parametrów JEE.



2. Rozwój narzędzi i metod pomiarowych wspierających zarządzanie JEE

Wdrażanie nowych funkcjonalności w systemach informatycznych usprawniających i poprawiających efektywność procesu zarządzania JEE oraz doskonalenie metod pomiarów JEE.



3. Przegląd rozwiązań i współpraca z OSP w innych krajach

Monitorowanie podejścia OSP w innych krajach do zagadnień JEE, nawiązanie współpracy oraz warsztaty w celu transferu wiedzy i doświadczeń w celu ustalania dalszych kierunków rozwojowych.

Dziękuję za uwagę!

Jarosław Rączka | jaroslaw.raczka@pse.pl

Dźwirzyno | 22 maja 2026 roku

BĄDŹ NA BIEŻĄCO:

