

Pomiar energii elektrycznej realizowany w oparciu o Sampled Values (SV), zgodnie z normą IEC 61850 - doświadczenia i perspektywy

Tomasz Treumann | tomasz.treumann@pse.pl

Biuro Pomiarów Energii

Dźwirzyno | 21 maja 2026 r.

www.pse.pl



1.

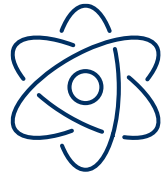
Wprowadzenie



W PSE realizujemy największy program inwestycyjny w historii spółki



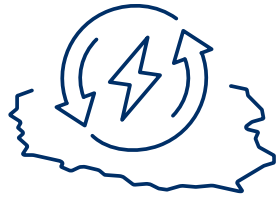
Wyprowadzenie mocy z polskich morskich farm wiatrowych na Bałtyku



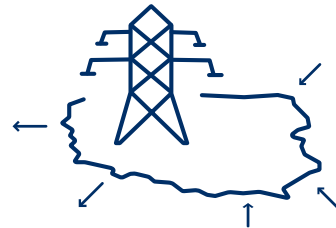
Wyprowadzenie mocy z elektrowni jądrowych



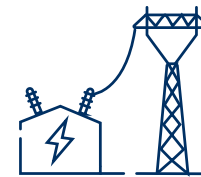
Integracja lądowych źródeł OZE z KSE



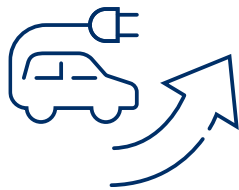
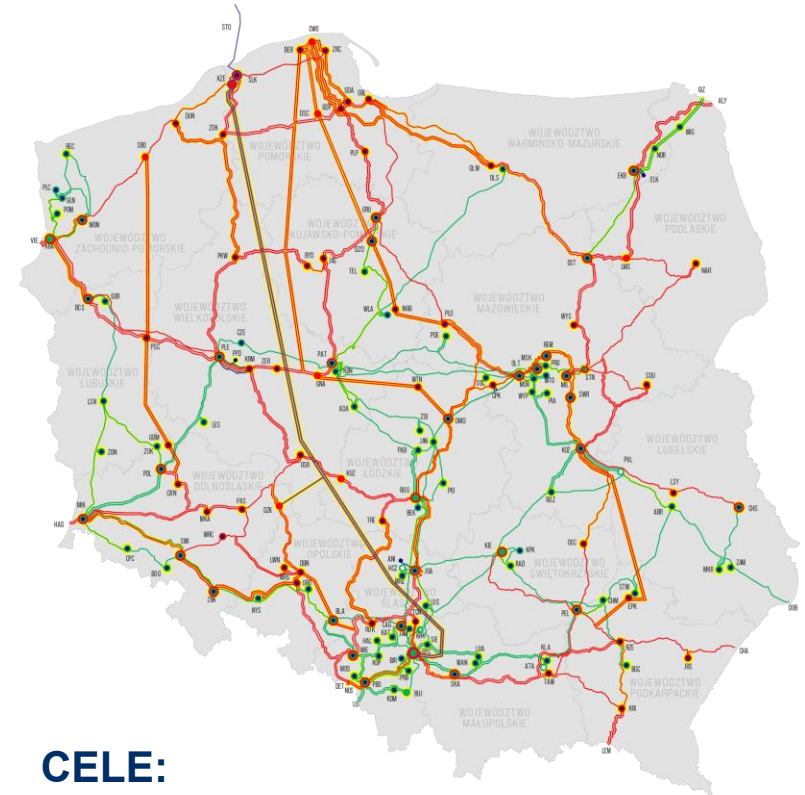
Zasilenie w energię elektryczną nowych odbiorców przemysłowych, w tym w specjalnych strefach ekonomicznych



Zwiększenie potencjału sieci krajowych do transportu energii przez Polskę jako węzeł tranzytowy



Przyłączenie nowych, stabilnych źródeł wytwórczych i magazynów energii



Wsparcie rozwoju elektromobilności oraz elektryfikacji ciepłownictwa



Zasilenie CPK, w tym kolei dużych prędkości

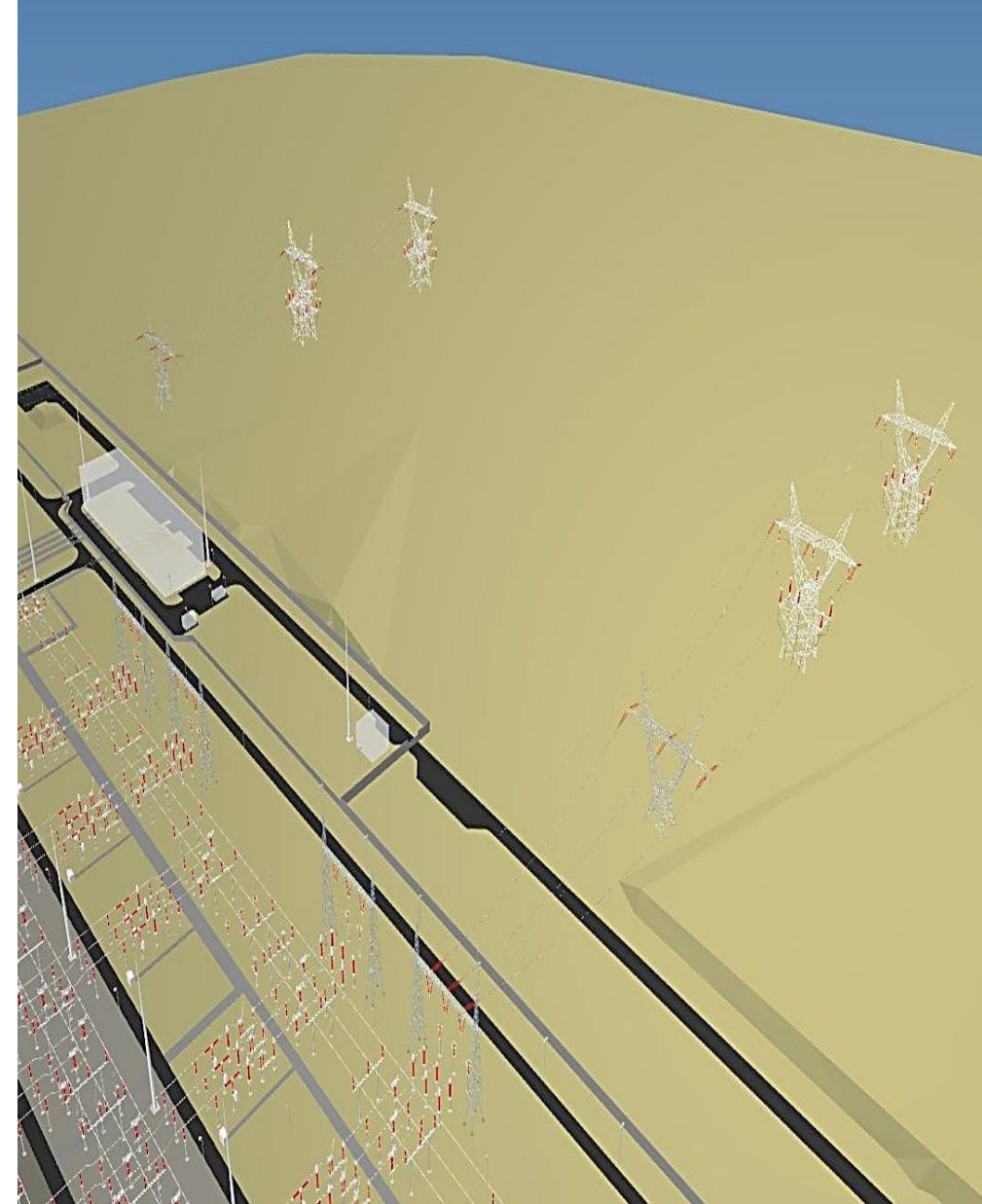
CELE:

- poprawa bezpieczeństwa energetycznego
- ograniczenie emisji zanieczyszczeń do środowiska
- zwiększenie potencjału krajowych inwestycji przemysłowych
- stymulowanie krajowego rynku producentów i wykonawców

Mosty szynowe

Budowa koncepcji

- Przyłączenia do infrastruktury PSE z wykorzystaniem Mostu Szynowego stosowane są w przypadku: magazynów energii, farm wiatrowych i fotowoltaicznych na napięciach 400kV, 220kV i 110 kV
- Most Szynowy złożony z jednego słupa krańcowego oraz trzech słupów kablowych umożliwi przyłączenie do 6 PE
- Dwa typy słupów kablowych: 400 kV oraz 220/110 kV
- Planowana długość mostu szynowego od bramki liniowej do 500m
- W pobliżu każdej głowicy kablowej montaż niekonwencjonalnego przekładnika prądowego (LPIT ang. low power instrument transformer) z wyprowadzeniem sygnału pomiarowego do stacji elektroenergetycznej przewodem OPGW
- Budowa cyfrowych obwodów wtórnych na potrzeby zabezpieczeń i pomiarów



2.

Doświadczenia praktyczne



Pierwsze doświadczenia

SE Miłosna - 2016 r.

W 2016 roku w Stacji Miłosna w rozdzielni 220 kV jedno z pól liniowych doposażone zostało w aparaturę cyfrową w celu prowadzenia testów funkcjonalnych nowej generacji aparatury.

W ramach zadania zostały zainstalowane:

- optyczne sensory prądowe typu COSI-CT firmy GE (Alstom) wraz modułem łączącym MU320 wraz z wejściami napięciowymi,
- szyna procesowa oraz szyna stacyjna na potrzeby transmisji danych z zainstalowanych w polu urządzeń,
- cyfrowe zabezpieczenie odległościowe,
- licznik energii elektrycznej z pomiarowym wejściem cyfrowym.

Zainstalowany licznik z pomiarowym wejściem cyfrowym realizuje pomiar energii elektrycznej równoległe do istniejącego w tym polu, klasycznego pośredniego układu pomiarowego.



Analiza i porównania

Podwójny układ pomiarowy – weryfikacja danych

Zainstalowanie w tym samym polu dwóch, o podobnej klasie dokładności, układów pomiarowych pozwoliło na porównanie dokładności pomiarów energii elektrycznej:

- cyfrowy układ pomiarowy składa się z:
 - sensorów optycznych o deklarowanym zakresie prądowym 1200 A, optoelektroniki COSI-MU i modułu łączącego typu MU320 firmy Alstom
 - licznika energii elektrycznej z wejściem cyfrowym typu ZMQ802C.8r4aB4F9F.
- Transmisja cyfrowa pomiędzy urządzeniami zrealizowana jest przez szynę procesową oparta jest o standard IEC 61850-9-2LE,
- klasyczny układ pomiarowy składa się z:
 - przekładników prądowych o przekładni 1200/1 A i klasie dokładności 0,2
 - licznika energii elektrycznej typu ZMQ202C.8P4af9 z klasą dokładności 0,2S dla energii czynnej i 0,5 dla energii biernej.

Oba układy pomiarowe korzystają z pomiaru napięć z oddzielnych uzwojeń przekładników napięciowych klasy 0,2.



Analiza i porównania

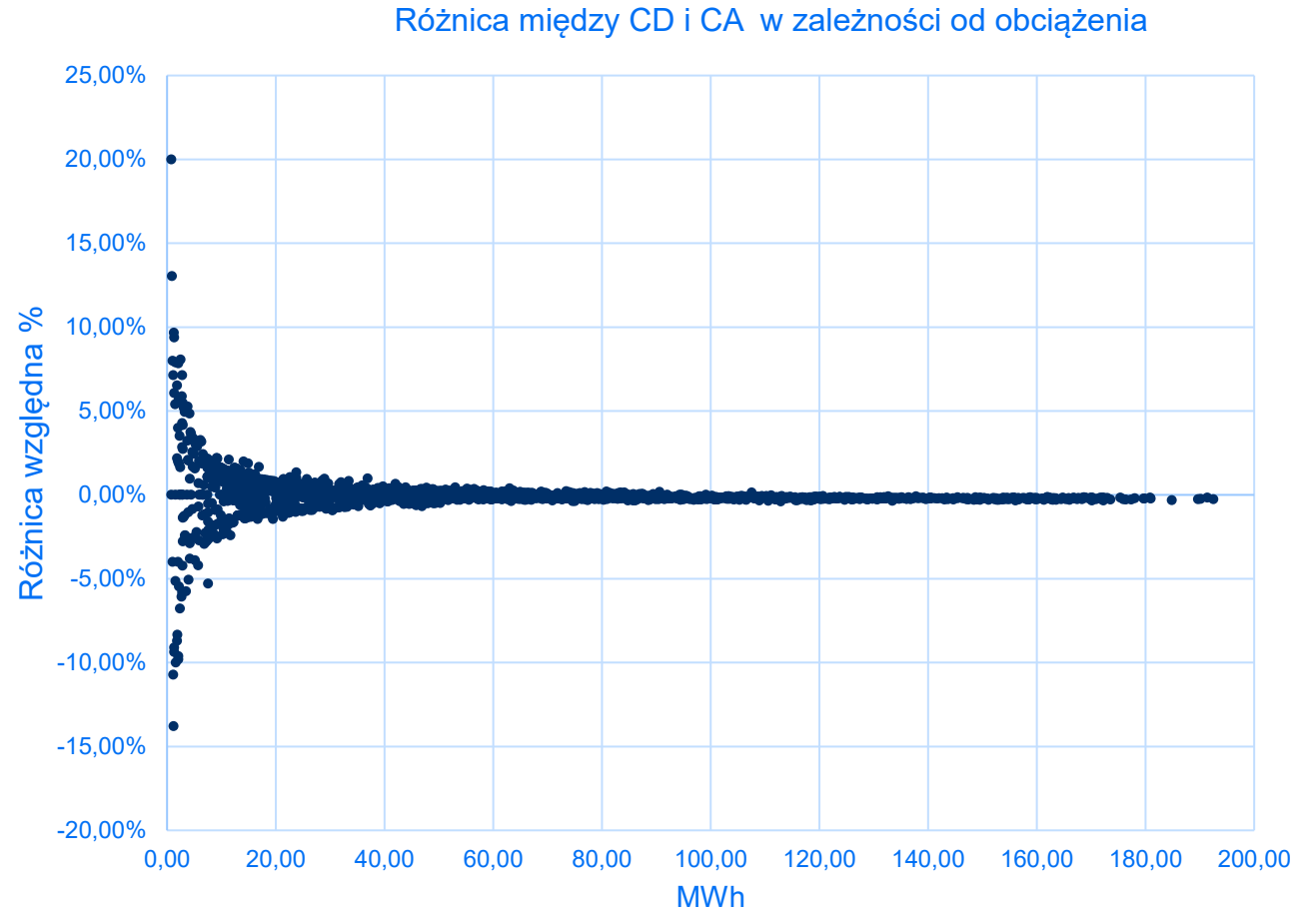
Porównanie wyników dla pomiarów energii czynnej

Wykres przedstawia procentową różnicę pomiędzy pomiarami energii czynnej w pełnym zakresie obciążenia linii.

- CD - energia czynna zarejestrowana przez układ pomiarowy z wejściem cyfrowym
- CA - energia czynna zarejestrowana przez układ pomiarowy klasyczny

Pomiary energii realizowane w okresie integracji wynoszącym 15 minut.

Ze względu na losowy charakter pracy linii dane wybrane są z różnych przedziałów czasowych dla różnego charakteru obciążenia linii.



Analiza i porównania

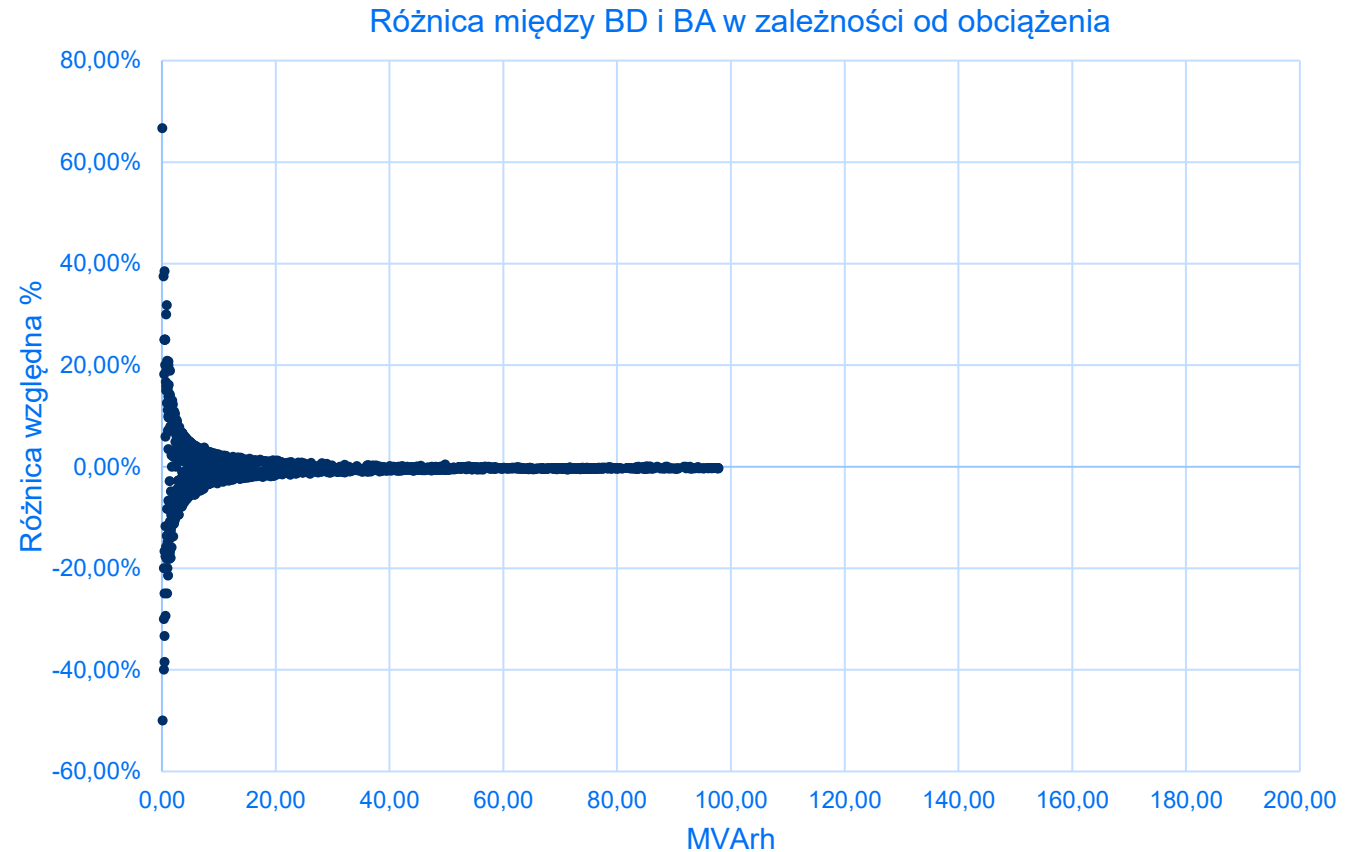
Porównanie wyników dla pomiarów energii biernej

Wykres przedstawia procentową różnicę pomiędzy pomiarami energii biernej w pełnym zakresie obciążenia linii.

- BD - energia bierna zarejestrowana przez układ pomiarowy z wejściem cyfrowym
- BA - energia bierna zarejestrowana przez układ pomiarowy klasyczny

Pomiary energii realizowane w okresie integracji wynoszącym 15 minut.

Ze względu na losowy charakter pracy linii dane wybrane są z różnych przedziałów czasowych dla różnego charakteru obciążenia linii.



Analiza i porównania

Podsumowanie wyników porównań:

Zarejestrowanych w wybranym okresie czasu dla energii czynnej:

- cyfrowy układ pomiarowy CD: 35 288,62 MWh
- klasyczny układ pomiarowy CA: 35 319,13 MWh

Różnica bezwzględna (CD – CA): **- 30,51 MWh**

Różnica procentowa ((CD-CA)/CA): **- 0,09 %**

Zarejestrowanych w wybranym okresie czasu dla energii biernej:

- cyfrowy układ pomiarowy BD: 15 665,08 MVarh
- klasyczny układ pomiarowy BA: 15 763,18 MVarh

Różnica bezwzględna (BD – BA): **- 98,10 MVarh**

Różnica procentowa ((BD-BA)/BA): **- 0,62 %**



3.

Budowa wymagań i testy



Definiowanie wymagań

Założenia - metrologia

Budując zestaw wymagań dla rozwiązań cyfrowych wykorzystaliśmy stosowane dotychczas wymagania dla przekładników, liczników energii elektrycznej oraz analizatorów.

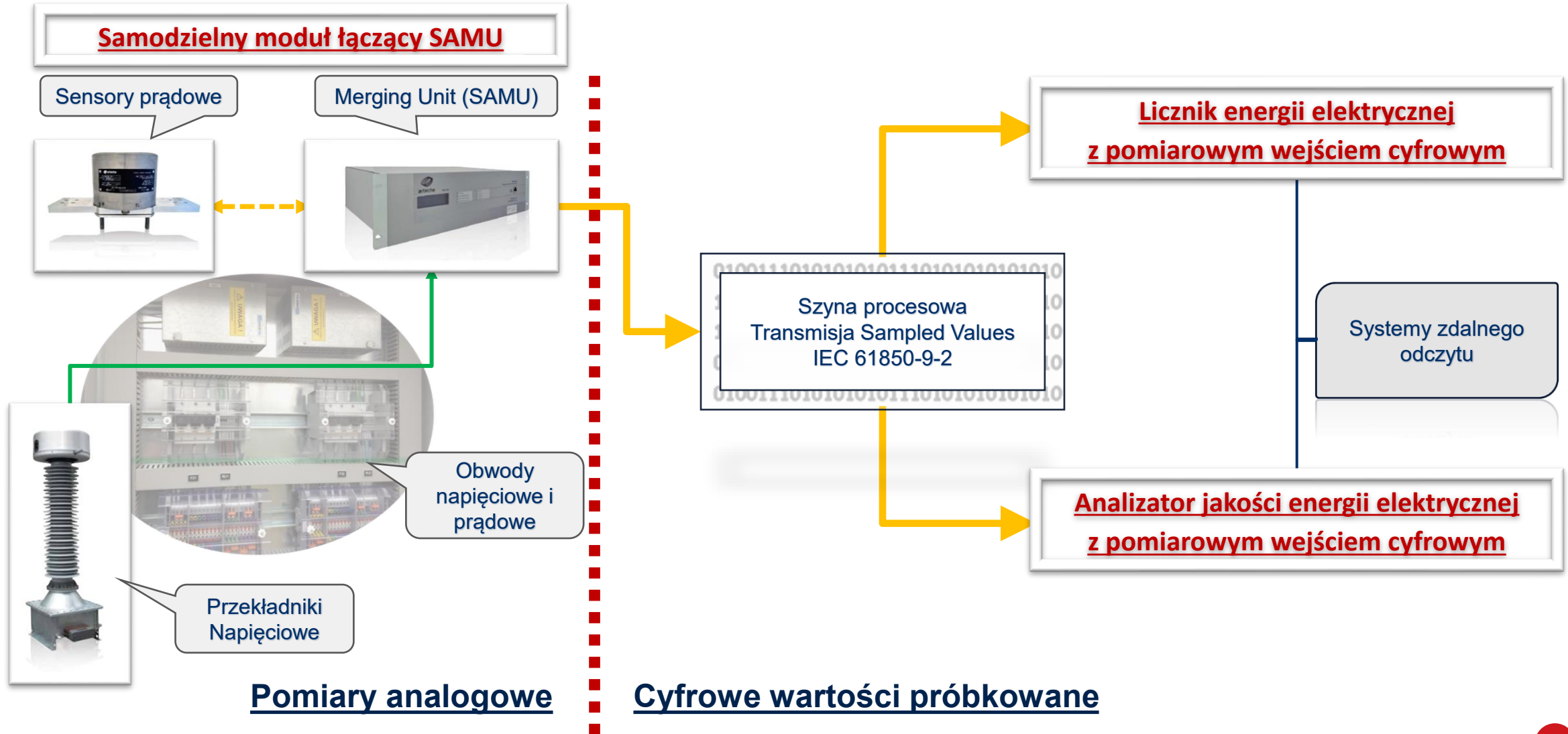
Po analizie obowiązujących dokumentów przygotowano program testów, które należy przeprowadzić do weryfikacji dokładności pomiarów realizowanych przez nowe urządzenia. Materiały te służą również do uzgodnień z producentami aparatury cyfrowej.

Przygotowano również propozycje zapisów definicji i wymagań dla cyfrowych przyrządów i urządzeń wchodzących w skład układów pomiarowych celem wprowadzenia aparatury cyfrowej do użytkowania w układach pomiarowo-rozliczeniowych.



* Urządzenia podlegające kontroli metrologicznej

Koncepcja budowy definicji dla cyfrowych układów pomiarowych



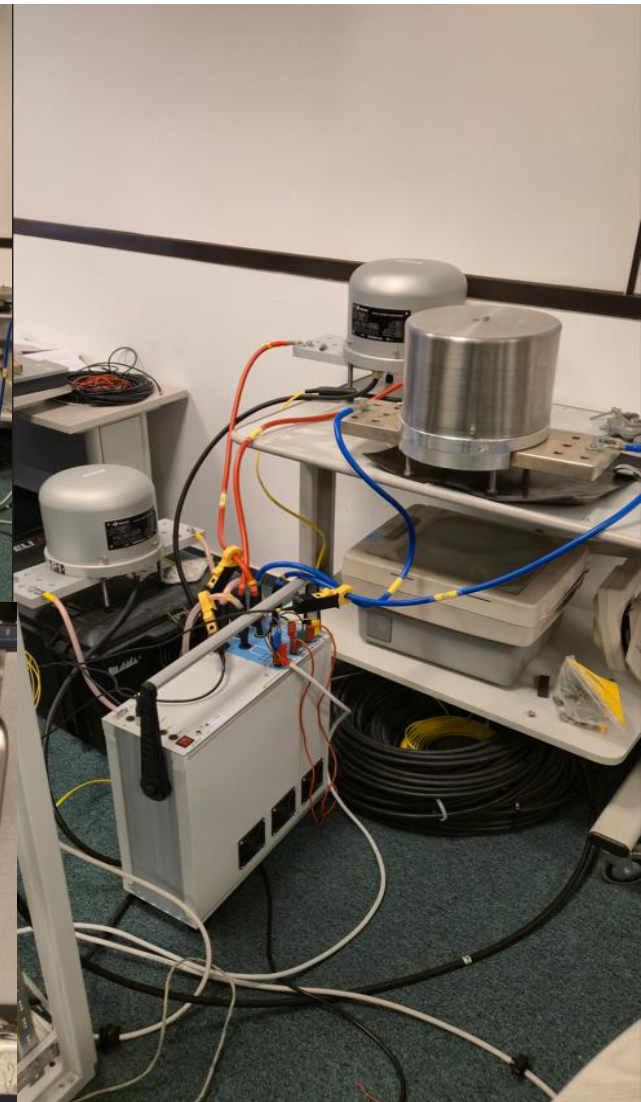
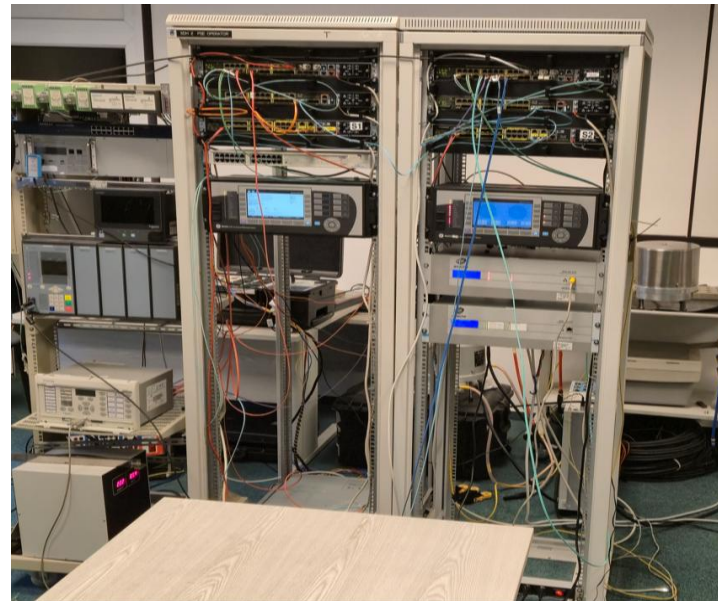
Testy nowych rozwiązań

Stanowisko testowe

Współpracując z dostawcami aparatury zbudowaliśmy tymczasowe stanowisko szkoleniowe odwzorowujące architekturę cyfrową planowaną do zastosowania w mostach szynowych.

Stanowisko wyposażone było w aparaturę:

- Merging Unit + 3 szt. OCT (Arteche),
- Stand Alone Merging Unit (Schneider),
- zabezpieczenia (GE Vernova, Schneider, Siemens),
- karty komunikacyjne (Siemens, GE Vernova),
- synchronizacja czasu i switch (Cisco),
- układy pomiarowe (Landis&Gyr, Mikronika).



Łańcuch pomiarowy – testy pomiaru energii elektrycznej

Testy układu pomiarowego opartego o protokół IEC 61850-9-2

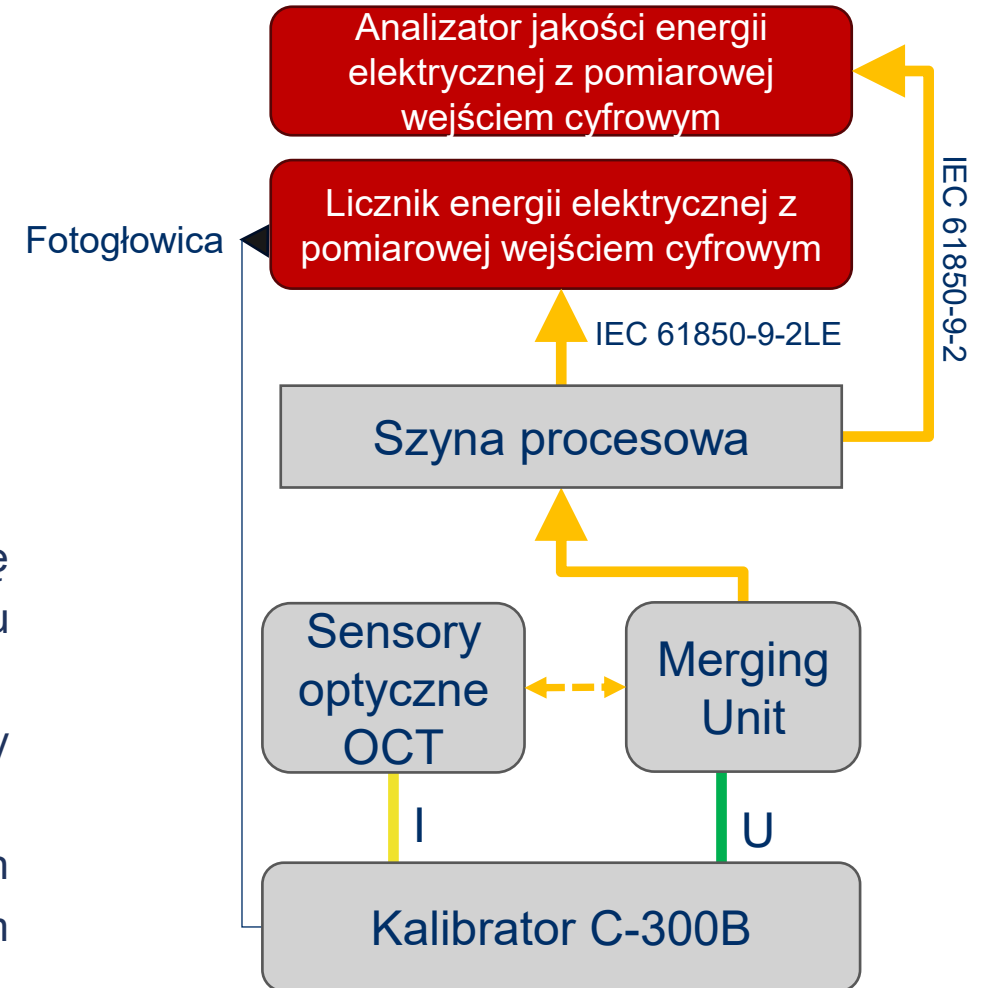
W oparciu o zestawioną aparaturę przeprowadziliśmy testy łańcucha pomiarowego:

- kalibrator C300B firmy Calmet z fotogłowicą,
- SAMU z trzema sensorami prądowymi o zakresie 2000A firmy Artech, e,
- licznik energii elektrycznej z wejściem cyfrowym ZMQ802C firmy Landis+Gyr,
- prototypowego analizatora jakości energii elektrycznej firmy Mikronika.

Cyfrowe wartości próbkowane z SAMU przesyłane były poprzez szynę procesową do licznika z pomiarowym wejściem cyfrowym w oparciu o protokół IEC 61850-9-2LE

Parametry analogowe zadane przez kalibrator porównywane były z danymi rejestrowanymi przez licznik poprzez fotogłowicę.

Dla weryfikacji poprawności pracy aparatury i porównania danych przeprowadziliśmy również testy dodatkowym licznikiem wzorcowym podłączonym do obwodów prądowych i napięciowych.



Wyniki testów – pomiar energii elektrycznej

Wyniki testów metrologicznych

Ze względu na parametry zastosowanej aparatury ograniczyliśmy zakres wymuszonych prądów do 80 A (max. 120 A) przy zakresie znamionowym testowanych sensorów wynoszącym 2000 A.

Przedstawione w tabeli wyniki błędów w zakresie pomiarów energii czynnej po przeanalizowaniu deklarowanej klasy dokładności SAMU pozwalają pozytywnie ocenić potencjał i klasę dokładności zestawu badanej aparatury pod względem pomiaru ilości energii elektrycznej.

U1 [V]	U2 [V]	U3 [V]	I1 [A]	I2 [A]	I3 [A]	Phi1	Phi2	Phi3	Epsilon
57,7	57,7	57,7	0,8	0,8	0,8	1	1	1	-0,3044
57,7	57,7	57,7	8	8	8	1	1	1	-0,19469
57,7	57,7	57,7	40	40	40	0,5	0,5	0,5	-0,26332
57,7	57,7	57,7	40	40	40	1	1	1	-0,22531
57,7	0	0	80	0	0	0,5	0,5	0,5	-0,35099
0	57,7	0	0	80	0	0,5	0,5	0,5	-0,11138
0	0	57,7	0	0	80	0,5	0,5	0,5	-0,27351
57,7	57,7	57,7	80	80	80	0,5	0,5	0,5	-0,2579
57,7	0	0	80	0	0	1	1	1	-0,30368
0	57,7	0	0	80	0	1	1	1	-0,15633
0	0	57,7	0	0	80	1	1	1	-0,27275
57,7	57,7	57,7	80	80	80	1	1	1	-0,2205
57,7	57,7	57,7	96	96	96	1	1	1	-0,24992
57,7	57,7	57,7	120	120	120	1	1	1	-0,219

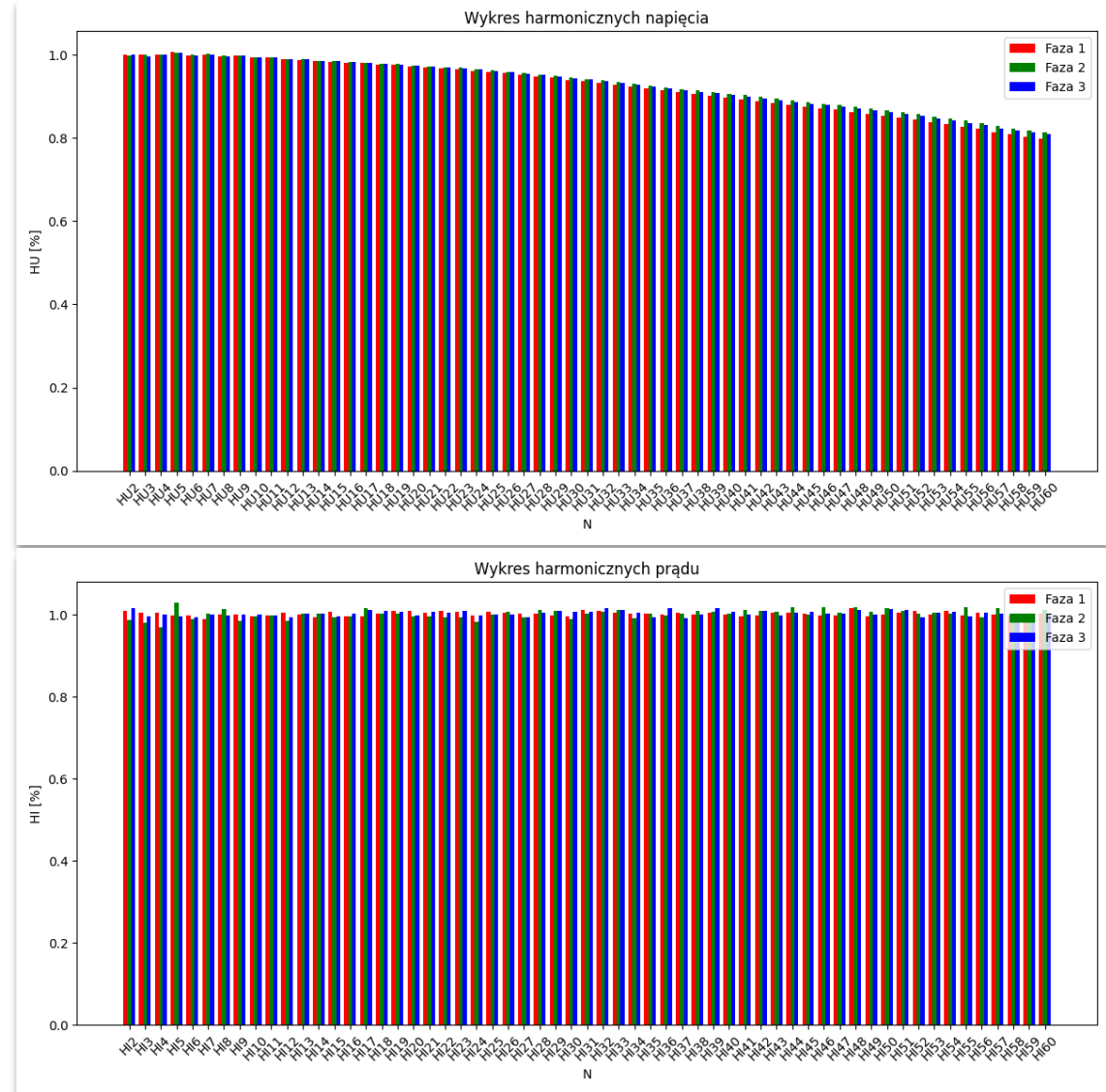
Wyniki testów – pomiar jakości energii elektrycznej

Test pomiaru harmonicznych

W współpracy z producentem aparatury przeprowadziliśmy również testy prototypu analizatora jakości energii elektrycznej w wejściu cyfrowym.

Załączone wykresy przedstawiają pomiar harmonicznych napięć i prądów rzędu 2-60 zadanych na poziomie 1% sygnałów o częstotliwości znamionowej.

Pomiar został zrealizowany przez łańcuch urządzeń współpracujących w oparciu o protokół IEC61850-9-2.



4.

Podsumowanie i wnioski



Podsumowanie - kierunki rozwoju

Znane i stosowane dziś metody zapisu, przechowania i odtwarzania dźwięku



Świat analogowy



Świat cyfrowy



Streaming

Tomasz Treumann | tomasz.treumann@pse.pl | Biuro Pomiarów Energii

Dźwirzyno | 21 maja 2026 r.

BĄDŹ NA BIEŻĄCO:



Dźwirzyno | 21 maja 2026 r.