

## **Automatyka wydzielenia i synchronizacji układu wyspowego zakładu przemysłowego**

***Streszczenie.** Dla zakładu przemysłowego posiadającego własne jednostki wytwórcze możliwości wydzielenia układu wyspowego oraz ponownej synchronizacji z SEE są bardzo istotnymi funkcjonalnościami zarówno z punktu widzenia zapewnienia bezpieczeństwa technologii produkcji jak i stabilności pracy układu elektroenergetycznego.*

**Słowa kluczowe:** układ wyspowy, automatyka wydzielenia, synchronizacja SEE, Smart Grids

### **Wprowadzenie**

Wprowadzanie zaawansowanych technicznie rozwiązań jest możliwe dzięki wiedzy specjalistów, precyzyjnej analizie potrzeb, przedstawieniu dobrych koncepcji, obserwacji tendencji światowych w zakresie najnowszych technik pomiarowych i informatyki przemysłowej oraz dużej konsekwencji działania.

Na przestrzeni lat rozwiązania komputerowych systemów pomiarowych opracowywanych w ZPBE Energopomiar-Elektryka ulegały ewolucji technicznej. Aktualne możliwości techniczne pozwalają na budowanie aplikacji klasy Smart Grids posiadających nowe własności funkcjonalne niemożliwe do osiągnięcia za pomocą starszych technologii.

W referacie zostaną omówione rozwiązania automatyki i pomiarów zapewniające optymalne wydzielenie i wspomaganie pracy elektroenergetycznego układu wyspowego oraz bezpieczną i efektywną synchronizację wydzielonego układu z SEE.

### **Wybrane aspekty wprowadzania Smart Grids w elektroenergetyce**

Konieczność wykonywania wyrafinowanych analiz zarejestrowanych podczas prób i testów przebiegów elektrycznych wymagała opracowania dedykowanego oprogramowania pomiarowego. W drugiej połowie lat osiemdziesiątych XX. wieku w Zakładzie Elektrycznym ZPBE Energopomiar zaprojektowano i wykonano wirtualne środowisko pomiarowe funkcjonujące pod roboczą nazwą SAS [2], które z punktu widzenia użytkownika składało się z szerokiego zestawu narzędzi analitycznych oraz tradycyjnych powiązanych ze sobą zestawów mierników symulowanych w postaci graficznej na ekranie komputera. Aktualnie proponowane przez Firmę systemy ewoluują w stronę rozwiązań klasy Smart Grids.

Wprowadzanie Smart Grids w elektroenergetyce ma wieloaspektowe znaczenie:

- prezentowane na wielu płaszczyznach wymiany doświadczeń tzw. „przypadki użycia” Smart Grids jednoznacznie wskazują, że podczas opracowywania koncepcji oraz wdrażania nowych rozwiązań technicznych konieczna jest gruntowna znajomość pracy systemu elektroenergetycznego i występujących w nim zjawisk fizykalnych,
- proces wprowadzania zmian technicznych jest zawsze ewolucyjny i nowe rozwiązania muszą zazwyczaj koegzystować z tradycyjnymi. Dlatego też niezwykle ważne dla prawidłowego rozwoju jest zaangażowanie w proces

projektowania oraz wdrażania rozwiązań Smart Grids doświadczonych Zespołów Interdyscyplinarnych Specjalistów posiadających rozległą i ugruntowaną wiedzę merytoryczną oraz długoletnią praktykę w sektorze elektroenergetycznym,

- nowe rozwiązania wymagają bardzo precyzyjnego określenia zarówno struktury jak i szczegółowych rozwiązań technicznych warstw aplikacyjnych projektów, które będzie uwzględniało i przewidywało wszelkie niuanse oraz możliwe scenariusze pracy nadzorowanego systemu elektroenergetycznego,
- zagadnienia metrologiczne wymagają odmiennego od tradycyjnego, podejścia do rozwiązywania problemów. Przykładem mogą być rozwiązania rozproszonych wielkoobszarowych pomiarów WAMS, dla których priorytetami są bardzo precyzyjna synchronizacja pomiarów w dziedzinie czasu, pewność wyników, determinizm działania, powiązanie zróżnicowanych dynamicznie oraz w dziedzinie czasu sygnałów pomiarowych oraz wystarczająca dla poprawności funkcjonowania nadzorowanego procesu technologicznego dokładność i wiarygodność wyznaczania podstawowych i pochodnych wielkości fizycznych,
- rozwiązania teleinformatyczne będące ważnym elementem składowym Smart Grids powinny charakteryzować się podwyższonym w stosunku do tradycyjnych rozwiązań poziomem bezpieczeństwa informacyjnego i niezawodności. Kluczowe znaczenie ma zapewnienie pełnego determinizmu działania systemu łączności.

Przedstawione powyżej aspekty powinny być uwzględniane podczas prowadzenia prac standaryzacyjnych dla rozwiązań Smart Grids.

#### **Przykład „Przypadków użycia” Smart Grids**

Układy EAZ realizowane zgodnie z nowymi koncepcjami będą wymagały wykorzystania specjalistycznych przemysłowych układów pomiarowych. Układy te będą musiały wyznaczać zarówno podstawowe wielkości elektryczne i dwustanowe jak i wybrane parametry pochodne, które będą wykorzystywane do tworzenia rozwiązań adaptacyjnej EAZ. Ponadto wymagany będzie równoczesny pomiar zarówno wolno jak i szybko zmiennych wielkości realizowany w sposób ciągły i w długim oknie czasowym.

Należy zauważyć, że nowe rozwiązania zazwyczaj koegzystują z tradycyjnymi co oznacza, że aktualnie wprowadzane układy posiadają tylko pewne cechy i właściwości Smart Grids, które będą stopniowo rozszerzane o dodatkowe elementy składowe i funkcjonalności.

Warto zaznaczyć, że niektórzy autorzy już jakiś czas temu zauważyli i prognozowali, że układy WAMS będą w przyszłości V-tą generacją elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej EAZ. Obserwowany obecnie rozwój rozwiązań technicznych układów automatyki i pomiarów potwierdza przedstawioną tezę.

Należy spodziewać się zatem ewolucyjnego rozwoju rozwiązań Smart Grids w elektroenergetyce, których funkcjonalność w pewnym momencie osiągnie dojrzałość techniczną i bezpieczeństwo autonomicznej tradycyjnej EAZ oraz automatyki systemowej i regulacyjnej.

Deterministyczny układ zaprojektowany zgodnie z nowymi koncepcjami i zasadami, poprawny metrologicznie oraz wykorzystujący przemysłowe sieci komunikacyjne umożliwi realizację niezawodnych i wiarygodnych systemów klasy Smart Grids o poszerzonej funkcjonalności w zakresie EAZ oraz układów automatyki systemowej i regulacyjnej.

Wprowadzenie rozwiązań Smart Grids o poszerzonej funkcjonalności wymaga:

- zaangażowania w temat interdyscyplinarnych Zespołów Specjalistów,
- przeprowadzenia pogłębionej analizy obwodów pierwotnych i wtórnych modernizowanych układów uwzględniającej w większym niż dotychczas stopniu

### **VIII Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2014**

powiązania z zewnętrznymi układami rozlokowanymi na dużym obszarze terytorialnym,

- wykorzystania gruntownej znajomości zjawisk elektrycznych dla warunków pracy normalnej oraz dla posiadających różną dynamikę stanów przejściowych występujących podczas funkcjonowania układów elektroenergetycznych,
- wykorzystania w pełni deterministycznych czasowo rozproszonych przemysłowych systemów pomiarowych czasu rzeczywistego o podwyższonych wymaganiach niezawodnościowych,
- przeprowadzenia pogłębionej analizy współpracujących ze sobą układów pomiarowych, EAZ, automatyki regulacyjnej oraz systemów łączności stanowiących elementy składowe Smart Grids, która będzie miała na celu uzyskanie wymaganej funkcjonalności, efektywności i niezawodności działania rozwiązania docelowego.

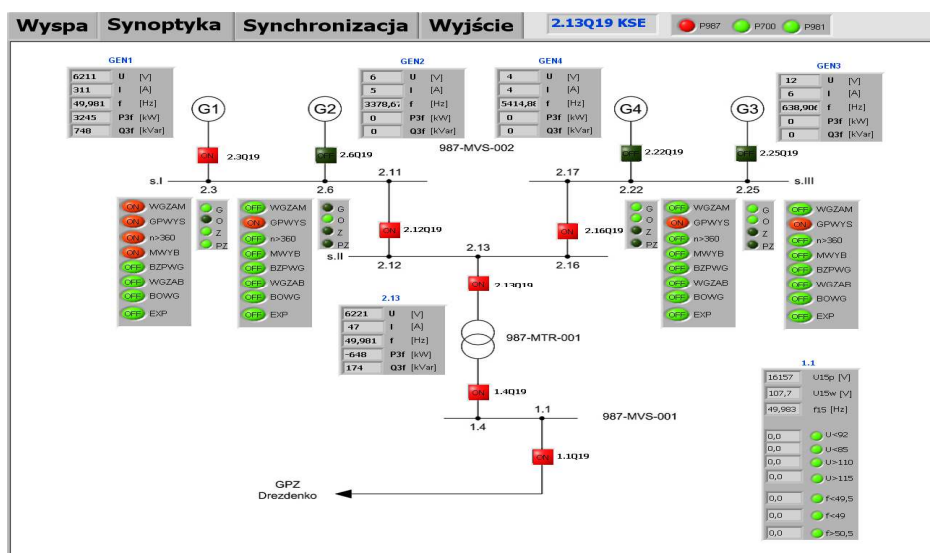
Przykładem rozwijającym wybrane aspekty przedstawionych powyżej rozważań może być system wydzielania, nadzoru pracy oraz procesu synchronizacji i łączeń układów wyspowych MUW-Plus produkcji ZPBE Energopomiar-Elektryka Gliwice. System MUW-Plus realizuje zadania wspomagania pracy SEE, funkcje EAZ oraz automatyki systemowej i regulacyjnej.



Rys. 1. System MUW-Plus do nadzoru pracy układów wyspowych

Dla specjalizowanego układu Smart Grids dedykowanego do wydzielania, wspomagania pracy układu wyspowego i efektywnej realizacji operacji łączeniowych wymaga się określenia precyzyjnych założeń oraz wymagań techniczno-organizacyjnych:

- operacje wydzielania układów wyspowych (w tym całego KSE traktowanego jako wyspa), prowadzenia wielogodzinnej pracy wyspowej oraz ponownego łączenia układów elektroenergetycznych są ze sobą związane i jako takie muszą być poddane skoordynowanej analizie oraz świadomemu nadzorowi,
- jakość, sprawność, niezawodność oraz bezpieczeństwo realizowanych operacji powinny być celami priorytetowymi,
- należy zapewnić wspólną podstawę czasu oraz determinizm działania elementów WAMS,
- WAMS ma mieć charakter globalny, być otwarty na współpracę z OSP innych krajów, umożliwiać monitorowanie i inicjowanie procesów łączeniowych w sposób zdalny i pod pełną kontrolą.



Rys. 2. Synoptyka nadzorowanego układu wyspowego EC Zakładu przemysłowego

Wykorzystanie specjalizowanego WAMS do wydzielania, wspomagania pracy oraz realizacji łączeń układów wyspowych pozwoli:

- na istotne usprawnienie pracy służb ruchowych,
- zapewnić bezpieczne oraz optymalne warunki pracy układów zasilania i odbiorów,
- zrealizować funkcje wielokryterialnej automatyki wydzielania układów wyspowych np. układów elektroenergetycznych zakładów przemysłowych wyposażonych we własne jednostki prądowórcze,
- prowadzić optymalną pracę wyspową wydzielonego układu np. zakładu przemysłowego zapewniając ciągłość produkcji szczególnie dla najbardziej wrażliwych i kosztownych technologii,
- dokonać wizualizacji i wielogodzinnej rejestracji przebiegów czasowych parametrów elektrycznych i kryterialnych układów wyspowych,

### **VIII Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2014**

- dokonać automatycznej predykcji potencjalnych skutków realizacji operacji i realizować blokowanie potencjalnie niebezpiecznych działań,
- optymalizować realizację operacji poprzez automatyczne wyznaczanie miejsc najkorzystniejszych łączeń w oparciu o predykcję skutków operacji ruchowych,
- ocenić precyzję i jakość wykonywanych operacji łączeniowych (pomiar oraz rejestracja uderzeń, kotłosań prądów i mocy),
- wykorzystać rozproszone wyniki pomiarów uzyskiwane w trakcie szeroko rozumianej operacji łączeniowej do zapewnienia efektywnej współpracy z regulatorami systemowymi (napięcia, częstotliwości),
- podjąć prace studialne nad koncepcję synchronizatora centralnego z punktu widzenia współpracy z układami regulatorów systemowych. Bezpośrednie łączenie synchronizacyjne (wysłanie impulsu „załącz” do wyłącznika mocy) powinno być wykonywane lokalnie za pomocą sprawdzonej i niezawodnej EAZ,
- zrealizować koordynację pracy urządzeń i adaptacyjnej EAZ,
- szkolić służby ruchowe na wypadek możliwej awarii systemowej w oparciu o zarejestrowane rzeczywiste przebiegi łączeniowe,
- testować EAZ zarejestrowanymi rzeczywistymi przebiegami łączeniowymi.

#### **Automatyka wydzielenia układu wyspowego**

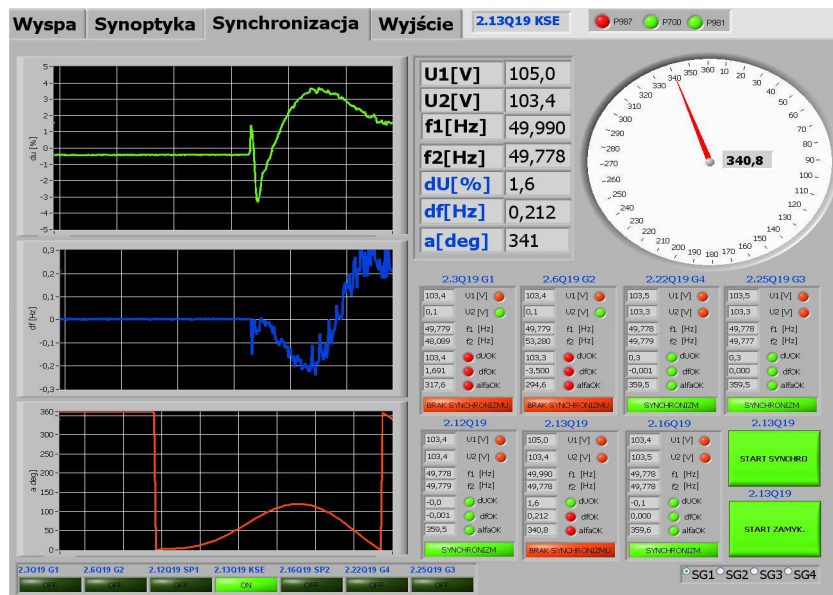
Wydzielenie układu wyspowego zakładu przemysłowego może być zrealizowane za pomocą standardowej EAZ lub wielokryterialnej automatyki systemowej opartej o dedykowane i zoptymalizowane algorytmy działania. W opinii autora referatu rozwiązania oparte o standardową EAZ nie spełniają wszystkich wymagań stawianych automatyce wydzielenia układów wyspowych i np. z punktu widzenia selektywności pracy mogą działać niewłaściwie.

Należy również zauważyć, że układ wyspowy może być wydzielony planowo i świadomie przez Operatora układu elektroenergetycznego lub też jego powstanie może być skutkiem błędu ludzkiego. Automatyka powinna realizować nie tylko funkcje szybkiego wydzielenia ale również zapewniać właściwe mechanizmy i warunki do optymalnej i efektywnej przyszłej pracy układu wyspowego, która będzie mogła trwać wiele godzin lub nawet dni, a ciągłość pracy układu elektroenergetycznego zakładu przemysłowego lub ważnych odbiorów może być podstawowym kryterium oceny skuteczności funkcjonowania proponowanych rozwiązań. Poprawna współpraca proponowanego systemu z automatyką regulacyjną wydzielonej wyspy wymaga realizacji szybkich i deterministycznych pomiarów w kluczowych dla oceny pracy nadzorowanego układu miejscach. Wyznaczane przez WAMS serie pomiarowe są wykorzystywane w algorytmach układu automatyki wydzielenia, regulacji i synchronizacji.

Wielokryterialna automatyka umożliwia realizację optymalnych wydzieleni zarówno z punktu widzenia obrony SEE jak i utrzymania ciągłości pracy wydzielonego układu elektroenergetycznego oraz wrażliwych technologii produkcji zakładu przemysłowego.

Dedykowane układy pomiarowe wspomagają w sposób ciągły pracę nadzorowanego układu i zapewniają predykcję zjawisk umożliwiającą podejmowanie właściwych decyzji wspomagających utrzymanie możliwości pracy układu wyspowego.

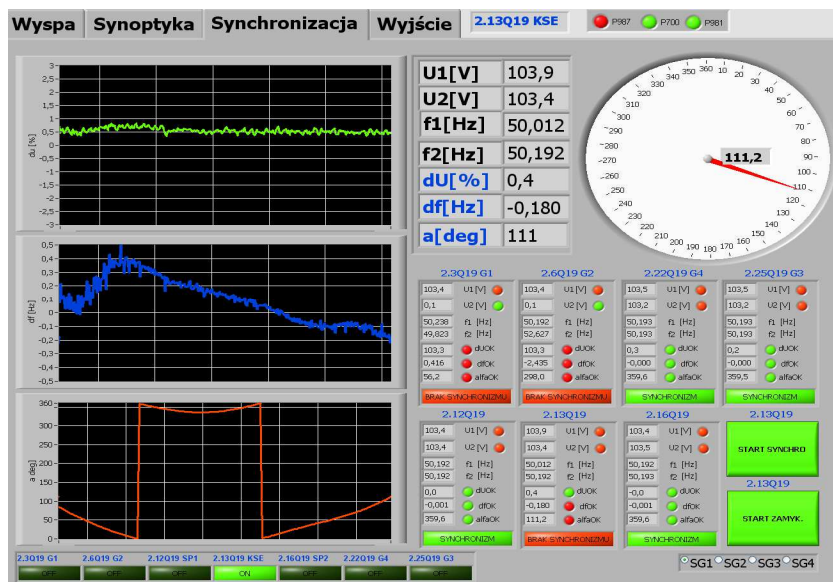
Dla szczególnie ważnych odbiorów utrzymanie ciągłości pracy może mieć kluczowe znaczenie biorąc pod uwagę bezpieczeństwo instalacji, technologię produkcji oraz względy ekonomiczne. Wydzielanie układu wyspowego może być zatem niezbędne i w pełni uzasadnione.



Rys. 3. Wydzielanie układu wyspowego EC zakładu przemysłowego

### Synchronizacja układu wyspowego z SEE

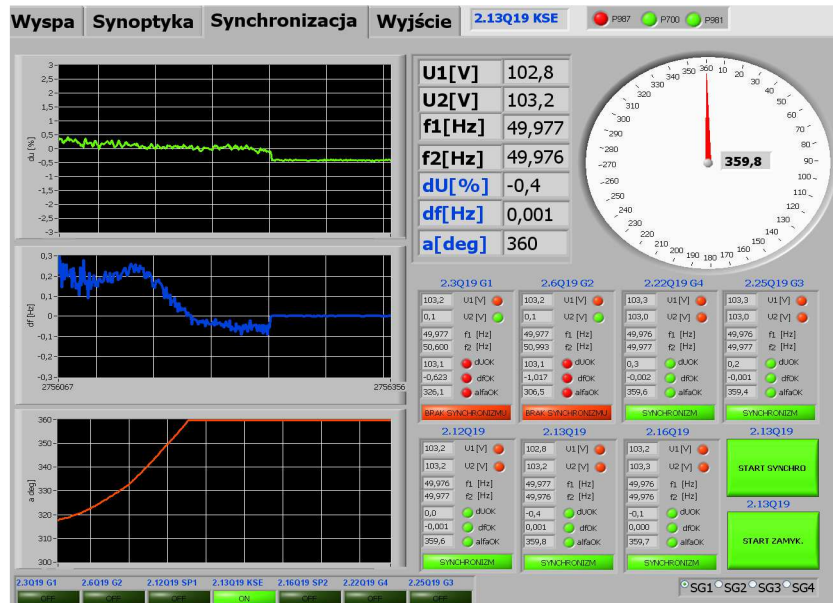
Podczas synchronizacji układu wyspowego z SEE szczególne znaczenie ma zapewnienie warunków dla bezpiecznej oraz efektywnej realizacji operacji łączeniowych.



Rys. 4. Niespełnienie warunków synchronizmu układu wyspowego z SEE

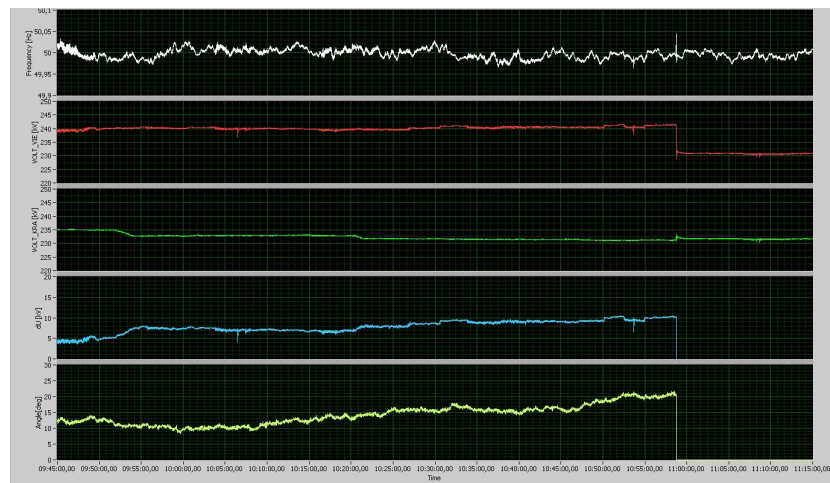
## VIII Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2014

Specjalizowany WAMS wspomaga operacje wybierając optymalne warunki ruchowe do realizacji łączeń. System blokuje również wszelkie działania niebezpieczne.

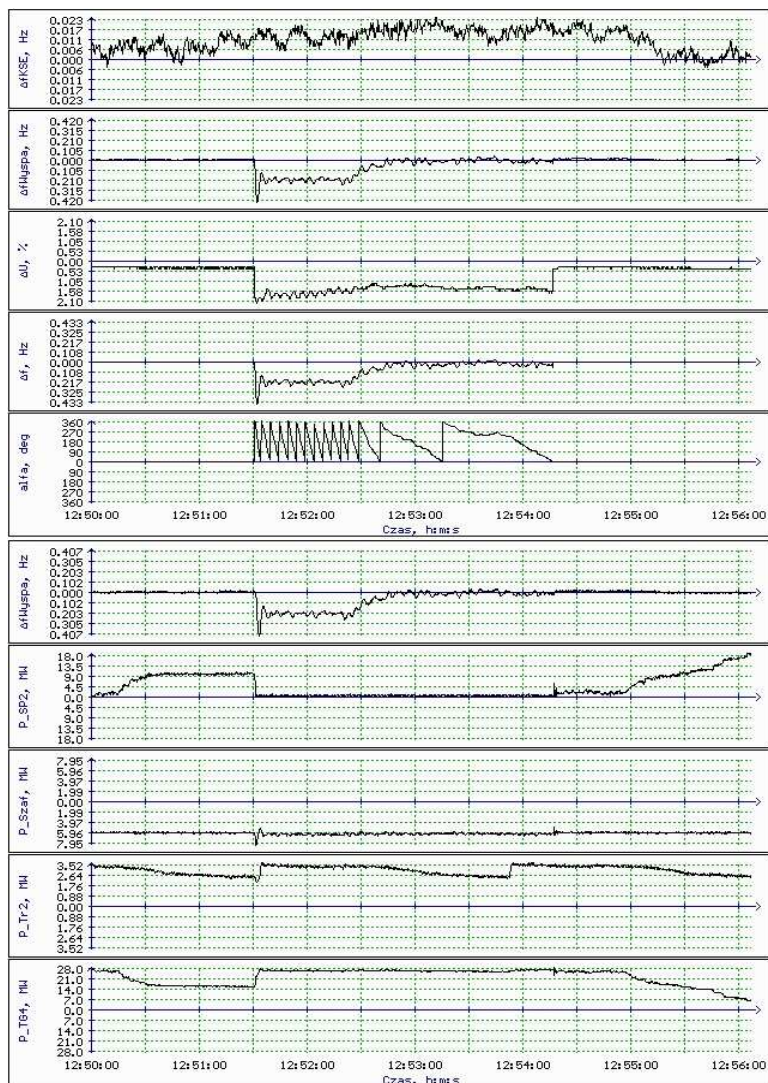


Rys. 5. Synchronizacja układu wyspowego EC zakładu przemysłowego z SEE

Dla prawidłowej oceny pracy układu wyspowego konieczna jest rejestracja parametrów kryterialnych procesu łączeniowego oraz innych parametrów elektrycznych.



Rys. 6. Rejestracje parametrów kryterialnych podczas oddziaływań regulacyjnych w SEE



Rys. 7. Synchronizacja układu wyspowego z SEE

Systemy WAMS mogą być wykorzystywane do wspomaganie synchronizacji układów wyspowych. Szczególnie ważne jest wykorzystanie proponowanego WAMS do predykcji skutków realizacji operacji łączeniowych oraz realizacji automatki regulacyjnych parametrów pracy łączonych układów. Nowe możliwości zostaną wykorzystane w sposób kompleksowy dopiero po osiągnięciu odpowiedniej dojrzałości technicznej elementów składowych systemu. Nowe konstrukcje będą mogły być zatem elementami specjalizowanego WAMS, który w oparciu o obszarowe pomiary parametrów kryterialnych procesów łączeniowych będzie mógł wybrać optymalne miejsce operacji łączeniowej, podjąć efektywną współpracę z automatkami regulacyjnymi i zainicjować



### **VIII Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2014**

proces zrealizowany już następnie przez lokalną dla miejsca fizycznego łączenia specjalizowaną EAZ.

Automatyczna predykcja skutków realizacji operacji łączeniowych będzie istotnym elementem zwiększającym bezpieczeństwo prowadzonych działań ruchowych. Realizacja przedstawionej funkcjonalności wymaga nowego spojrzenia na układy automatyki systemowej oraz dedykowanych algorytmów.

#### **Podsumowanie**

Działania oparte o solidne naukowe podstawy, kulturę techniczną, właściwy dobór dedykowanych i dostępnych technologii, standaryzację międzynarodową, unormowania prawno-organizacyjne zapewniające weryfikację i okresowe wzorcowanie całości pozwalają już dzisiaj tworzyć bardzo rozbudowane rozwiązania Smart Grids w tym dedykowane dla wydzielania, prowadzenia ruchu oraz synchronizacji z SEE układów wyspowych. Podczas tworzenia nowych systemów kluczowe znaczenie mają zdobyte wieloletnie praktyczne doświadczenia obiektowe.

#### **LITERATURA**

1. Grzegorzycza G.: *Efektywność realizacji procesów łączeniowych systemów elektroenergetycznych (SEE)*, Konferencja BLACKOUT A KRAJOWY SYSTEM ELEKTROENERGETYCZNY, Poznań, czerwiec 2010
2. Grzegorzycza G.: *Automatyczna predykcja ONLINE skutków realizacji procesów łączeniowych systemów elektroenergetycznych. Założenia techniczne dla dedykowanych systemów pomiarowych i EAZ*, Konferencja BLACKOUT A KRAJOWY SYSTEM ELEKTROENERGETYCZNY, Poznań, czerwiec 2012
3. Grzegorzycza G.: *Rola elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej oraz układów regulacji podczas procesu synchronizacji systemów elektroenergetycznych*, Energetyka (2009), nr 3
4. Grzegorzycza G., Sanocki A.: *25 lat doświadczeń w cyfrowej rejestracji i analizie przebiegów elektrycznych w energetyce*, Przegląd Elektrotechniczny 2009, nr 9
5. Hajdrowski K., Grzegorzycza G. : *Działalność normalizacja w świetle zagadnień związanych z sieciami inteligentnymi i efektywnością energetyczną*, Smart Grids Polska 4/2012

---

**Autor:** mgr inż. Grzegorz Grzegorzycza ; Zakład Pomiarowo-Badawczy Energetyki  
Energopomiar-Elektryka Gliwice, 44-101 Gliwice, ul. Świętokrzyska 2,  
e-mail: grzegorz.grzegorzycza@elektryka.com.pl