

Automatic Synchronization of Power Systems in Comprehensive and Qualitative Terms

Author

Grzegorz Grzegorzycza

Keywords

computer measurement system, PMU, WAMS

Abstract

This paper presents issues related to the automatic separation of a power island from a power system, and to its operation and synchronization. Issues concerning the complexity of technical solutions are presented with particular emphasis on the quality of performed operations.

DOI: 10.12736/issn.2300-3022.2016103

1. Introduction

Power systems synchronization is a very complex and responsible technical task. When analysing power systems synchronization solutions, special attention should be paid to the following very important areas:

- comprehensiveness of technical solution
- quality of switching operations
- operating effectiveness.

It may be noted that:

1. Synchronization systems are usually not comprehensively developed
2. Many power system failures have resulted from erroneous switching operations
3. Inaccurate synchronization of power systems can lead to cumulative deterioration of their original durability
4. Many switching operations are performed in a time-inefficient manner
5. Not all switching operations' effects for power systems are properly predicted.

2. Comprehensive synchronization systems

A synchronization system is comprehensive if it includes the following interrelated elements:

- specialised measurement systems for recognising and recording electrical parameters of monitored power systems, and criteria parameters of switching operations
- visual rendering of supervised power systems' performance and switching operations
- correctly selected systems of automatic control
- correctly selected systems of automatic switching.

3. Specialised measurement systems

In view of the issues of island system operation and synchronization support processes, the suitability of new measurement

and information technologies to support switching operations in power systems should be examined. A measurement system to support island system operation and synchronization:

- controls 3-phase voltages in the supervised switching substation's bays. Secondary circuits of voltage transformers are connected directly to the input circuits of the system's measuring terminals.
- is consolidated with automatic switchgear terminals, automatic system protections, and automatic controls deployed in the supervised power system
- with specialised measuring terminals it measures 3-phase voltages, currents, power, and frequency and angular displacement for selected bays in the supervised system. All the measurements are taken at 40 ms interval, as required for island system performance evaluation. Terminal input circuits are connected directly to the secondary circuits of current and voltage transformers.
- locally and remotely visualizes switching parameters, and provides remote real-time transmission of measurements to dispatcher centres, e.g. national or regional power dispatch centres, or at an industrial plant
- records at 40 ms interval the synchronization process' criteria parameters, electrical parameters, and binary values. Measurement series are tagged with a very precise timestamp
- may be capable of action effect prediction to preclude potentially dangerous switching operations.

4. Basic assumptions for specialised WAMS to support switching operations in power systems

The following basic assumptions should be adopted:

- Island systems' (including the entire NPS as an island) separation, several-hour operation, and reconfiguration to large systems are interrelated, and as such must be subjected to coordinated analysis and well-informed supervision

- the system's measuring terminals' metrological parameters necessary for switching operations
- quality, efficiency, reliability and safety of power systems' switching operations should be priority objectives
- measurement system shall provide coordinated action, which will allow for the connection, optimal and implemented with full synchronism control, to the UCTE of catastrophic insular areas separated as a result of possible failure operated asynchronously, and synchronously operating systems.
- WAMS technology application in switching support should provide:
- option to implement a technologically advanced, distributed and deterministic measurement system that provides supervision of system components (generators, power lines) and selected island systems, permanent in terms of system separation and synchronization
- continuous real-time monitoring of island systems' parameters prior to their separation, during separation, at island operation, and restoration of normal operating conditions
- option to comprehensively document electrical parameters. All recordings in the distributed measurement system will be tagged with a shared timestamp, and will be in real time available in the IT systems of the TSO or industrial plant. The recordings will allow assessment of the quality and precision of performed operations, and will identify and document their possible impact on the substation's primary equipment
- option to trace the effects of automatic controls
- support of the decision to launch the dedicated automatic switching responsible for interconnecting the supervised power systems.

5. Industrial plant's island system operation support

Dedicated automation and measurement system installed in the power system of an industrial plant with own generating units:

- supports activities of operating staff from the point of view of the system's possible island operation
- ensures safe and optimal operating conditions for supply and load systems
- performs the multi-criteria automation functionality of island system separation
- controls optimum insular operation, ensuring generation continuity, especially for the most vulnerable and expensive technologies
- performs visualization and many-hour recording of the waveforms of electrical and criteria parameters of separated island system
- predicts potential effects of operations and precludes potentially dangerous activities
- optimizes the process of determining the best interconnection locations
- assesses the accuracy and quality of switching operations (measuring and recording of current and power bumps and swings)
- coordinates the operations of automatic controls and protections.

Island system's automatic separation

Island system can be separated either by standard automatic protections, or by multi-criteria system automation based on dedicated and optimized operating algorithms. It seems that

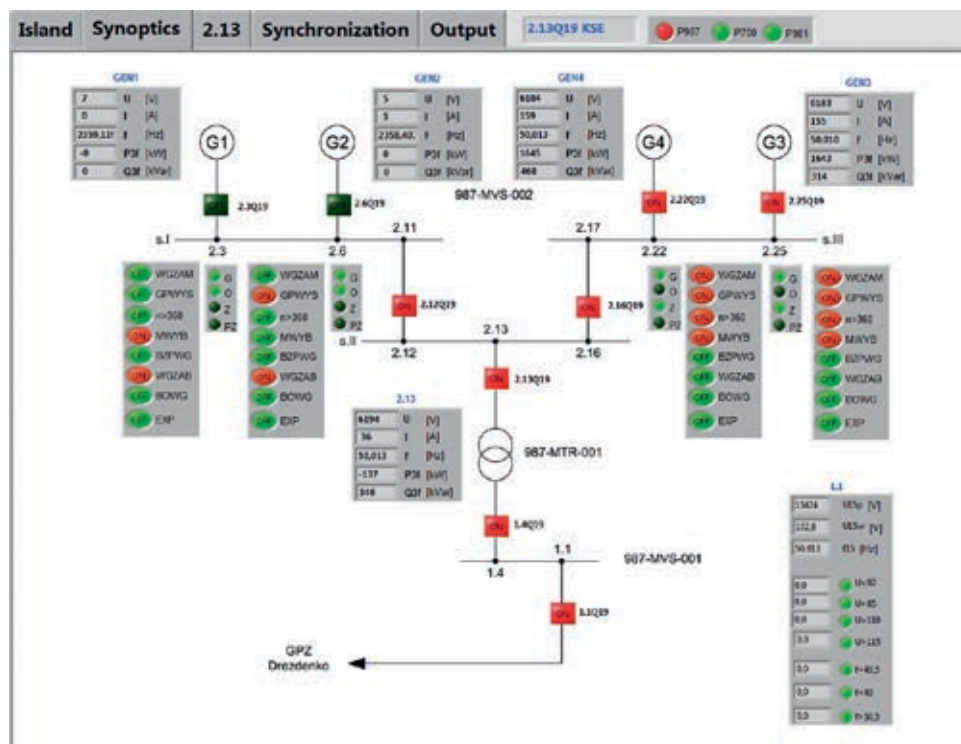


Fig. 1. Synoptics of industrial plant's island power system

automatic protection based solutions fail to meet some requirements for island systems' automatic separation, and may not work properly, e.g. from the point of view of operating selectivity. Island system can be planned and deliberately isolated by the operator, or it may develop from a human error resulting, for example, from wrong operating decisions.

The automation and measurement system presented here has the following features built in:

- fast, optimal and multi-criteria automatic isolation of industrial plant's island system
- mechanisms to ensure effective operation of a separated island system that allow to maintain for many hours or even

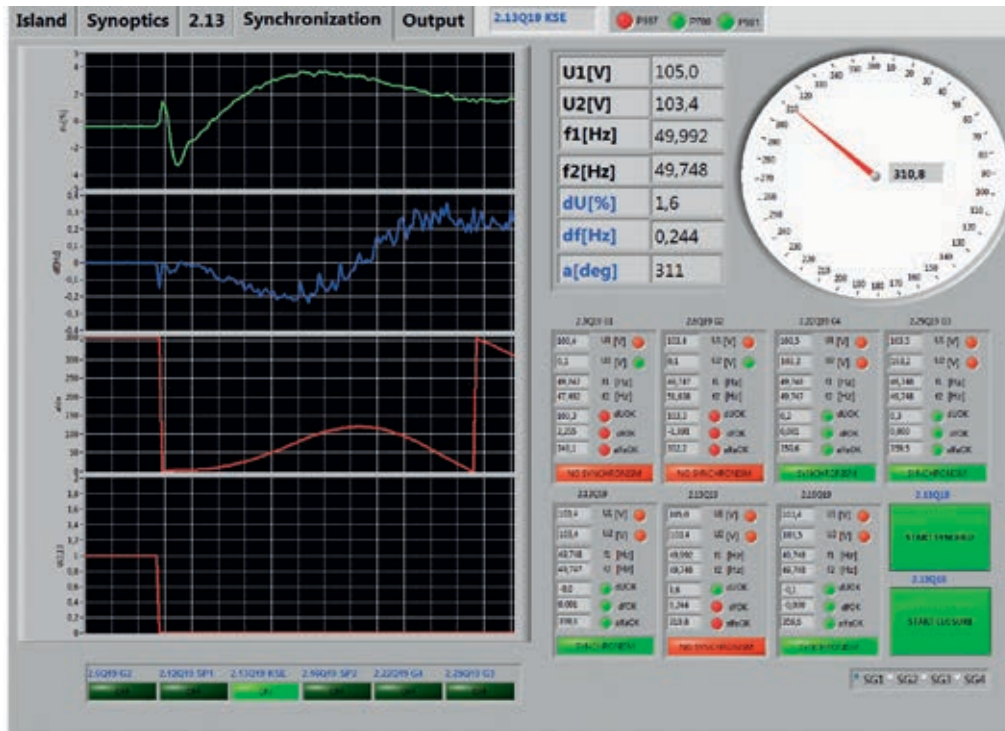


Fig. 2. Separation of industrial plant's island power system

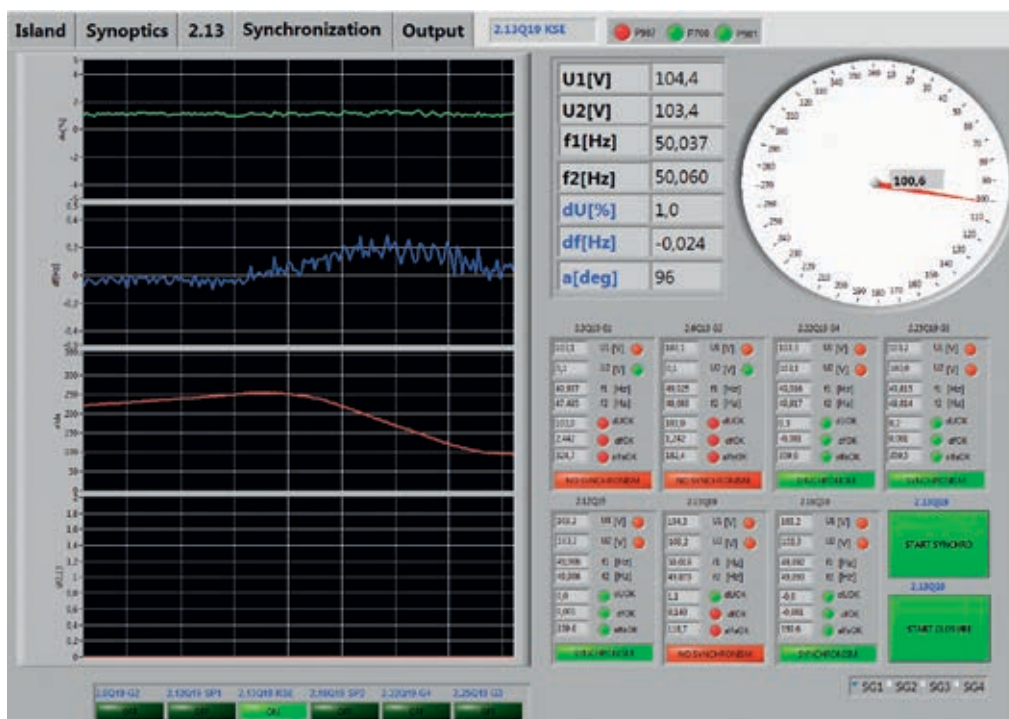


Fig. 3. Failure to meet the conditions of island system's synchronism with NPS

days the operation of an industrial power system or important consumers.

It is worth noting that:

- proper co-operation of the island operation support system with automatic controls requires taking fast and deterministic measurements in locations of key relevance to the supervised system's performance evaluation
- with multi-criteria automation systems may be separated optimally from the point of view of NPS defence and maintaining continuous operation of the separated system and the plant's sensitive manufacturing technologies

- dedicated measurement systems continuously support the supervised system's operation and predict system phenomena, which helps to make right decisions in support of the island operation's feasibility
- for particularly important consumers their operations' continuity is crucial in view of the plant's safety, production technology, and economic considerations. Isolating systems may therefore be necessary and fully justified.

Island system's synchronization with NPS

It is particularly important for an island system's synchronization with the NPS that appropriate conditions are ensured for the safe



Fig. 4. Synchronization of industrial plant's island system with NPS

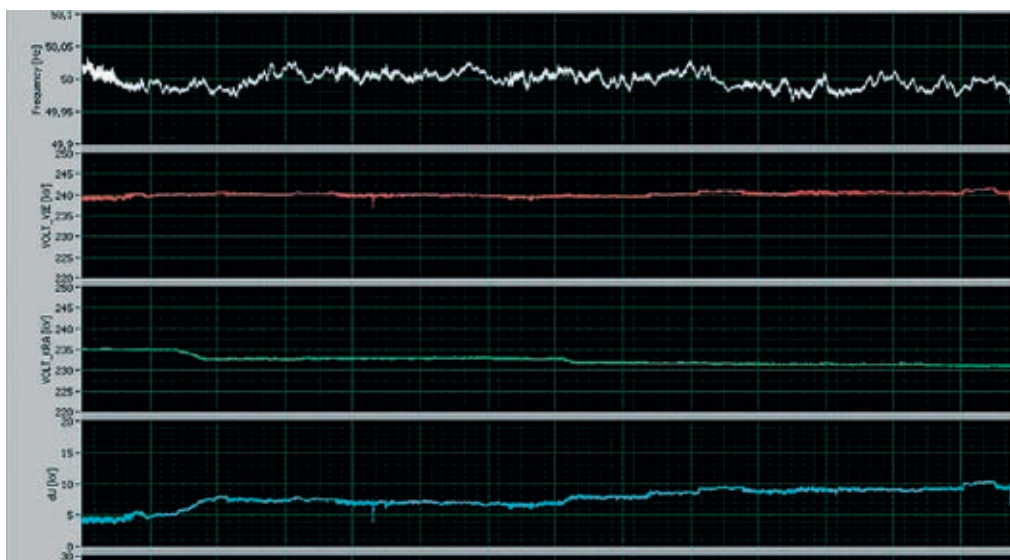


Fig. 5. Criteria parameter recording during control interactions with NPS

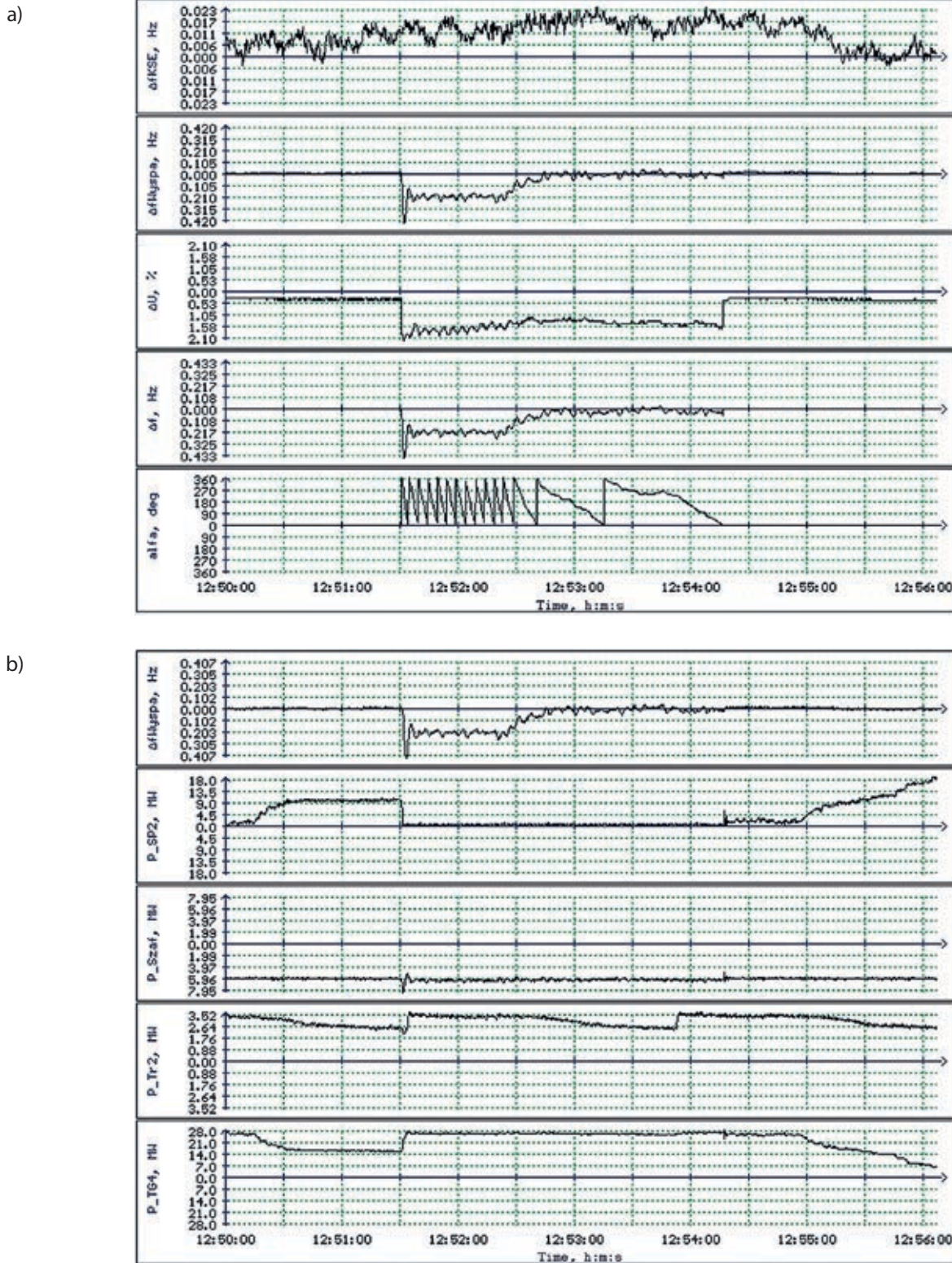


Fig. 6. Island system synchronization with NPS: a) criteria parameters of the synchronization process, b) the electrical parameters of the elements of the island

and effective performance of switching operations. The synchronization system must be prepared to perform switching in many places of the supervised system.

The measuring system visualizes the synchronism conditions at all circuit breakers provided for in the industrial plant's power

system. The operator is therefore able to choose the optimum operating conditions for the switching.

For proper evaluation of island system performance, recording of the switching process' criteria parameters and other electrical parameters is necessary.

This specialised system of an island system's automatic separation, operation support and synchronization with the NPS takes real measurements of the switching process' criteria parameters and electrical parameters of the industrial plant's power system, allows selecting the switching operation's optimum location, co-operates with automatic controls and executes the switching process. Switching operation outcome prediction is a very important feature that increases the operation safety. Implementation of this functionality requires a new approach to power system automation and the application of measurement algorithms requiring industrial real-time computer systems with high computing power.

6. Summary

- Practical experience shows that switching operations in power systems are not always executed in an efficient manner, and are dependent on many interrelated factors.
- Island system synchronization requires the development of complex, interrelated and coordinated switching automation systems, measurement systems, visualization systems and automatic controls.
- Precision of switching operations is very important for the primary circuits' durability. For assessment, recording of power switching effects is required.
- Due to the importance of the performed tasks it is necessary to apply technical solutions designed for the most critical operating conditions.
- In switching circuits, the human factor is crucial. Switching personnel's appropriate experience and specialised training is necessary for proper execution of the operation.
- Comprehensive analysis of physical phenomena, subjected to analysis and supervision, extended to all possible unusual situations implies the use of appropriate equipment and rules of cooperation affecting the efficiency of the operations.
- Specialised system for monitoring the control process and switching operations, will allow the selection of the optimal switching locations, and will enable remote, effective and coordinated initialization of automatic switching.

- Deliberate separation of island systems and their re-connection under enhanced metrological control may prevent failure development, shorten disruption duration and limit the adverse effects.
- Adaptability of the automatic switching, automatic protections, measurement, and automatic control systems streamlines the process of island system separation and operation, and makes switching operations easier.
- Switching operation outcome prediction is a very important feature that increases operation safety. Implementation of this functionality requires a new approach to power system automation and the application of measurement algorithms requiring industrial real-time computer systems with high computing power.

REFERENCES

1. G. Grzegorzycza, "Automatyka wydzielania, wspomagania ruchu oraz synchronizacji z SEE wydzielonego układu wyspowego zakładu przemysłowego" [Automatic separation, operation support, and synchronization with NPS of industrial plant's separated island power system], Conference "Blackout and the National power System", Poznań, June 2014.
2. G. Grzegorzycza, "Automatyczna predykcja ONLINE skutków realizacji procesów łączeniowych systemów elektroenergetycznych. Założenia techniczne dla dedykowanych systemów pomiarowych i EAZ" [Automatic ONLINE prediction of effects of switching processes in power systems. Technical assumptions for dedicated measurement and automatic protection systems], Conference "Blackout and the National power System", Poznań, June 2014.
3. G. Grzegorzycza, "Rola elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej oraz układów regulacji podczas procesu synchronizacji systemów elektroenergetycznych" [The role of power system protection and control systems in power system synchronization], *Energetyka*, No. 3, 2009.

Grzegorz Grzegorzycza

Energopomiar-Elektryka sp. z o.o.

email: grzegorz.grzegorzycza@elektryka.com.pl

A graduate of the Silesian University of Technology. In 1986–1992 he worked in the Electrical Department of Energopomiar, a power system's research and measurements company, and since 1992 he has been employed in the Power System Measurement and Research Department of Energopomiar-Elektryka, now as specialist engineer for computer-aided measuring systems. His professional focus is on issues related to power system automation, industrial measuring and computer systems, and electrotechnical standardization. An expert of PKN Polish Committee for Standardization and CENELEC.

This is a supporting translation of the original text published in this issue of "Acta Energetica" on pages 33–38. When referring to the article please refer to the original text.

PL

Automatyka synchronizacji systemów elektroenergetycznych w ujęciu kompleksowym i jakościowym

Autor

Grzegorz Grzegorzycza

Słowa kluczowe

komputerowy system pomiarowy, regulator, EAZ, synchronizator

Streszczenie

W artykule przedstawiono zagadnienia dotyczące automatyki wydzielania, prowadzenia pracy oraz synchronizacji z SEE układu wyspy elektroenergetycznej. Zaprezentowano zagadnienia dotyczące kompleksowości rozwiązań technicznych ze szczególnym zwróceniem uwagi na jakość realizowanych operacji.

1. Wprowadzenie

Synchronizacja systemów elektroenergetycznych jest bardzo złożonym i odpowiedzialnym zadaniem technicznym. Analizując rozwiązania układów synchronizacji systemów elektroenergetycznych, szczególną uwagę należy zwrócić na następujące bardzo ważne obszary zagadnień:

- kompleksowości rozwiązań technicznych
- jakości realizowanych operacji łączeniowych
- efektywności działań.

Można postawić tezę, że:

1. Układy synchronizacji zazwyczaj nie są tworzone kompleksowo
2. Wiele awarii systemów elektroenergetycznych było skutkiem błędów popełnianych podczas wykonywania operacji łączeniowych
3. Synchronizację układów elektroenergetycznych realizowane w sposób niedokładny mogą prowadzić do kumulującego się obniżenia trwałości układów pierwotnych
4. Dużo operacji łączeniowych jest realizowanych w sposób nieefektywny czasowo
5. Nie dla każdej wykonywanej operacji łączeniowej jest prawidłowo realizowana predykcja skutków działań dla systemów elektroenergetycznych.

2. Kompleksowe układy synchronizacji

Układy synchronizacji są kompleksowe, jeżeli zawierają następujące powiązane ze sobą elementy:

- specjalizowane systemy pomiarowe do wyznaczania i rejestracji parametrów elektrycznych nadzorowanych układów elektroenergetycznych oraz parametrów kryterialnych operacji łączeniowych
- systemy wizualizacji pracy nadzorowanych układów elektroenergetycznych oraz realizowanych operacji łączeniowych
- prawidłowo dobrane układy automatyki regulacyjnej
- prawidłowo dobrane układy automatyki łączeniowej.

3. Specjalizowane systemy pomiarowe

Biorąc pod uwagę szeroko rozumianą problematykę procesów wspomagania pracy układów wyspowych i synchronizacji, należy przeanalizować możliwość wykorzystania nowych technologii pomiarowych i informatycznych do wspomagania operacji łączeniowych układów elektroenergetycznych.

System pomiarowy do wspomagania pracy układów wyspowych i synchronizacji:

- kontroluje pod względem spełnienia warunków synchronizmu napięcia 3-fazowe pól nadzorowanej rozdzielni. Obwody wtórne przekładników napięciowych są podłączone bezpośrednio do układów wejściowych terminali pomiarowych układu
- jest skonsolidowany z terminalami automatyki łączeniowej, EAZ oraz systemami automatyki regulacyjnej zainstalowanymi w nadzorowanym układzie elektroenergetycznym
- realizuje za pomocą specjalizowanych terminali pomiarowych pomiar wartości 3-fazowych napięć, prądów, mocy oraz częstotliwości i przesunięcia kąтового dla wybranych pól nadzorowanego układu. Komplet wielkości jest wyznaczany w wymaganiach dla oceny pracy układów wyspowych cyklu pomiarowym 40 ms. Obwody wejściowe terminali są podłączone bezpośrednio do obwodów wtórnych przekładników napięciowych i prądowych
- wizualizuje lokalnie oraz zdalnie parametry łączeniowe oraz zapewnia zdalną transmisję w czasie rzeczywistym wyników pomiarów do centrów dyspozycyjnych, np. KDM i ODM lub zakładu przemysłowego
- rejestruje w cyklu pomiarowym 40 ms parametry kryterialne procesu synchronizacji, parametry elektryczne oraz wielkości dwustanowe. Serie pomiarowe sygnowane są bardzo precyzyjnym znacznikiem czasu
- może posiadać funkcjonalność predykcji skutków działań, zapewniając blokowanie potencjalnie niebezpiecznych operacji łączeniowych.

4. Podstawowe założenia dla specjalizowanego WAMS do wspomagania operacji łączeniowych układów elektroenergetycznych

Należy przyjąć następujące podstawowe założenia:

- 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

- bezwzględnie należy zapewnić, konieczne z punktu widzenia realizacji operacji łączeniowych, parametry metrologiczne terminali pomiarowych systemu
- jakość, sprawność, niezawodność oraz bezpieczeństwo wykonywanych łączeń układów elektroenergetycznych powinny być celami priorytetowymi
- system pomiarowy ma zapewnić skoordynowane działanie, które pozwoli na optymalne i realizowane z pełną kontrolą synchronizmu połączenie z UCTE wydzielonych skutkiem możliwej awarii katastrofalnej obszarów wyspowych, pracujących asynchronicznie oraz układów pracujących synchronicznie.

Wykorzystanie technologii WAMS do wspomagania łączeń powinno zapewnić:

- możliwość wdrożenia zaawansowanego technicznie rozproszonego, deterministycznego systemu pomiarowego zapewniającego permanentny z punktu widzenia wydzielania oraz synchronizowania nadzór elementów (generatorów, linii elektroenergetycznych) oraz wybranych układów wyspowych
- ciągłe monitorowanie w czasie rzeczywistym parametrów układów wyspowych przed wydzieleniem, w trakcie wydzielania, podczas pracy wyspowej oraz po przywróceniu warunków pracy normalnej
- możliwość kompleksowego udokumentowania parametrów elektrycznych. Wszystkie rejestracje w rozproszonym układzie pomiarowym będą sygnowane wspólnym znacznikiem czasu oraz na bieżąco w czasie rzeczywistym dostępne w systemach informatycznych OSP lub zakładu przemysłowego. Rejestracja pozwoli ocenić jakość i precyzję przeprowadzanych operacji oraz określić i udokumentować ewentualny ich wpływ na urządzenia pierwotne stacji
- możliwość obserwacji skutków działania automatyk regulacyjnych
- wspomaganie decyzji o starcie dedykowanej automatyki łączeniowej odpowiedzialnej za wykonanie połączenia nadzorowanych układów elektroenergetycznych.

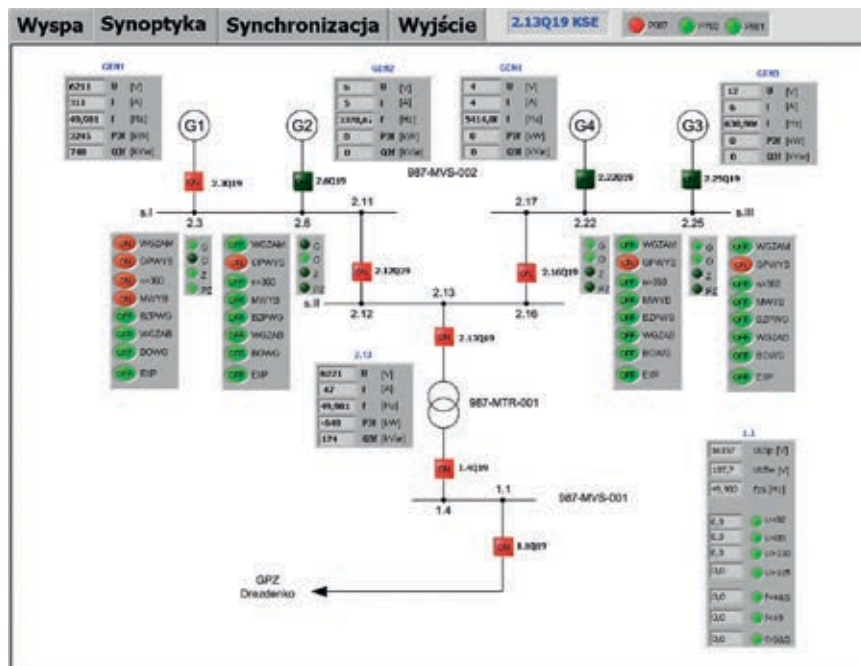
5. System wspomagania pracy układu wypowego zakładu przemysłowego
Dedykowany system automatyki i pomiarów zainstalowany w układzie elektroenergetycznym zakładu przemysłowego wyposażonego we własne jednostki prądowców:

- wspomaga pracę służb ruchowych z punktu widzenia możliwej pracy wypowej układu
- zapewnia bezpieczne oraz optymalne warunki pracy układów zasilania i odbiorów

- realizuje funkcje wielokryterialnej automatyki wydzielenia układu wypowego
- prowadzi optymalną pracę wypową, zapewniając ciągłość produkcji szczególnie dla najbardziej wrażliwych i kosztownych technologii
- dokonuje wizualizacji i wielogodzinnej rejestracji przebiegów czasowych parametrów elektrycznych i kryterialnych wydzielonego układu wypowego
- dokonuje predykcji potencjalnych skutków realizacji operacji i realizuje

blokowanie potencjalnie niebezpiecznych działań

- optymalizuje proces wyznaczania miejsc najkorzystniejszych łączeń
- ocenia precyzję i jakość wykonywanych operacji łączeniowych (pomiar oraz rejestracja uderzeń oraz kołysań prądów i mocy)
- realizuje koordynację pracy automatyki regulacyjnej i EAZ.



Rys. 1. Synoptyka nadzorowanego układu wypowego EC zakładu przemysłowego



Rys. 2. Wydzielenie układu wypowego EC zakładu przemysłowego

Automatyka wydzielania układu wyspowego

Wydzielenie układu wyspowego może być zrealizowane za pomocą standardowej EAZ lub wielokryterialnej automatyki systemowej opartej na dedykowanych i zoptymalizowanych algorytmach działania. Wydaje się, że rozwiązania oparte na EAZ nie spełniają wszystkich wymagań stawianych automatyce wydzielania układów wyspowych i np. z punktu widzenia selektywności pracy mogą działać niewłaściwie.

Układ wyspowy może być wydzielony planowo i świadomie przez operatora lub też jego powstanie może być skutkiem błędu ludzkiego wynikającego na przykład z podjęcia niewłaściwych decyzji ruchowych.

Przedstawiony system automatyki i pomiarów posiada wbudowane:

- funkcje szybkiej, optymalnej i wielokryterialnej automatyki wydzielania układu wyspowego zakładu przemysłowego

- mechanizmy zapewniające efektywną pracę wydzielonego układu wyspowego, które pozwalają utrzymać przez wiele godzin lub nawet dni ciągłość pracy układu elektroenergetycznego zakładu przemysłowego lub ważnych odbiorów.

Warto zaznaczyć, że:

- poprawna współpraca systemu wspomagania pracy układu wyspowego z automatyką regulacyjną wymaga realizacji szybkich i deterministycznych pomiarów



Rys. 3. Niespełnienie warunków synchronizmu układu wyspowego z SEE



Rys. 4. Synchronizacja układu wyspowego EC zakładu przemysłowego z SEE

w kluczowych dla oceny pracy nadzorowanego układu miejscach

- wielokryterialna automatyka umożliwia realizację optymalnych wydzieleni zarówno z punktu widzenia obrony SEE, jak i utrzymania ciągłości pracy wyzłozonego układu elektroenergetycznego oraz wrażliwych technologii produkcji zakładu
- 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 ma kluczowe znaczenie, biorąc pod uwagę bezpieczeństwo instalacji, technologię produkcji oraz względy ekonomiczne. Wydzielenie układu może być zatem niezbędne i w pełni uzasadnione.

Synchronizacja układu wyspowego z SEE

Podczas synchronizacji układu wyspowego z SEE szczególne znaczenie ma zapewnienie warunków dla bezpiecznej oraz efektywnej realizacji operacji łączeniowych. Układ synchronizacji musi być przygotowany do wykonywania łączeń w wielu miejscach nadzorowanego układu.

System pomiarowy wizualizuje warunki synchronizmu na wszystkich przewidzianych w układzie elektroenergetycznym zakładu przemysłowego wyłącznikach mocy. Operator ma zatem możliwość wyboru optymalnych warunków ruchowych do realizacji łączeń.

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

Przedstawiony specjalizowany system automatyki wydzielenia, wspomaganie pracy i synchronizacji z KSE układu wyspowego realizuje obszarowe pomiary parametrów kryterialnych procesów łączeniowych oraz parametrów elektrycznych układu elektroenergetycznego zakładu przemysłowego, pozwala wybrać optymalne miejsce operacji łączeniowej, współpracuje z automatykami regulacyjnymi oraz realizuje proces łączeniowy.

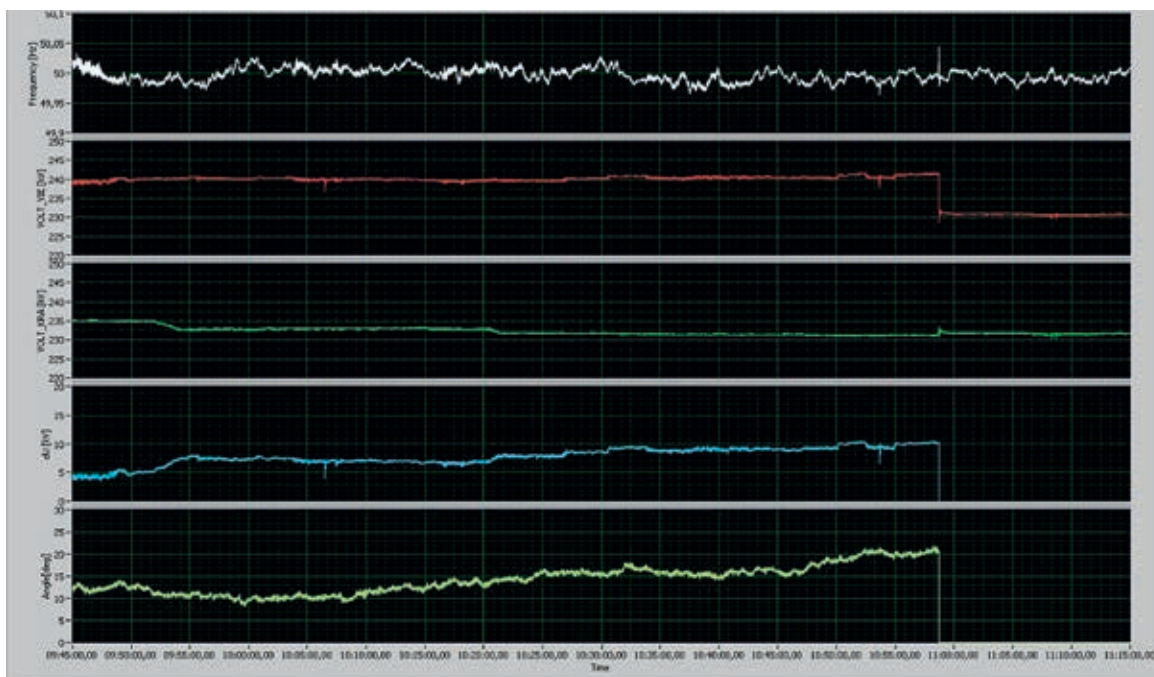
Predykcja skutków realizacji operacji łączeniowych jest bardzo istotnym elementem zwiększającym bezpieczeństwo prowadzonych działań ruchowych. Realizacja przedstawionej funkcjonalności wymaga nowego spojrzenia na układy automatyki systemowej oraz zastosowania algorytmów pomiarowych, wymagających zastosowania przemysłowych systemów komputerowych czasu rzeczywistego o dużej mocy obliczeniowej.

6. Podsumowanie

- Doświadczenia praktyczne wskazują, że operacje łączeniowe systemów elektroenergetycznych nie zawsze realizowane są w sposób efektywny i są zależne od bardzo wielu wzajemnie powiązanych ze sobą czynników.
- Synchronizacja układów wyspowych wymaga budowy kompleksowych, powiązanych ze sobą i skoordynowanych układów automatyki łączeniowej, systemów pomiarowych, układów wizualizacji i automatyki regulacyjnej.
- Precyzja operacji łączeniowych jest bardzo istotna dla trwałości układów pierwotnych. Dla oceny wymagana jest rejestracja skutków energetycznych łączeń.
- Ze względu na rangę realizowanych zadań niezbędne jest zastosowanie rozwiązań technicznych dla najbardziej krytycznych warunków pracy.

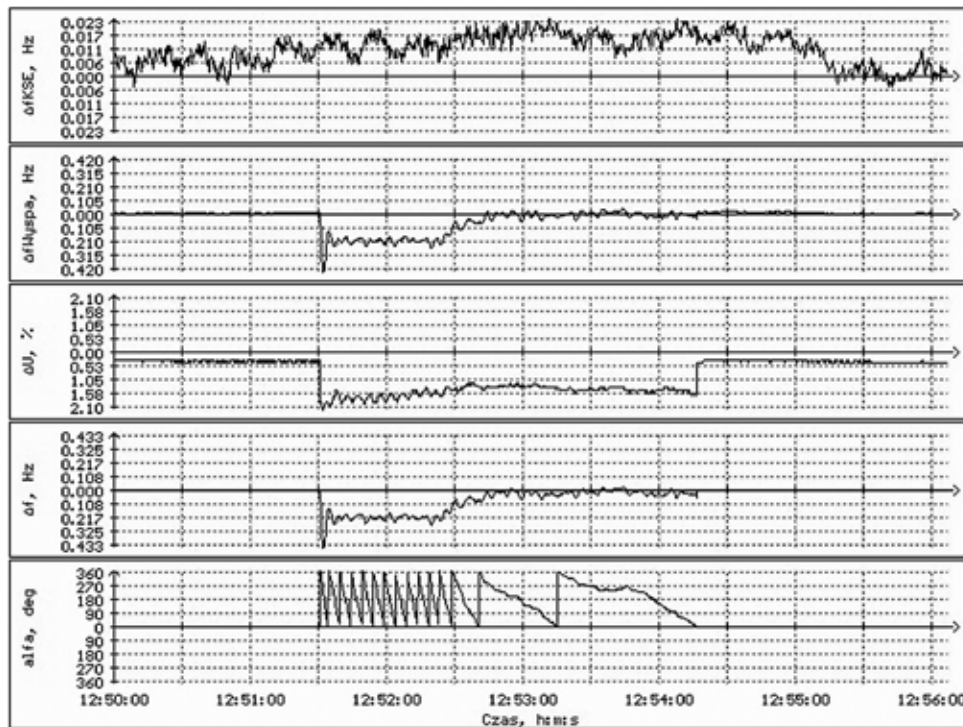
Podczas wykonywania łączeń układów bardzo duże znaczenie ma czynnik ludzki. Dla poprawnego wykonania operacji niezbędne jest posiadanie przez personel odpowiedniego doświadczenia oraz przygotowania tematycznego.

- Kompleksowa analiza zjawisk fizycznych, poddana analizie i nadzorowi, rozciągnięta na wszelkie możliwe sytuacje nietypowe implikuje zastosowanie odpowiednich urządzeń oraz zasad współpracy wpływających na efektywność realizowanych operacji.
- Specjalizowany system do nadzorowania procesu regulacji i operacji łączeniowych, pozwoli na wybór optymalnych miejsc do wykonywania łączeń oraz umożliwi zdalną, efektywną i skoordynowaną inicjalizację automatyzacji łączeniowych
- Świadome wydzielenie układów wyspowych i ponowne łączenia realizowane z rozszerzoną kontrolą metrologiczną mogą zapobiec rozwijaniu się awarii, skrócić czas trwania zakłócenia i ograniczyć jego niekorzystne skutki.
- Adaptacyjność układów automatyki łączeniowej, EAZ, systemów pomiarowych i automatyki regulacyjnej usprawnia prowadzenie procesu wydzielenia i prowadzenia ruchu układu wyspowego oraz ułatwia wykonywanie operacji łączeniowych.
- Predykcja skutków realizacji operacji łączeniowych jest bardzo istotnym elementem zwiększającym bezpieczeństwo prowadzonych działań ruchowych. Realizacja przedstawionej funkcjonalności wymaga nowego spojrzenia na układy automatyki systemowej oraz zastosowania algorytmów pomiarowych wymagających zastosowania przemysłowych systemów komputerowych czasu rzeczywistego o dużej mocy obliczeniowej.

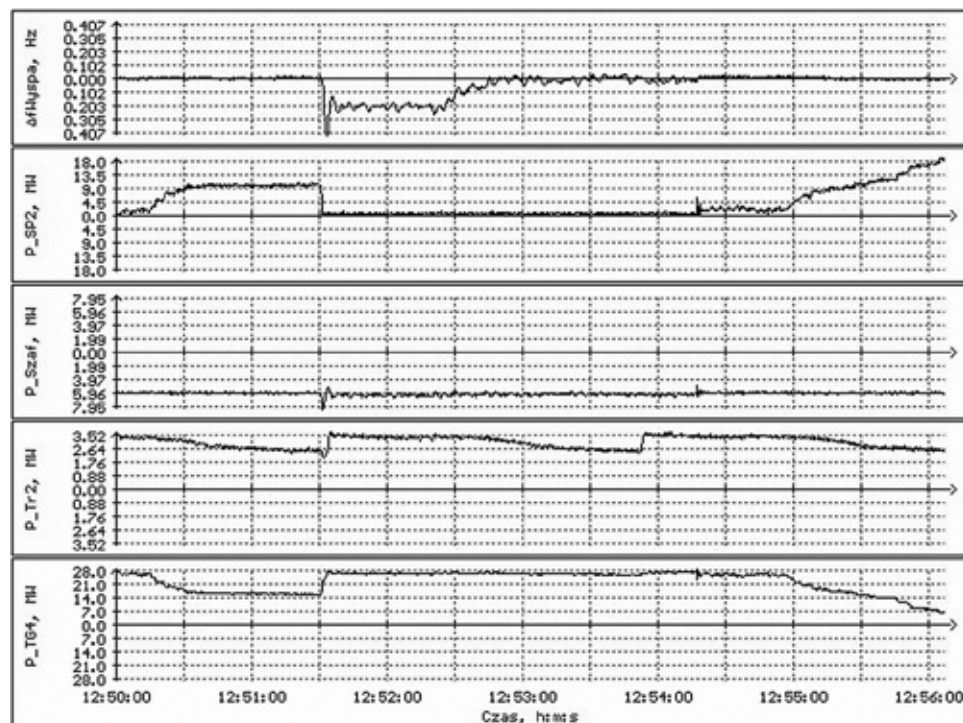


Rys. 5. Rejestracje parametrów kryterialnych podczas oddziaływań regulacyjnych w SEE

a)



b)



Rys. 6. Synchronizacja układu wyspowego z SEE: a) parametry kryterialne procesu synchronizacji, b) parametry elektryczne elementów układu wyspowego

Bibliografia

1. Grzegorzycza G., Automatyka wydzielania, wspomagania ruchu oraz synchronizacji z SEE wydzielonego układu wyspowego zakładu przemysłowego, Konferencja „Blackout a Krajowy System Elektroenergetyczny”, Poznań, czerwiec 2014.
2. Grzegorzycza G., Automatyka 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.

Grzegorz Grzegorzycza

mgr inż.

Energopomiar-Elektryka sp. z o.o.

email: grzegorz.grzegorzycza@elektryka.com.pl

Absolwent Politechniki Śląskiej. W latach 1986–1992 roku pracował w Zakładzie Elektrycznym Zakładów Pomiarowo-Badawczych Energetyki Energopomiar, a od 1992 roku jest zatrudniony w Zakładzie Pomiarowo-Badawczym Energetyki Energopomiar-Elektryka, obecnie na stanowisku inżyniera specjalisty do spraw komputerowych systemów pomiarowych. Jego działalność techniczna koncentruje się na zagadnieniach związanych z elektroenergetyczną automatyką systemową, przemysłowymi systemami pomiarowymi i komputerowymi oraz normalizacją elektrotechniczną. Ekspert PKN i CENELEC.