

WDRAŻANIE URZĄDZEŃ I SYSTEMÓW DO MONITORINGU I OCENY JAKOŚCI ENERGII ELEKTRYCZNEJ – REFERAT KONFERENCYJNY

Wiesław GIL¹, Przemysław WRONEK²

1. MIKRONIKA, ul. Wykopy 2/4, 60-001 Poznań
tel: 061 66 55 623 fax: 061 66 55 602 e-mail: wieslaw@mikronika.com.pl
2. MIKRONIKA, ul. Wykopy 2/4, 60-001 Poznań
tel: 061 66 55 609 fax: 061 66 55 602 e-mail: wronek@mikronika.com.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono problemy związane ze wzrostem wymagań wobec urządzeń i systemów do oceny jakości energii elektrycznej (JEE), instalowanych na stacjach elektroenergetycznych. Wskazano na brak norm definiujących metodologię badań urządzeń pomiarowych. Omówiono właściwości urządzeń oraz strukturę rozległego systemu działającego w czasie rzeczywistym i przeznaczonego do realizacji oceny JEE. Podkreślono przydatność wielokanałowych analizatorów z funkcją identyfikacji i rejestracji ultraszybkich zaburzeń i uzasadniono celowość wprowadzenia do nich dodatkowych funkcji oraz integracji z urządzeniami systemu automatyki stacyjnej (SAS).

Słowa kluczowe: jakość energii, klasa A, rejestracja zaburzeń.

1. WZROST ZNACZENIA OCENY JAKOŚCI ENERGII

1.1. Oddziaływanie procesów deregulacji energetyki

W Europie, standaryzacja parametrów energii elektrycznej od dawna wiązała się z deregulacją energetyki. Za pomocą dyrektyw i odnośnych norm, ustanawiano wytyczne dla producentów urządzeń oraz przedsiębiorstw zajmujących się dystrybucją energii, a także tworzone instrumentarium służące dyscyplinowaniu konsumentów, dostawców oraz producentów energii elektrycznej.

W Polsce powyższa tematyka nabierała stopniowo znaczenia w trakcie procesu dostosowawczego, związanego z akcesją do Unii Europejskiej. Pierwotnie uważano, że ocena JEE będzie dotyczyła wielkich zakładów przemysłowych, wrażliwych na zakłócenia dostaw energii, a jednocześnie potencjalnie zakłócających zasilanie. Docelowo widziano potrzebę instalacji odpowiednich analizatorów u odbiorców o mniejszych poborach oraz u klientów indywidualnych, którzy dochodziliby odszkodowań od dostawcy energii elektrycznej w przypadku strat spowodowanych nie dotrzymaniem jej właściwych parametrów.

Dostępne wówczas urządzenia wyznaczały tylko niektóre parametry JEE. Dysponowały ograniczonymi możliwościami archiwizacji pomiarów i transmisją danych, w niestandardowych, dedykowanych protokołach.

W przypadku występowania zaburzeń jakości energii, wykonywano pomiary przyrządami przenośnymi.

Procesy deregulacji energetyki zaowocowały do 2007 roku powstaniem kilku obszarowych spółek dystrybucyjnych. Energię zaczęto traktować jako „towar”, kupowany przez spółki dystrybucyjne od kompanii sieciowej i dalej odsprzedawany odbiorcom. Zakładano, że handel energią zostanie obwarowany umowami, określającymi nie tylko ilość, ale także jej jakość.

W tym okresie rozpoczęto instalację w ważniejszych punktach poboru i oddawania energii, stacjonarnych urządzeń i pierwszych systemów monitoringu jakości energii SMJEE, służących ciągłego pomiaru odpowiednich parametrów i oceny JEE.

1.2. Rozwój Smart Grid

Ważny czynnik stymulujący wdrażanie SMJEE oraz wprowadzanie do tych systemów nowych funkcji, to obecny rozwój odnawialnych źródeł energii i ich integracja w ramach sieci Smart Grid. Jednocześnie uważa się, że wymogi dotyczące JEE, zapewniające kompatybilność elektromagnetyczną wszystkich podłączonych do sieci urządzeń, nie powinny ograniczać rozwoju Smart Gridu [1].

Bardziej zmienny charakter rozplywów energii wywołała większą niestabilność parametrów prądu i napięcia. To zjawisko będzie pogłębiać przewidywany deficyt mocy. Koniecznym stanie się opracowanie metod przeciwdziałania zakłóceniom dostaw, a także sytuacjom typu black-out. Te procesy, dodatkowo wsparte przez rozwój ko-generacji w oparciu o mini źródła energii, doprowadzą do przekształcania pojedynczych SMJEE w wielkoobszarowe systemy przeznaczone do monitorowania parametrów energii elektrycznej i jej oceny. Przykładem potwierdzającym tą tezę może być budowa od 2011 roku zrębów ogólnokrajowego systemu monitorowania JEE przez PSE Operator S.A. [2].

2. UWARUNKOWANIA PRAWNE

2.1. Normy i rozporządzenia dotyczące jakości energii

Powyżej zarysowane tendencje znajdowały swoje odzwierciedlenie w nowelizacjach odnośnych norm i kolejnych rozporządzeniach. Pierwotna edycja normy IEC 50160 z roku 1995 została znacznie rozszerzona. W wersji obowiązującej, opublikowanej w roku 2010 [3], zmieniono parametry oceny JEE w sieciach niskiego i średniego napięcia oraz wprowadzono wymagania dla sieci wysokiego napięcia. Wraz z tą normą zmieniała się norma PN-EN 61000-4-30 [4] oraz inne normy, określające właściwości metrologiczne sprzętu.

Wydawane były rozporządzenia i instrukcje, wpływające na omawianą problematykę. Rozporządzenie Ministra Gospodarki [5], opublikowane w 2007 roku, zaostrzyło ówczesne wymagania normatywne, wprowadzając między innymi, obowiązek sporządzania ekspertyz przewidywanych skutków włączania parków wiatrowych dla JEE. Ocenę taką należy przeprowadzić uwzględniając szereg norm, w tym normę PN-EN 61400-21 [6], określającą charakterystykę turbiny wiatrowej pod względem parametrów JEE.

Polski operator przesyłowy w roku 2011 przedstawił specyfikację właściwości [7], jakie muszą posiadać odnośne urządzenia i systemy pomiarowe. W tym dokumencie rozszerzono zestaw parametrów wymaganych do analizy JEE w stosunku do normy [4], dodając wielkości prądu, harmoniczne prądu, moce czynne i bierne oraz współczynnik mocy. Wprowadzono wymóg posiadania klasy A dla sprzętu pomiarowego i bardzo wysoką dokładność pomiarów mocy w klasie 0.2S, zgodnie z normą PN-EN 62053-22 [8], przewidzianą dla liczników energii.

2.2. Urządzenia w klasie A

Wymaga się aby urządzenia, których zapisy mogą być wykorzystywane do weryfikacji zaistniałych zdarzeń sieciowych i rozstrzygania sporów, posiadały klasę A, zdefiniowaną w normie [4]. Tymczasem w Polsce, ani w innych krajach europejskich, nie ma ośrodka, który mógłby przeprowadzić badania i wydawać certyfikat w myśl normy PN-EN 45011 [9], definiującej czym jest certyfikat i jakie warunki musi spełniać instytucja certyfikująca.

Przyczyną zaistniałej sytuacji jest brak normy określającej metodologię weryfikacji właściwości pomiarowych odnośnych przyrządów.

Ta sytuacja ulegnie zmianie, ponieważ opracowywana jest grupa norm IEC 62586 „Power Quality Measurements in Power Supply Systems” (Pomiary jakości energii w systemach zasilających) określająca zakres i zasady testów funkcjonalnych urządzeń przeznaczonych do oceny jakości energii. Dostępne są wstępne wersje norm z tej grupy. Część pierwsza [10] podaje wymagania dla przyrządów do oceny JEE, a część druga podaje zestaw testów funkcjonalnych i wymagań dotyczących niepewności pomiarów [11].

Bardzo ważne jest utworzenie w naszym kraju i akredytacja laboratorium, które mogłoby wykonywać badania zgodności „klasy A” i wydawać certyfikaty, na co wskazywaliśmy we wcześniejszych publikacjach [12].

3. WYMAGANIA STAWIANE URZĄDZENIOM DO POMIARU JEE

3.1. Wpływ lokalizacji urządzeń i zmian w normach

Przedstawiając wymagania dla urządzeń do monitoringu i analizy JEE, skoncentrujemy się na właściwościach niezbędnych dla zastosowań w spółkach dystrybucyjnych i przesyłowych.

Te urządzenia są instalowane w rozdzielniach, więc muszą posiadać odporność na warunki środowiskowe, wymagana dla tego typu lokalizacji. W tym zakresie właściwym wydaje się przyjęcie norm z grupy PN-EN 60255, stosowanej dla zabezpieczeń cyfrowych, a także innych urządzeń SAS.

Kolejne nowelizacje norm i specyfikacje przekładają się na właściwości konstrukcyjne urządzeń do pomiarów JEE. Przykładowo, zmiany w normie [4] z roku 2009 wprowadziły między innymi rozszerzenie zakresu pomiaru napięć, zmiany zakresu pomiaru harmonicznych i interharmonicznych oraz zmiany zasad pomiarów poziomu napięcia sygnalizacyjnego.

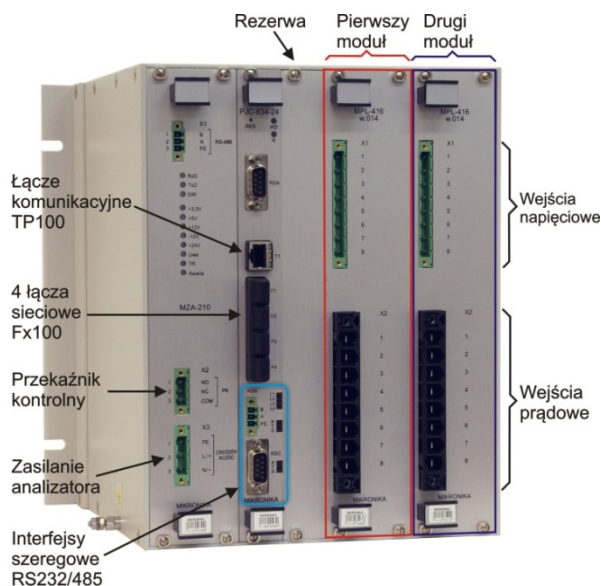
3.2. Wzrost wymagań funkcjonalnych

W ciągu ostatnich lat daje się zauważyć znaczący wzrost wymagań funkcjonalnych wobec urządzeń pomiarowych JEE. Obecnie zakłada się, że oprócz wykonywania wszystkich pomiarów w klasie A, będą one mierzyły parametry prądów i mocy według specyfikacji [7]. Ponadto, oczekuje się bardzo wysokiej dokładności pomiaru mocy i energii, wykraczającej poza wymogi normy [4].

Podstawową funkcjonalnością staje się rejestrowanie zdarzeń. Implikuje to wbudowanie do analizatora funkcji parametryzacji wyzwalania rejestracji, w oparciu o proste zależności względem czasu trwania i progu wyzwolenia zaburzenia lub bardziej rozbudowane logiki, w odniesieniu do trendów zmian.

Wymagana jest także archiwizacja zaistniałych zdarzeń oraz wybór formatu danych, w jakim urządzenia przekazują dane. Na ogół jest to Comtrade lub PQDIF.

Zaleca się także, aby dokładność synchronizacji czasu dla rejestrowanych przebiegów analogowych w różnych lokalizacjach była lepsza niż 40 mikrosekund.



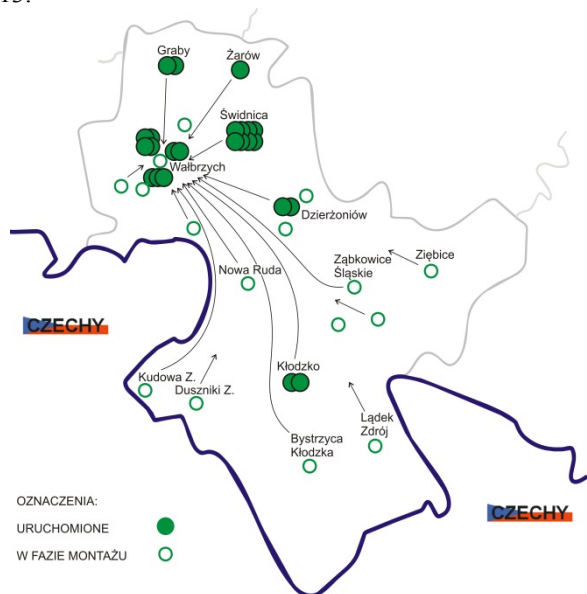
Rys.1. Analizator jakości energii SO52v11-eME-2, wyposażony w dwa równolegle pracujące moduły oceny JEE na podstawie pomiarów 4 napięć i 4 prądów w każdym module.

Powyższe wymagania spełnia na przykład modułowy analizator przedstawiony na rysunku 1. To urządzenie może posiadać jeden lub dwa, synchronicznie pracujące moduły. Każdy z nich skonfigurowano do oceny JEE na podstawie pomiarów czterech napięć i czterech prądów, z możliwością rejestracji przetężeń. Analizator jest wyposażony w światłowodowe łącza sieciowe w standardzie wielomodowym lub jednomodowym.

W grudniu 2012 roku wykonano w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie badania typu tego analizatora. Badania, przeprowadzone zgodnie ze wspomnianymi projektami norm [10] i [11], wykazały zgodność właściwości pomiarowych z klasą A dla synchronicznych pomiarów w obu modułach.

4. OBSZAROWY SYSTEM MONITOROWANIA I OCENY JAKOŚCI ENERGII ELEKTRYCZNEJ

Zmiany organizacyjne, wdrażanie technologii Smart Grid oraz urynkowanie zasad dostawy energii elektrycznej, będą przesłanką budowy wielkoobszarowych systemów SM-JEE. Przykładem takiego podejścia może być system wdrażany w jednym z oddziałów spółki energetycznej w południowej Polsce. Na rysunku 2 pokazano lokalizację zainstalowanych urządzeń. Zakończenie budowy systemu, obejmującego docelowo 52 urządzenia, jest planowane w kwietniu 2013.

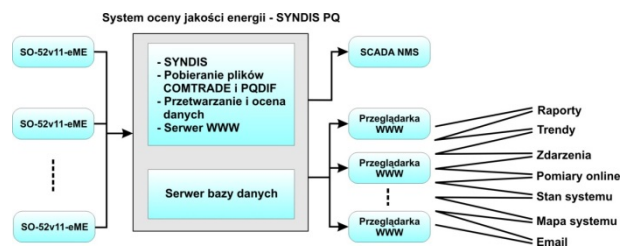


Rys.2. Lokalizacja urządzeń we wdrażanym SMJEE.

Struktura całego systemu jest przedstawiona na rysunku 3. Część obiektowa, instalowana na podstacjach, składa się z analizatorów umiejscowionych w polach pomiarowych. Wykonują one wszystkie pomiary i agregacje, zgodnie z normami [3] i [4] oraz standardem [7]. Każde urządzenie posiada także możliwość definiowania zdarzeń i ich rejestracji podczas przekroczeń wskaźnika asymetrii, wzrostu zawartości harmonicznych, zmiany częstotliwości oraz innych zaburzeń.

Analizatory poprzez światłowodowe łącza korporacyjne w technologii Ethernet, dostarczają dane do serwera JEE, który je gromadzi i analizuje pod kątem parametrów JEE. Raporty oraz informacje o zdarzeniach mogą być automatycznie rozsyłane poprzez powiadomienia e-mail, zgodnie ze

zdefiniowanymi listami odbiorców. Określone dane mogą być także przekazywane do systemu stacyjnego.



Rys.3. Struktura systemu SYNDIS PQ. Urządzenia zainstalowane w polach pomiarowych komunikują się z serwerem JEE poprzez korporacyjną sieć Ethernet. Dane są przekazywane w formacie COMTRADE lub PQDIF. Serwer udostępnia wielu użytkownikom raporty, wykresy trendów, zdarzenia, pomiary on-line poprzez mechanizm przeglądarki www.

5. KIERUNKI ROZWOJU

5.1. Transmisja danych

Standaryzacja protokołów transmisji danych z urządzeń lub systemów oceny JEE, umożliwiłaby łatwą integrację w SMJEE urządzeń różnych producentów. Urządzenia te powinny najprawdopodobniej transmitować dane w kilku protokołach, w zależności od odbiorcy.

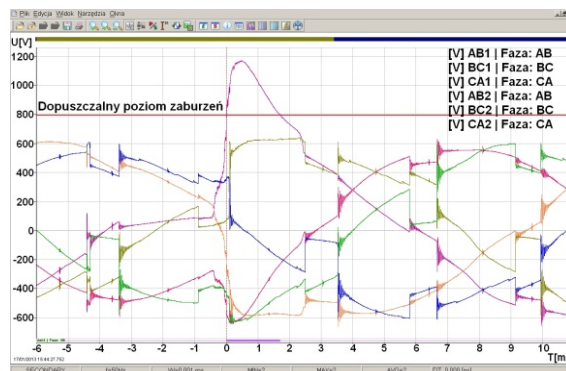
Wprowadzanie funkcji rejestracji do analizatorów JEE, będzie implikować zapisy rejestracji w formacie Comtrade, wymaganych w tych zastosowaniach.

5.2. Urządzenia wielokanałowe

Interesujące walory aplikacyjne mogą zyskać wielokanałowe urządzenia JEE, realizujące pomiary synchronicznie. Umożliwia to na przykład jednoznacznie wskazanie charakteru i źródła zaburzeń w miejscach przyłączenia farm wiatrowych i ocenę wpływu harmonicznych na pracę transformatora.

5.3. Rejestracja zaburzeń szybkozmiennych

Wykrywanie zaburzeń szybkozmiennych typu „transients” o mikrosekundowych czasach trwania umożliwia identyfikację przyczyn uszkodzeń, na przykład zespołów przekształtników tyrystorowych. Na rysunku 4 pokazano przebiegi odkształcone, zarejestrowane w tego typu instalacji.



Rys.4. Szybkie zaburzenia w sieci trójfazowej, zarejestrowane analizatorem SO52v11-eME. Jest widoczne przekroczenie powyżej poziomu 800V, o czasie trwania 1.5 ms, które wywołało uszkodzenie zasilanego urządzenia

5.4. Wyznaczanie synchro-fazorów

Istotnym rozszerzeniem funkcji analizatorów JEE byłaby implementacja w nich algorytmów wyznaczania synchro-fazorów, które można przesyłać do koncentratorów fazorów, przeprowadzających analizę stabilności sieci energetycznej. Wymagane byłoby wtedy zapewnienie synchronizacji rozproszonych urządzeń za pomocą sygnału GPS lub protokołu PTP.

5.5. Standard PN-EN 61850

Nieodzowny staje się wymóg integracji analizatorów JEE w ramach SAS, Należy w tym zakresie wykorzystać standard PN-EN 61850, zwłaszcza, że w części 7-4 tego standardu [13], w punkcie 5.12 zdefiniowane są węzły logiczne, dotyczące jakości energii.

6. WNIOSEK

Obecny rozwój i wzrost znaczenia nie tylko pojedynczych instalacji, ale także całościowych systemów oceny jakości energii, jest związany z coraz szerszym wprowadzaniem technologii SMART GRID.

Celowe byłoby utworzenie w Polsce akredytowanego laboratorium, które by przeprowadzało odnośne badania i potwierdzało właściwości przyrządów klasy A.

Od analizatorów JEE oczekuje się coraz lepszych charakterystyk pomiarowych i wielokierunkowej transmisji danych. Urządzenia te łączą w sobie cechy wysokiej klasy urządzeń pomiarowych i rejestratorów zakłóceń.

Uzasadnione jest wprowadzanie do JEE takich funkcjonalności jak wielokanałowe synchroniczne moduły pomiarowe, wyznaczanie synchrofazorów i komunikacja w standardzie PN-EN 61850.

7. BIBLIOGRAFIA

1. C.Stanescu, P.Postolache, J.Widmir „The Romanian TDO's Power Quality Monitoring System and Smart Grids Component”, C4-101, CIGRE 2012.

2. Szczepański T., Rączka J., „Monitoring i analiza jakości energii elektrycznej w systemie przesyłowym”, *Elektroenergetyka*, nr 1-2/2012
3. PN-EN 50160:2010 „Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych”.
4. PN-EN 61000-4-30:2011 “Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Część 4-30: Metody badań i pomiarów -- Metody pomiaru jakości energii”.
5. Rozporządzenie Ministra Gospodarki „W sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego”, z dnia 4 maja 2007.
6. PN-EN 61400-21:2009, „Pomiar i ocena parametrów jakości energii dostarczanej przez turbospoły wiatrowe przyłączone do sieci elektroenergetycznej”, PKN.
7. “Analizatory Jakości Energii”, Standardowe Specyfikacje Techniczne, PSE Operator, maj 2011,
8. PN-EN 62053-22:2006, “Urządzenia do pomiarów energii elektrycznej prądu przemiennego. Wymagania szczegółowe, część 22: liczniki statyczne energii czynnej klas 0.2S i 0.5S”, PKN.
9. PN-EN 45011:2000, “Wymagania ogólne dotyczące jednostek prowadzących systemy certyfikacji wyrobów”, PKN
10. IEC 62586-1 „Power Quality Measurements in Power Supply Systems, Part 1: Power Quality Instruments”, IEC official draft, 2012.
11. IEC 62586-2 „Power Quality Measurements in Power Supply Systems, Part 2: Functional Tests and Uncertainty Requirements”, IEC official draft, 2012.
12. Gil W., “Syndis PQ, a jakość energii elektrycznej w spółkach przesyłowych i dystrybucyjnych”, „Pomiary Automatykacja Kontrola”, wrzesień 2012
13. IEC 61850-7-4:2010(E), „Communication networks and systems for power utility automation – Part 7-4: Basic communication structure. Compatible logical node classes and data object classes.

APPLICATION OF DEVICES AND SYSTEMS DESIGNED TO POWER QUALITY MONITORING AND ASSESSMENT LOGIC – CONFERENCE PAPER

Key words: power quality assessment, class A, disturbances recording

The paper presents the problems associated with increasing demands on the equipment and systems for power quality assessment (JEE), installed at power substations. Difficulties are signaled due to current lack of standards defining the test methodology of measuring devices. The necessary device properties and the structure of a large system operating in real time designed to assess the JEE are described. The usefulness of multi-channel analyzers featured the identification and registration of transients is pointed out. The desirability of functionality extension and device integration with other station automation devices is also justified.