POZNAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY ACADEMIC JOURNALS
No 90 Electrical Engineering 2017

DOI 10.21008/j.1897-0737.2017.90.0005

Adam GUBAŃSKI*
Paweł KOSTYŁA*
Jacek REZMER*
Jarosław M. SZYMAŃDA*

WSKAŹNIKI OBSZAROWE OCENY JAKOŚCI ENERGII ELEKTRYCZNEJ W SYSTEMIE Z UDZIAŁEM GENERACJI ROZPROSZONEJ

W artykule przedstawiono propozycję oceny jakości energii elektrycznej w obszarze sieci w oparciu o wskaźniki syntetyczne. Prezentowane wyniki obejmują wybrane elementy badań podstawowych dotyczących oceny jakości energii w wykorzystaniem systemu monitorowania zainstalowanego w rzeczywistej sieci dystrybucyjnej. Prace były prowadzone w oparciu o synchroniczne pomiary w systemie elektroenergetycznym współpracującym z elektrowniami wodnymi o mocach rzędu 1 MW. Monitorowano systemy wytwórcze oraz linie WN 110 kV, SN 10/20 kV, a także punkty odbiorcze nN 0,4 kV. Analizy prowadzono wykorzystując synchronicznie rejestrowane wskaźniki agregowane w zintegrowanym systemie bazodanowym. Proponowane nowe wskaźniki syntetyczne, łączące wiele różnych wskaźników lokalnych, mogą stanowić uzupełnienie systemów monitorowania jakości w sieciach z udziałem generacji rozproszonej.

SŁOWA KLUCZOWE: system elektroenergetyczny, systemy rozproszone, jakość energii elektrycznej, wskaźniki obszarowe

1. WPROWADZENIE

Współczesne systemy elektroenergetyczne charakteryzują się dużym stopniem skomplikowania ich struktury wewnętrznej. Powodem tego stanu rzeczy jest ciągły rozwój technologiczny zarówno urządzeń do odbioru energii elektrycznej jak i urządzeń wytwórczych. W szczególności w ostatnich latach można zauważyć intensywny rozwój ekologicznych technologii wytwarzania energii, które stymulują rozwój generacji rozproszonej (*Distributed Generation*). W praktyce, skuteczne działanie systemu zasilania wymaga gromadzenia i analizowania dużej liczby informacji dotyczącej aktualnego stanu pracy sieci. Obecnie kluczowym wyzwaniem wydaje się opracowanie takich metod analizy

* Politechnika Wrocławska.

i prezentacji danych, aby umożliwić użytkownikowi sprawne i efektywne określanie kondycji systemu elektroenergetycznego w czasie rzeczywistym [1–3]. Jest to szczególnie ważne pod względem oceny jakości dostarczanej energii elektrycznej. Należy zwrócić uwagę, że energia elektryczna jest traktowana w relacji producent-konsument jak „towar" i stąd wynika konieczność zapewniania jej wysokiej jakości. Szczególnie wrażliwy na utratę lub pogorszenie parametrów jakości energii z powodu występujących stanów dynamicznych jest system elektroenergetyczny z udziałem generacji rozproszonej. W publikacjach ostatnich lat autorzy podejmują próby zainteresowania koncepcją syntetycznych wskaźników jakości napięcia. Motywacje takiego podejścia są różne. W pracy [3] autorzy dążą do utworzenia pojęcia klasy jakości, które mają ułatwić analizę porównawczą pomiędzy wybranymi elementami systemu elektroenergetycznego. W artykule proponuje się wykorzystanie do oceny jakości energii elektrycznej syntetycznych wskaźników jakości łączących wskaźniki rejestrowane lokalnie w wielu punktach pomiarowych. Łączenie różnych wskaźników może się odbywać zarówno w punktach sieci, jak też w wybranych obszarach systemu elektroenergetycznego. Weryfikację proponowanej metody oceny jakości energii prowadzono przy wykorzystaniu synchronicznych pomiarów w rzeczywistym systemie elektroenergetycznym współpracującym z elektrowniami wodnymi o mocach rzędu 1 MW. Monitorowano systemy wytwórcze oraz linie WN 110 kV, SN 10/20 kV, a także punkty odbiorcze nN 0,4 kV. Analizę przeprowadzono wykorzystując możliwość identyfikacji parametrów rejestrowanych synchronicznie od stycznia 2012 roku i agregowanych w systemie bazodanowym. Zaproponowane nowe wskaźniki syntetyczne łączące wiele różnych wskaźników lokalnie i w obszarze mogą także stanowić uzupełnienie analiz zaburzeń w systemach dla potrzeb sieci inteligentnych (*smart grid*).

2. WSPÓŁPRACA GENERACJI ROZPROSZONEJ Z SIECIĄ ELEKTROENERGETYCZNĄ – WSKAŹNIKI JAKOŚCIOWE

W publikacji [6] omówiono szeroko zarówno zagadnienia związane z generacją rozproszoną (*Distributed Generation*) jako aktywnie rozwijaną obecnie gałęzią energetyki, jak i parametry oceny jakości energii elektrycznej niezbędne do definiowania wskaźników dla systemu monitorowania jakości dostaw energii elektrycznej.

2.1. Generacja rozproszona

Współpraca generacji rozproszonej z siecią elektroenergetyczną obejmuje obecnie wszystkie zagadnienia ruchu i eksploatacji sieci oraz jej wpływu na warunki napięciowe, obciążalność torów prądowych, warunki zwarciowe, stabil-

ność systemową, a także sposoby regulacji mocy w sytuacji zmian częstotliwości [7–8]. Obecna definicja „generacji rozproszonej" oparta jest na raporcie CIGRE [6], zaś Polskie Prawo Energetyczne [9] sprowadza to pojęcie do maksymalnej mocy źródła, które w przypadku odnawialnych źródeł energii jest jednostką wytwórczą zwolnioną z opłat koncesyjnych (do 5 MW). Warto podkreślić, że zaproponowano także podział generacji rozproszonej ze względu na kryterium mocy na: mikrogenerację (1 kW–5 kW), małą generację (5 kW–5 MW), średnią generację (5 MW–50 MW) oraz dużą generację (50 MW–150 MW). Ponadto, wyszczególnienie poszczególnych technologii wykorzystywanych w rozwiązaniach generacji rozproszonej, pozwala również na klasyfikację tego typu jednostek wytwórczych w systemie elektroenergetycznym [8]. Należy zwrócić uwagę na to, że poza rozwiązaniami opartymi na spalaniu paliw konwencjonalnych czy biogazów ekologicznych, generacja rozproszona wykorzystuje w dużej mierze źródła odnawialne oparte o energię wiatru, wody i słońca. Klasycznym przykładem generacji rozproszonej są tzw. małe elektrownie wodne (MEW). W Polsce dla obiektów hydroenergetyki MEW określono graniczną moc zainstalowaną na poziomie 5 MW, wprowadzając dodatkową klasyfikację na: mikroenergetykę – dla mocy do 70 kW, makroenergetykę – dla mocy do 100 kW oraz małą energetykę – dla mocy do 5 MW. Wykorzystywany system monitorowania jakości energii elektrycznej SMJEE zainstalowany jest w obiektach generacji rozproszonej w postaci małych elektrowni wodnych MEW o mocy do 1 MW.

2.2. Wskaźniki oceny jakości dostaw energii elektrycznej

Współczesne zagadnienia jakości energii elektrycznej oscylują wokół następujących zagadnień: stabilności pracy systemu, zagrożeń dla bezpiecznej pracy odbiorników i elementów sieci elektroenergetycznych, liberalizacji rynku energii, relacji odbiorca i dostawca energii. W ujęciu technicznym zakres tematyki jakości energii mieści się przede wszystkim w problematyce kompatybilności elektromagnetycznej (EMC–*Electromagnetic Compatibility*). Prace normalizacyjne IEC (*International Electrotechnical Commission*) klasyfikują zagadnienia jakości energii w kategorii zaburzeń kompatybilności elektromagnetycznej o niskiej częstotliwości tj. do 9 kHz. Mają one charakter głównie zaburzeń przewodzonych na skutek sprzężenia pomiędzy obwodami źródła zaburzenia i obiektu zakłócanego (sprzężenia galwaniczne, pojemnościowe i indukcyjne). W odróżnieniu od zaburzeń przewodzonych zaburzenia promieniowane docierają do obiektu w postaci fali elektromagnetycznej, która może spowodować indukowanie w obwodach zakłócanego obiektu sygnału stanowiącego zagrożenie jego pracy. Wyindukowane napięcia i prądy zaburzenia są zjawiskiem wtórnym, wywołane ekspozycją obiektu zakłócanego polem elektromagnetycznym, pocho-

dzącym od pierwotnego źródła zakłóceń. Tego typu zakłócenia są bliższe zagadnieniom kompatybilności elektromagnetycznej i dotyczą zaburzeń wysokiej częstotliwości. W artykule [5] w formie tabelarycznej przedstawiono ogólne klasy zaburzeń EMC oraz typowe parametry zakłóceń jakości energii i ich kategoryzację ze względu na czas trwania. Należy zwrócić uwagę, że współczesny monitoring jakości energii wpisuje się w szerszą strategię monitoringu jakości dostaw energii elektrycznej, w której wyróżnia się trzy aspekty: handlowy, ciągłości dostaw oraz jakości energii, z których jakość energii (napięcia) jest najbardziej technicznym z przywoływanych tu wymiarów jakości dostaw energii, określonym przez zbiór parametrów technicznych zapewniających prawidłową pracę urządzeń. Przyjęta powszechnie norma PN–EN 50160 parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych uznaje za podstawę oceny jakości energii. Do zbioru tych parametrów należą: częstotliwość, poziom napięcia i jego zmienność, nagłe spadki napięcia, okresowe lub przejściowe zwyżki napięcia, wyższe harmoniczne napięcia oraz wahania napięcia. Techniki pomiarowe i obliczeniowe stosowane obecnie w klasycznej ocenie jakości energii elektrycznej oraz wybrane normy mające bezpośredni lub pośredni wpływ na ocenę jakości energii źródeł ujęte są między innymi w: PN–EN 61000–2–2, PN–EN 61000–2–4, PN–EN 61000–3–2, PN–EN 61000–3–12, PN–EN 61000–3–3, PN–EN 61000–3–11, IEC/TR 61000–3–15, PN–EN 61800–3:2008, PN–EN 50160, PN–EN 50438. Do grupy ocenianych parametrów zaliczamy obecnie: częstotliwość zasilania, zmiany częstotliwości, zmiany amplitudy napięcia, powolne zmiany napięcia, poziom napięcia, wahania napięcia, wskaźnik migotania światła, nagłe zmiany napięcia, niesymetria (asymetria), harmoniczne, interharmoniczne, subharmoniczne, składowa stała, zdarzenia napięciowe (zapady, krótkie przerwy, długie przerwy, wzrost, szybkie stany przejściowe, oscylacyjne, impulsowe, załamanie komutacyjne). Wymienione powyższe grupy parametrów stanowią bazę do konstruowania wskaźników lokalnych jakości dostaw energii elektrycznej w zależności od potrzeb operatora systemu.

3. SYNTETYCZNE WSKAŹNIKI JAKOŚCI

Mając do dyspozycji zarejestrowane synchronicznie dane w systemie monitorowania jakości energii elektrycznej w wielu punktach sieci elektroenergetycznej, można poprzez odpowiednie skalowanie i łączenie wskaźników, utworzyć wskaźniki syntetyczne w puntach (wskaźniki globalne) oraz w obszarach sieci (wskaźniki obszarowe). Dodatkowo wizualizacja syntetycznych wskaźników jakości energii może stanowić dla operatora systemu źródło informacji o aktualnym stanie pracy sieci oraz umożliwiać predykcję wystąpienia zaburzeń w oparciu o obserwowane zmiany wskaźników w czasie.

3.1. Normowanie wartości parametrów napięcia w konstruowaniu syntetycznych wskaźników jakości

W praktyce analizy jakości napięcia ma się do czynienia z „obiektem", który jest charakteryzowany przez wiele parametrów. Typowy analizator jakości energii rejestruje kilkadziesiąt wskaźników w jednym punkcie pomiarowym. Zazwyczaj wartości parametrów wyrażone są w różnych jednostkach miary, co uniemożliwia ich bezpośrednie porównanie, a nawet, gdy pewne parametry wyrażone są tymi samymi jednostkami miary, ich bezpośrednie porównanie może nie być możliwe z uwagi na różne wartości oczekiwane dla każdej z cech. Do porównywania jakości różnych „obiektów" lub do oceny zmian jakościowych tego samego „obiektu" w czasie, istnieje potrzeba zagregowania wartości wielu parametrów „obiektu" za pomocą jednego wskaźnika. Jednym z podstawowych problemów przy konstruowaniu syntetycznych wskaźników jakości jest sprowadzenie wartości parametrów obiektu wyrażonych w różnych jednostkach miar do takiej samej skali względnej. Postuluje się aby syntetyczny wskaźnik opisywał jakość energii za pomocą jednej liczby pochodzącej z przedziału zmienności <0;1>, gdzie 0 oznacza pełną zgodność wartości parametrów napięcia z wymaganiami jakości (jakość idealna), zaś 1 zupełny brak zgodności. Wartości pośrednie oznaczają częściową zgodność z wymaganiami, tym większą im wskaźnik syntetyczny ma wartość bliższą 0.

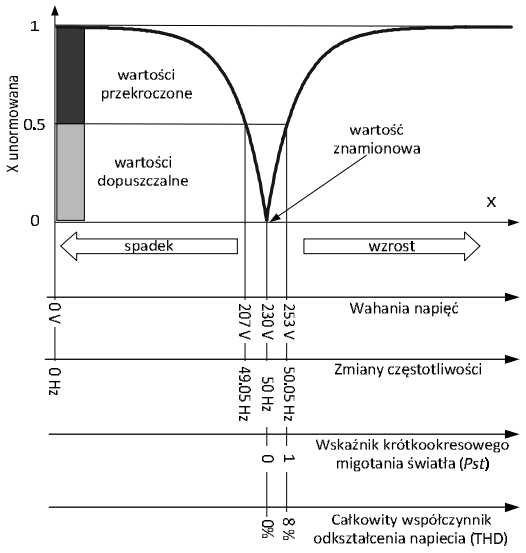
Proponuje się wykładnicze skalowanie wskaźników jakości energii zgodnie z zależnością (1):

$$\hat{x}_i = 1 - \exp\left(\frac{\ln(1-\Delta X) \cdot \left| (X_Z - x_i 0 \right|}{X_0} \right) \tag{1}$$

gdzie: $\hat{x}_i$ – unormowana wartość *i*–tego elementu parametru X, x_i – wartość *i*–tego elementu parametru X przed unormowaniem, X_Z – wartość idealna parametru X (np. wartość znamionowa napięcia), X_Z – dopuszczalne odchylenie od wartości idealnej parametru X (np. dopuszczalne odchylenie wartości skutecznej napięcia od normy), ΔX – względne odchylenie od wartości granicznej rozdzielającej przedział wartości unormowanych na dopuszczalne i przekroczenia (np.: 0.5 w przedziale <0;1>).

Skalowanie rejestrowanych lokalnych wskaźników jakości napięcia według zależności (1) zapewnia postulowaną zmienność wszystkich wskaźników w przedziale liczbowym <0;1>, przy czym wartość dokładna (znamionowa) przyjmuje wartość 0. Wybrano wartość graniczną 0.5, która rozdziela przedział <0;1> na wartości dopuszczalne <0;0.5> oraz przekraczające wartości dopuszczalne (0.5;1>. Tak przyjęta zależność skalująca ma dodatkowe zalety. Ciekawą właściwością funkcji skalującej jest asymptota pozioma równa 1, dzięki której żadne wartości po unitaryzacji nie przekroczą 1, ale będą mogły być dowolnie

bliskie jedności. Dzięki temu skalowanie zmniejszy wpływ zbyt dużych przekroczeń np. błędnych rejestracji. Inna własność skalowania dotyczy tzw. „efektu lupy" dla wartości bliskich granicznym. Nieliniowy charakter skalowania powoduję, że nawet zmiany parametrów na granicy wartości dopuszczalnych będą uwydatnione. Ma to szczególne znaczenie w przypadkach gdy analizuje się zmienność wskaźników jakościowych w czasie w celu określenia zmian jakości obserwowanych punktów lub obszarów. Na rysunku 1 przedstawiono zasadę skalowania wybranych wskaźników zgodnie z zależnością (1). Na wykresie oznaczono przyjętą wartość graniczną w przedziale <0;1> równą 0.5 oraz oznaczono przedziały dopuszczalne oraz przekroczenia wskaźników. Należy zaznaczyć, że wartości graniczne dla poszczególnych wskaźników jakości regulują normy, jednak prowadząc analizy jakości napięcia wartości te nie muszą być obligatoryjne. W przypadkach gdy analizy mają na celu obserwowanie zmian w czasie, należy wybierać wartości graniczne bliskie aktualnie osiąganym przez poszczególne wskaźniki.



Rys. 1. Przykład zasad skalowania wybranych wskaźników oceny jakości energii

3.2. Wskaźniki syntetyczne – łączenie wskaźników w punkcie pomiarowym i w obszarze sieci

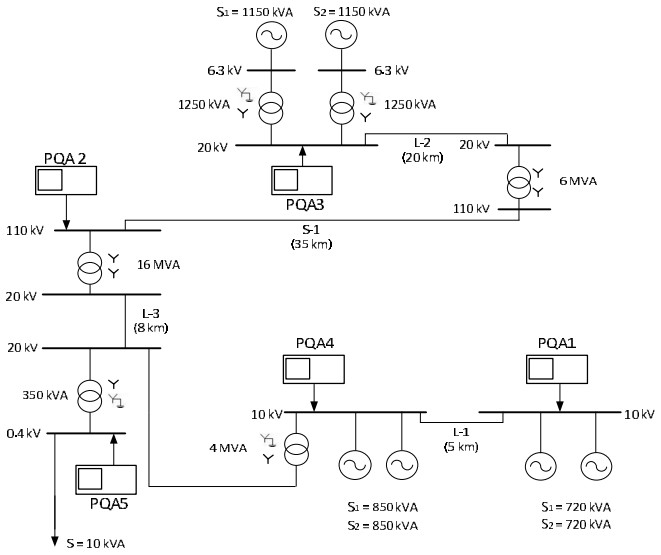
Dzięki skalowaniu parametrów napięcia możliwe jest łączenie różnych wskaźników rejestrowanych w punktach pomiarowych. Dzięki temu otrzymuje się jeden wskaźnik syntetyczny opisujący jakość energii w punkcie lub w obszarze sieci. Proponowane łączenie wskaźników wykorzystuje metodę graficzną

opartą na tzw. wykresach radarowych. Wykres radarowy jest sposobem prezentacji wartości wielu zmiennych na wykresie dwuwymiarowym, przy czym każde ramię wykresu przedstawia inną zmienną. Wartości danych naniesione na każde ramię połączone ze sobą linią tworzą wielokąt. Każdy wielokąt reprezentuje pojedynczy pomiar jakości w czasie. Jako łączony wskaźnik oceny jakości w punkcie pomiarowym (wskaźnik globalny) przyjęto sumę pól powierzchni definiowanych jako pola przekroczeń Są to pola trójkątów lub czworoboków jakie powstają w wyniku przecięć dwóch wieloboków, tj. figury opisującej wartości graniczne (0.5) i figury opisującej skalowane wskaźniki jakości dla pojedynczego pomiaru. Na rysunku 3 pokazano metodę wyznaczenia wskaźnika syntetycznego dla wybranych wskaźników rejestrowanych w jednym punkcie pomiarowym. Są to wartości częstotliwości i napięć fazowych, udziały trzeciej i piątej harmonicznej, współczynnik zniekształcenia i współczynnik migotania. Wynikiem przekroczenia wartości dopuszczalnych przez dowolny wskaźnik jest niezerowa wartość pola przekroczeń. Metoda umożliwia skonstruowanie osobnych wskaźników syntetycznych dla dowolnej liczby parametrów napięcia i założonych wartości granicznych. Analogicznie konstruowany jest syntetyczny wskaźnik jakości energii obejmujący wiele punktów pomiarowych (wskaźnik obszarowy). Warunkiem niezbędnym jest dostęp do danych rejestrowanych synchronicznie w wybranym obszarze sieci. Na rysunku 4 przedstawiono przykładowy wykres radarowy skonstruowany dla syntetycznego wskaźnika obszarowego śledzącego zmiany współczynnika zniekształceń i migotania światła w czterech punktach pomiarowych. Suma pól trójkątów lub czworoboków jakie powstają w wyniku przecięć wieloboków (wartości granicznych i opisujących aktualne mierzonych wskaźników) określa jakość energii w wybranym obszarze sieci.

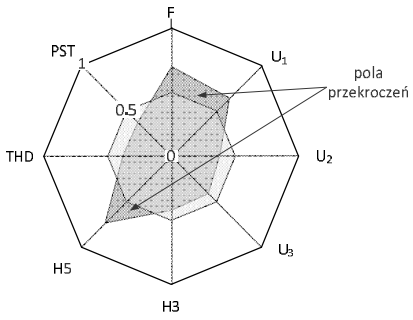
4. OPIS SYSTEMU POMIAROWEGO

Artykuł nawiązuje do przedstawionego w publikacji [5] stanowiska badawczego wraz infrastrukturą teleinformatyczną zlokalizowanego na terenie Politechniki Wrocławskiej oraz w stacjach elektroenergetycznych operatora regionalnego. Kompleksowy system rejestracji, archiwizacji i przetwarzania danych oparty jest na zsynchronizowanych czasowo analizatorach jakości. Fragment sieci elektroenergetycznej zawierający źródła rozproszone, objęty jest logistyką identyfikacji zdarzeń awaryjnych oraz śledzeniem parametrów jakości energii. Monitoring dotyczy wytwórców energii oraz znaczących, bliskich węzłów sieci dystrybucyjnej. Obszar obejmuje elektrownie wodne o mocach rzędu 1MW, linię WN 110 kV oraz odbiorców po stronie nN. W wybranym obszarze pracują elektrownie wodne w punktach pomiarowych: PQA1, PQA3 i PQA4. Monitorowane są także punkty: PQA2 na promieniowym ciągu linii WN S–1 oraz punkt PQA5 po stronie nN. Na rysunku 2 przedstawiono schemat lokalizacji punktów pomiarowych w sieciach WN, SN i nN: PQA1: SN 10 kV, pole

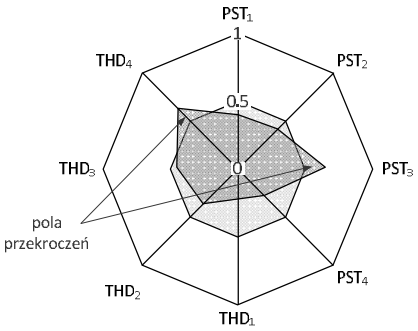
liniowe L–1,PQA2: WN 110 kV, pole liniowe S–1,PQA3: SN 20 kV, pole liniowe L–2, PQA4: SN 20 kV, pole liniowe L–3, PQA5: nN 0.4 kV, stacja PT 20/0.4 kV w ciągu liniowym L–3.



Rys. 2. Fragment sieci dystrybucyjnej z udziałem generacji rozproszonej objęty monitoringiem



Rys. 3. Łączenie różnych wskaźników jakości rejestrowanych w jednym w punkcie pomiarowym



Rys. 4. Łączenie różnych wskaźników jakości rejestrowanych w wielu punktach pomiarowych

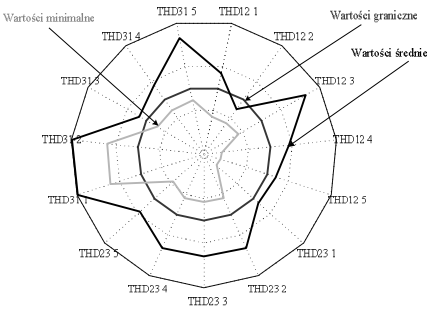
5. REJESTRACJA SYNCHRONICZNA PARAMETRÓW

W bazie danych, która agreguje dane rejestrowane przez analizatory umieszczone w monitorowanych obiektach systemu elektroenergetycznego, zapisywane są wskaźniki jakościowe oraz zdarzenia przekraczające normy oraz związane

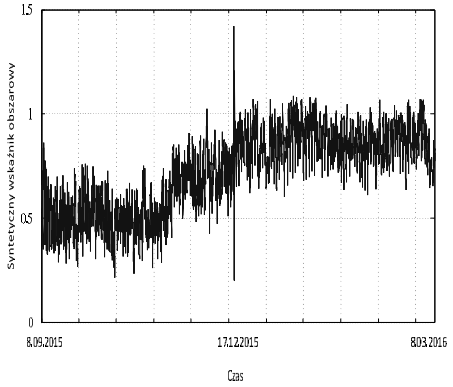
z nimi przebiegi wartości chwilowych wszystkich napięć i prądów. Baza danych powala na wybranie parametrów do badań jakości w punktach i w obszarze wybranego wycinka systemu. Opracowany algorytm współpracujący z bazą danych pozwala na wybór okresu analizy, liczby analizowanych punktów pomiarowych oraz liczby i typu wskaźników jakości napięcia. Dzięki synchronizacji czasowej danych pomiarowych prowadzona jest dalsza analiza jakościowa w obszarze objętym monitorowaniem.

6. BADANIA JAKOŚCI ENERGII

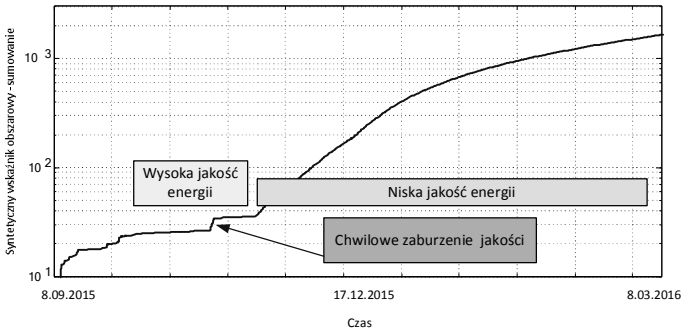
W oparciu o dane rejestrowane w rzeczywistym systemie elektroenergetycznym z udziałem generacji rozproszonej przeprowadzono badania jakości energii elektrycznej wykorzystując opracowane wskaźniki syntetyczne. Przykładem może być analiza zniekształceń napięcia w badanym obszarze sieci na podstawie rejestrowanych wskaźników THD. Wszystkie przekroczenia wartości dopuszczalnych generowały niezerowe wartości tego wskaźnika. Skonstruowano syntetyczny wskaźnik obszarowy oparty na wykresie radarowym pokazanym na rysunku 5. Wartości graniczne przyjęto zgodne z normą PN–EN 50160. Na wykresie oprócz wartości granicznych, które po unormowaniu przyjmują wartość 0,5 zaznaczono minimalne i średnie wartości skalowanych w przedziale <0;1> współczynników THD. Na rysunku 6 przedstawiono przebieg zmian syntetycznego wskaźnika jakość w okresie 6 miesięcy. Ocena dotyczy monitorowanego obszaru sieci. Można zauważyć, że zmiana wartości wskaźnika wskazuje na znaczne pogorszenie jakości napięć w analizowanym obszarze. Inny sposób obserwacji zmian wskaźników syntetycznych pokazano na rysunku 7. W skali logarytmicznej przedstawiono dynamikę wzrostu pól przekroczeń. Na wykresie można wyszczególnić obszary bez wzrostu wartości wskaźnika świadczące o braku przekroczeń wartości granicznych, czyli dopuszczalnej (wysokiej) jakości energii, skokowe zmiany, które są wynikiem chwilowych, przemijających zaburzeń jakości oraz obszary ciągłego wzrostu informujące o permanentnym przekraczaniu przez parametry napięcia wymaganych norm jakościowych. Innym przykładem jest analiza niesymetrii w obszarze sieci, gdzie wskaźnik syntetyczny oparto na pomiarach współczynników niesymetrii w kilku punktach systemu elektroenergetycznego. Na rysunkach 8–10 analogicznie jak w poprzednim przykładzie przedstawiono konstrukcję wskaźnika syntetycznego, zmian tego wskaźnika w okresie analizy i dynamiki zmian, która pozwala określić dodatkowe charakterystyki badanego obszaru sieci. Przebieg łączonego wskaźnika (rys. 9) wykazuje pogorszenie jakości napięcia w monitorowanym obszarze sieci. Ciągły wzrost wskaźnika na wykresie (rys. 10) informuje o utrzymywaniu się przekroczeń.



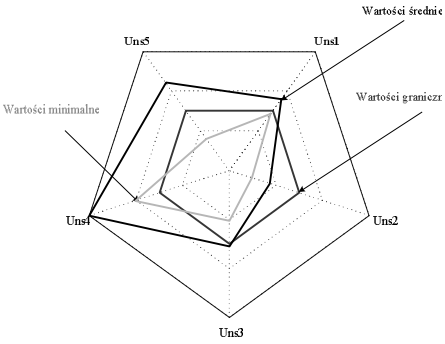
Rys. 5. Łączenie skalowanych wskaźników THD w puntach i w obszarze sieci



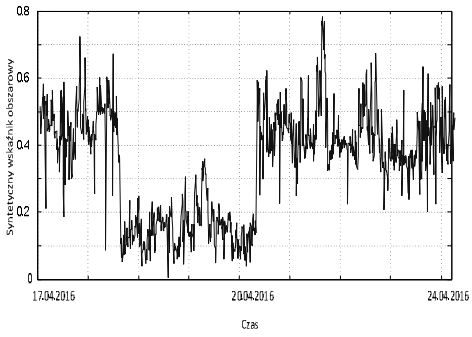
Rys. 6. Zmiana syntetycznego wskaźnika opartego na pomiarach THD (pola przekroczeń) w okresie 6 miesięcy



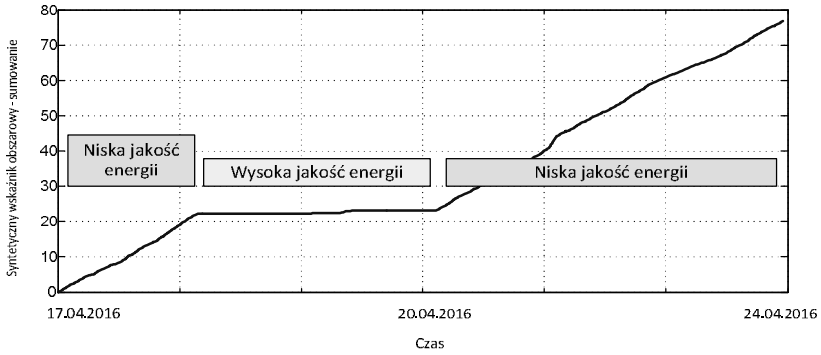
Rys. 7. Dynamika wzrostu wskaźnika syntetycznego opartego na pomiarach THD w badanym obszarze sieci w okresie 6 miesięcy



Rys. 8. Łączenie skalowanych wskaźników UUNS w obszarze sieci



Rys. 9. Zmiana syntetycznego wskaźnika opartego na pomiarach UUNS (pola przekroczeń) w okresie 7 dni



Rys. 10. Dynamika wzrostu wskaźnika syntetycznego opartego na pomiarach UUNS w badanym obszarze sieci w okresie 7 dni

7. WNIOSKI

W artykule przedstawiono propozycję oceny jakości energii elektrycznej w oparciu o syntetyczne wskaźniki określane jako globalne, gdy są konstruowane w jednym punkcie pomiarowym oraz syntetyczne wskaźniki obszarowe konstruowane na podstawie rejestracji w wielu punktach pomiarowych systemu elektroenergetycznego. Weryfikację proponowanej koncepcji prowadzono w oparciu o pomiary wykonywane w rzeczywistej sieci dystrybucyjnej zawierającej źródła rozproszone. Systemem monitorowania i akwizycji danych objętych było pięć punktów zlokalizowanych w obszarze obejmującym elektrownie wodne oraz linie WN 110 kV, SN 10/20 kV oraz odbiorcę nN 0,4 kV. Zaproponowane wskaźniki globalne i obszarowe łączące wiele różnych wskaźników jakości opisanych w normie, mogą stanowić uzupełnienie analiz zaburzeń zachodzących systemach generacji rozporoszonej.

LITERATURA

[1] Masoum, M.A.S., Jamali, S., Ghaffarzadeh, N., Detection and classification of power quality disturbances using discrete wavelet transform and wavelet networks, IET Science Measurement & Technology, Vol. 4, No. 4, Jul., 2010, pp. 193–205.

[2] Grzegorz Grela: Normowanie wartości właściwości inherentnych w konstruowaniu syntetycznych wskaźników jakości, Annales Universitatis Maria E Curie–Skłodowska, Lublin – Polonia, Vol. XIV, Sectio H, 2011.

[3] Zbigniew Hanzelka, Andrzej Firlit, Grzegorz Błajszczak: Syntetyczne miary jakości napięcia Automatyka, Elektryka, Zakłócenia, Vol. 3, Nr 4 (10) 2012.

[4] Yonghai Xu,Lei Chen, Xiangning Xiao: Synthetic quantitative assessment of power quality in competition market environment, 2005 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference & Exhibition: Asia and Pacific, Dalian, China.

[5] Gubański A., Kostyła P., Rezmer J., Szymańda J.M.: Logistyka identyfikacji i lokalizacji zdarzeń awaryjnych w systemie elektroenergetycznym, Poznan University of Technology Academic Journals, Electrical Engineering, No. 86, Poland, 2016, str.: 21–31 : ISSN: 1897–0737.
[6] CIGRE: Task Force C6.04.01: Connection criteria at the distribution network for distributed generation, Brochure 313, February 2007.
[7] Dugan R.C., Walling R.A. et al: Summary of Distributed Resources Impact on Power Delivery Systems, IEEE Transactions on power delivery, vol. 23, no 3, 2008.
[8] Ustawa o odnawialnych źródłach energii z dnia 20 lutego 2015 r. (jednolity tekst ustawy – Dz. U. z dnia 3.04.2015r., poz. 478) oraz ustawa z dnia 22 czerwca 2016 r. o zmianie ustawy o odnawialnych źródłach energii oraz niektórych innych ustaw. Dziennik Ustaw, rok: 2016, pozycja: 925.
[9] Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. – Prawo energetyczne (Dz. U. z 1997, nr 54, poz. 348) z późniejszymi zmianami (jednolity tekst ustawy – Dz. U. 2006 nr 89 poz. 625, oraz ostatnie zmiany: Dz. U. z 2007 r. Nr 21, poz. 124, Dz. U. z 2007 r. Nr 52, poz. 343, Dz. U. z 2007r. Nr 115, poz. 790, Dz. U. z 2007 r. Nr 130, poz. 905).

AREA RELATED OF POWER QUALITY INDEX IN POWER SYSTEM WITH DISTRIBUTED GENERATION

The article presents a proposal to achieve the area related of power quality index and global index in power system with distributed generation. In this paper the identification and distribution of events registered in the power stations with distributed generation are presented. The results contain selected elements of basic research on the evaluation of the energy quality monitoring system in the scattered distribution networks. The area of this research includes hydroelectric plants, each delivering power of the order of 1 MW through 110 kV high voltage and 10/20 kV medium voltage power lines, respectively, as well as a 0.4 kV low voltage end user. From the data obtained, it has been determined that it is possible to quickly identify synchronous events. The proposed global and area indices along with their two– and three–dimensional visualization, combining a number of different local indices, can supplement the analysis of disturbances in the network of intelligent systems. This form of presenting the state of the system in a given area can be helpful when making a specific decision by the switching network operator.

(Received: 27. 01. 2017, revised: 15. 02. 2017)