

Jakość energii w warunkach rynku energii

Autor: prof. Zbigniew Hanzelka, pracownikiem Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie

(Biuletyn URE 5/2003)

Wprowadzenie

Jakość energii elektrycznej staje się jednym z najważniejszych problemów współczesnej elektrotechniki. Istnieją racjonalne przyczyny uzasadniające występowanie właśnie obecnie tak ogromnego zainteresowania tą tematyką. Należą do nich przede wszystkim:

- (a) rosnąca świadomość, że energia elektryczna jest towarem** i to, co nazywamy jakością energii, jest w swej istocie określeniem cech oferowanego towaru, sprecyzowaniem jego wartości użytkowej. W odniesieniu do energii elektrycznej można sformułować kilka określeń przesądzających o sposobie jej traktowania w zagadnieniach jakości energii. Energia elektryczna: (i) jest towarem, (ii) który jest sprzedawany (iii) klientowi spodzie-wającemu się, że otrzymuje dobry produkt (iv) w formie odpowiadającej jego potrzebom, charakteryzowanej zbiorem wyróżnionych właściwości (v) które, jeżeli są złej jakości, to mogą zagrażać własności użytkownika, jego stanowi posiadania lub nawet zdrowiu.
- (b) wzrost liczby i mocy jednostkowej niespokojnych, nieliniowych, niekiedy również niesymetrycznych odbiorników.** Istnieje coraz większa liczba technologii będących potencjalnym źródłem zaburzeń elektromagnetycznych (napędy o regulowanej prędkości, kompensatory statyczne – SVC, systemy przesyłu energii prądem stałym – HVDC, piece łukowe prądu stałego i przemiennego, układy ładowania akumulatorów dla potrzeb motoryzacji itp.). Sieć 50 Hz-wa jest w coraz większym stopniu traktowana jako źródło energii pierwotnej. Pomiędzy nią a odbiorami finalnymi instalowane są układy przetwarzania tej energii w inne, bardziej użyteczne formy¹⁾. W następstwie rozwoju technologii elementów półprzewodnikowych dużej mocy oraz rewolucji mikroprocesorowej umożliwiającej realizację coraz bardziej wyrafinowanych algorytmów sterowania, wszechobecna staje się energoelektronika. Korzyści wynikające z jej rozwoju są jednakże często okupione wzrostem zaburzeń wprowadzanych do sieci zasilającej. Równocześnie energoelektronika, która była i nadal jest jednym z najbardziej dominujących źródeł zaburzeń niskiej częstotliwości, staje się coraz doskonalszym środkiem technicznym stosowanym do ich eliminacji. Można postawić tezę, że wzrost produkcji oraz rozwój coraz bardziej wyrafinowanych jej form nierozzerwalnie wiąże się ze wzrostem znaczenia zagadnień jakości energii.
- (c) zmniejszenie odporności odbiorników na zaburzenia elektromagnetyczne.** Współczesne odbiorniki są bardzo czułe na ten rodzaj oddziaływania. Coraz większa liczba odbiorców energii skarży się na złą jej jakość utrudniającą lub często wręcz uniemożliwiającą pracę tych urządzeń. Jako szczególnie czuły należy wymienić sprzęt informatyczny. Jego rozwój i redukcja gabarytów została w dużym stopniu okupiona obniżeniem odporności na zaburzenia. Jak łatwo obecnie zakłócić pracę urządzeń elektronicznych obrazuje wielkość energii niezbędnej do trwałego uszkodzenia elementów układu. Dla przekaźników i lamp elektronowych było to 10^{-3} Ws, dla tranzystorów jest to rząd 10^{-6} Ws, a dla układów scalonych już tylko 10^{-8} Ws [7]. Występujące obecnie dążenie do redukcji mocy zainstalowanej w urządzeniach, tym samym redukcji kosztów ich produkcji sprawia, że tranzystory mocy w wielu układach napędowych ulegają uszkodzeniu już przy napięciu chwilowym wynoszącym 110-130% znamionowej wartości szczytowej.
- (d) rosnący koszt awarii.** Dla wielu końcowych odbiorców energii jej jakość wiąże się nie tylko z jakością produkcji, lecz przede wszystkim z wielkością produkcji w określonym czasie, a w

konsekwencji – w przypadku przerwy w produkcji – z ogromnymi stratami. Ekonomiczne skutki zaburzeń elektromagnetycznych są wymierne i niekiedy bardzo wysokie. Ocenia się, że przekraczają one 1% światowego produktu brutto [11].

- (e) **wzrost efektywności przetwarzania energii.** Coraz popularniejsze stają się energooszczędne produkty oferowane w ramach programów DSM, np. energooszczędne w eksploatacji i materiałooszczędne na etapie produkcji silniki elektryczne, energooszczędne źródła światła itp. Mimo ich niewątpliwych zalet są one bardzo często źródłem zwiększonej emisji zaburzeń i produktami o zmniejszonym poziomie odporności, co można uznać za cenę poprawy efektywności przetwarzania energii. W coraz większej liczbie przypadków racjonalizacja i oszczędność zużycia energii elektrycznej wywołuje jako skutek wzrost problemów z jej jakością.

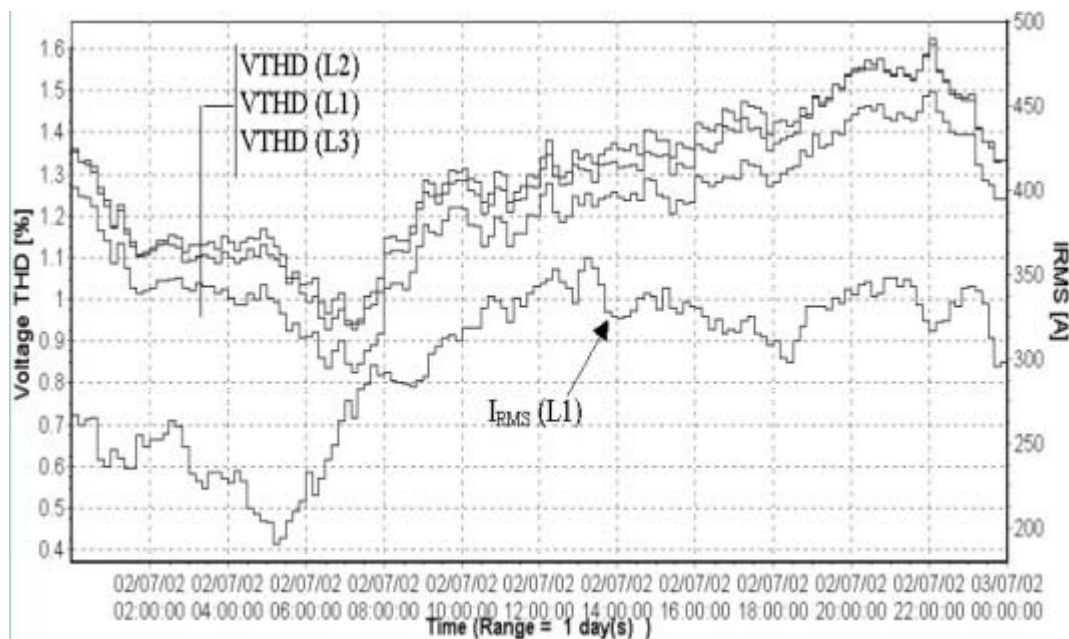
Rosnące wymagania dotyczące efektywności pracy systemu zasilającego jako całości powodują wzrost liczby technologii, które poprawiając jeden aspekt pracy systemu negatywnie wpływają na inne. Przykładem mogą być baterie kondensatorów do kompensacji mocy biernej, których obecność zmienia charakterystyki częstotliwościowe w punkcie ich przyłączenia do systemu zasilającego i wywołuje zjawiska rezonansowe dla coraz niższych częstotliwości (w miarę wzrostu mocy baterii). W energetyce zawodowej w uprzemysłowionych krajach świata maleje poziom nowych inwestycji. Istniejące systemy zasilające i urządzenia wytwórcze podlegają modernizacji polepszającej ich sprawności przetwarzania (transmisji i rozdziału) oraz cechy funkcjonalne. Pociąga to za sobą zwiększoną liczbę urządzeń energo- i elektronicznych. Urządzenia te w wielu przypadkach są źródłem znaczących zaburzeń elektromagnetycznych np. SVC.

- (f) **ekologia elektromagnetyczna.** Jakość energii to element większej całości – jakości życia. Promowane są obecnie wszelkie przedsięwzięcia służące zachowaniu „czystości” środowiska, także elektromagnetycznego. Równocześnie rośnie świadomość rangi technicznych i ekonomicznych problemów, jakie niesie ze sobą energia elektryczna złej jakości. Istnieje coraz powszechniejsze przekonanie, że te zagadnienia, a szerzej kompatybilność elektromagnetyczna to problem, którego nie można nie zauważać. Nie można czekać z jego rozwiązaniem, aż pojawią się negatywne skutki. Trzeba go analizować i rozwiązywać na każdym etapie technicznych działań. Wymiernym dowodem takiego rozumienia problemu jest w Polsce Prawo energetyczne i związane z nim rozporządzenia wykonawcze, w których zagadnienia jakości energii zostały zauważone.
- (g) **rozwój metod i środków technicznych służących do pomiaru** różnych, niekiedy bardzo złożonych w swej definicji wskaźników jakości energii. To, co jeszcze niedawno było niemierzalne, obecnie może podlegać rejestracji i być podstawą kontraktu. Sprzęt pomiarowy jest powszechnie dostępny, jego cena w coraz większym stopniu ulega redukcji, co sprawia, że praktycznie wszyscy uczestnicy rynkowej gry mają możliwość kontrolowania warunków zasilania.
- (h) **jakość energii to również duże pieniądze.** Produkcja i serwis urządzeń służących poprawie jakości energii to ogromny światowy rynek.
- (i) **restrukturyzacja sektora energetycznego** wytwarza nowe rynkowe postawy u uczestników. Jakość zasilania staje się w coraz większym stopniu kategorią marketingową. Równocześnie w nowo tworzonych warunkach nie do końca jest jeszcze oczywiste, kto i w jakim zakresie ma odpowiadać za poszczególne aspekty jakości zasilania. Interesy poszczególnych partnerów na rynku energii elektrycznej są odmienne, w wielu przypadkach wręcz sprzeczne. Jak pokazują doświadczenia innych krajów (np. Norwegia) deregulacja sektora energetycznego może spowodować pogorszenie jakości energii np. w efekcie lokalnej redukcji mocy zwarciowej. Jest to częściowo skutek rozdziału produkcji energii od jej przesyłu i dystrybucji. Elektrownie kierując się zasadami rynku przestały być odpowiedzialne za utrzymanie odpowiednich poziomów zwarciowych w systemie i podczas małego zapotrzebowania na energię w pierwszej kolejności wyłączane są te z pośród nich, w których koszty produkcji są wysokie, bez uwzględniania kryterium jakości zasilania.

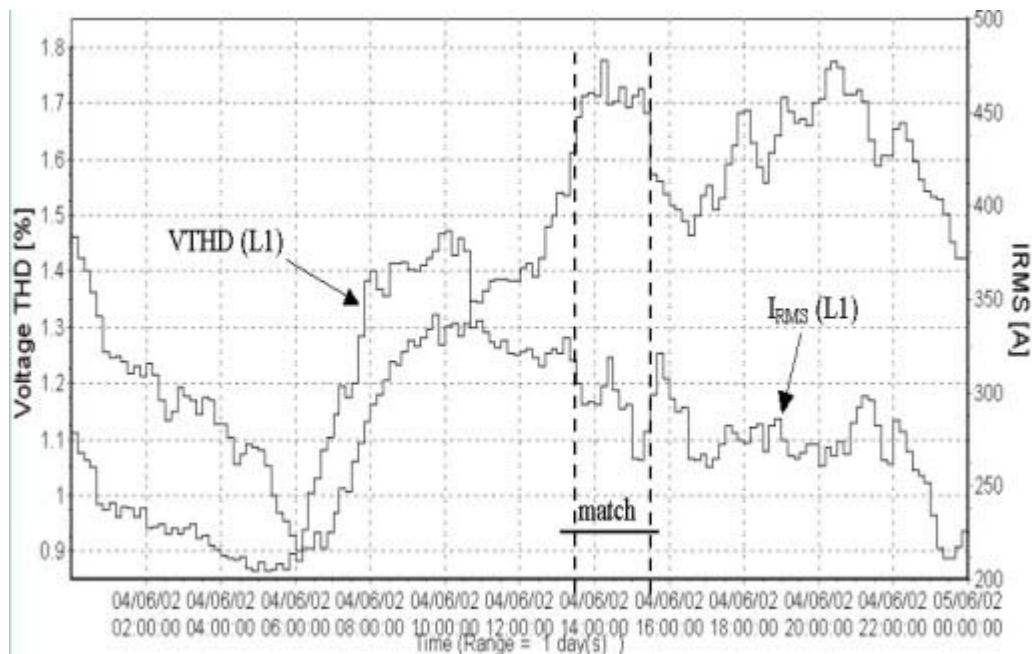
Odbiorca energii elektrycznej a jej jakość

1. Szczególną cechą energii elektrycznej jest uzależnienie jej jakości od odbiorcy finalnego. Badania wykazują, że w ogromnej większości przyczyna złej jakości energii ma swoje źródło u odbiorcy.
2. Nowym elementem w obecnej sytuacji jest fakt, że konsumentami energii o wysokich wymaganiach jakościowych są w coraz większym stopniu bardzo liczni odbiorcy małej mocy, w tym także komunalni. Stają się oni coraz bardziej widoczni w pozytywnym i negatywnym znaczeniu tego słowa. Przykładowo zaprezentowane na rysunkach 1 i 2 zarejestrowane przebiegi czasowe współczynnika odkształcenia napięcia THD pokazują, że odbiorniki w gospodarstwach domowych, szczególnie telewizory, powodują w porze największej oglądalności (około godz. 20:00) znaczący wzrost odkształcenia nawet na poziomie 110 kV.
3. W coraz większym stopniu odbiorca finalny posiada poczucie własnej silnej pozycji w relacji z dostawcą energii. Badania wykazują, że wymagania klienta, również w relacji do jakości, rosną wraz ze wzrostem ilości zakupionej energii. Są między innymi dwie tego przyczyny: (1) duży odbiorca to z reguły znaczące ekonomiczne konsekwencje zaburzeń oraz (2) większa opłata za energię to większe typowe poczucie „nadmiernej ceny przy niewspółmiernej jakości zakupionego towaru” [6].

Rysunek 1. Zmiana współczynnika odkształcenia napięcia THD na poziomie 110 kV podczas przykładowej doby roboczej (podczas doby świątecznej odkształcenie napięcia w porze szczytu wieczornego jest jeszcze bardziej widoczne)



Rysunek 2. Wzrost odkształcenia napięcia zarejestrowany na poziomie 110 kV podczas meczu piłkarskiego Polska-Korea na ostatnich piłkarskich mistrzostwach świata



4. Parametry dostarczonej energii podlegają w coraz większym stopniu standaryzacji, stając się formalną podstawą kontraktów na dostawę energii zawieranych pomiędzy stronami. Rozwijający się rynek energii i związana z tym konkurencja może sprawić, że klient stanie się w jeszcze większym stopniu niż obecnie wymagającym i swoje wymagania skieruje również w stronę jakości energii. Każdy duży odbiorca może wybierać swojego dostawcę między innymi na podstawie ceny i jakości obsługi. Wymaga to bardzo precyzyjnego zdefiniowania kryteriów jakości energii elektrycznej. Będą one podstawą zawieranych kontraktów na dostawę energii.
5. Stan wiedzy odbiorcy w zakresie jakości energii nie jest zbyt wysoki. Przez wielu zaburzenia elektromagnetyczne są postrzegane jako mityczne przypadki, które mogą być rozumiane i rozwiązywane tylko przez nielicznych specjalistów. Niesłusznie, są to bowiem zjawiska zgodne z prawami fizyki, które mogą być w większości przypadków rozwiązywane w oparciu o bardzo podstawową wiedzę inżynierską.
Inną postawę przyjmuje odbiorca przemysłowy. W przypadku zaistnienia takiej potrzeby zawsze może skorzystać z pomocy doradcy technicznego w zakresie np. wyboru środków zaradczych, uzgadniania wspólnych działań z energetyką, reprezentowania interesu przedsiębiorstwa itp. Ten mechanizm postępowania wykreował na rynku usług aktywność nowego, do niedawna nieobecnego partnera – konsultanta.
6. Odbiorca domaga się, aby sprzęt przez niego zakupiony działał prawidłowo i aby środowisko elektromagnetyczne nie wpływało na niego destrukcyjnie. Pożądaną cechą tego sprzętu jest również energooszczędność (w wielu przypadkach źródło zwiększonej emisji i obniżonego poziomu zaburzeń). Zależy mu również na tym, aby nie ponosił żadnych opłat karnych z tytułu przyłączenia sprzętu lub instalacji. Przy instalowaniu nowych urządzeń odbiorca powinien porównać ich odporność na dany rodzaj zaburzenia z jakością zasilania w punkcie planowanej instalacji. Informacje o czułości sprzętu może i powinien uzyskać od producenta (nie zawsze jest to łatwe). Źródłem informacji o jakości zasilania, najkorzystniej uzyskanych na podstawie pomiarów lub wiarygodnych metod analizy i/lub symulacji, powinien być dostawca.
7. Odbiorca działa najczęściej według pewnego schematu. Jeżeli występuje nieprawidłowość w pracy sprzętu lub instalacji, niekiedy trudna do wyjaśnienia, wówczas winą za ten fakt stara się obarczyć w pierwszej kolejności producenta lub dostawcę urządzenia, a w następnej dostawcę energii elektrycznej²⁾. Przyjmuje

wówczas często postawę agresywną wobec obydwu partnerów, których postrzega jako dostawcę wadliwego produktu – urządzenia lub energii elektrycznej. Faktem jest również to, że znacznie częściej dyskusję dotyczącą jakości energii inicjuje odbiorca, bowiem u niego występuje problem lub chce on od energetyki zawodowej uzyskać zgodę na przyłączenie swoich urządzeń. Jest to sytuacja niewłaściwa. Równocześnie odbiorca chętnie widziałby w energetyce przyjaznego doradcę i wykonawcę wielu usług związanych z jakością energii. Jeżeli energetyka zawodowa nie podejmie takich zadań, będzie tracić bardzo korzystny dla niej rynek na rzecz innych, nie zawsze kompetentnych konkurentów.

8. Odbiorca podlega ograniczeniom w zakresie dopuszczalnej emisji zaburzeń (normy, rozporządzenia itp.). Jego siła przetargowa w sporze z dostawcą rośnie wraz ze wzrostem ilości pobieranej energii. Kto bowiem obecnie podejmuje decyzję o karnym wyłączeniu huty, kopalni, dużego zakładu nawet w przypadku, gdy poziom emitowanych zaburzeń przekracza dopuszczalne wartości? Korzystną alternatywą jest uwzględnienie tego faktu w taryfach energii elektrycznej.
9. Z ekonomicznego i technicznego punktu widzenia, problemy złej jakości energii korzystnie jest rozwiązywać bezpośrednio u odbiorcy, tj. u źródła zaburzeń i jednocześnie elemencie systemu, który jest czuły na te zaburzenia. Nie jest uzasadniona budowa sieci zasilającej gwarantującej najwyższe parametry zasilania. Nie każdy odbiornik wymaga bowiem tak ostrych warunków. W niektórych przypadkach korzystniejsze jest zwiększenie odporności sprzętu na zaburzenia, bowiem takie działanie ma charakter selektywny, a dzięki temu oszczędny.
10. Będzie rosła z pewnością liczba odbiorców wymagających energii wysokiej i bardzo wysokiej jakości, za którą to jakość będą skłonni lub zmuszeni dużo płacić. Dotyczy to sektora bankowego, informatycznego, firm działających w obszarze high-tech (parki technologiczne, inteligentne budynki itp.), systemy zarządzania i bezpieczeństwa, lecz także lotniska, służba zdrowia, wojsko itp. Powstaje bardzo atrakcyjny (równocześnie bardzo wymagający) sektor rynku, w który warto inwestować.

Jednym z podstawowych działów gospodarki, który już dzisiaj nakręca koniunkturę, a będzie to czynił w jeszcze większym stopniu w przyszłości, jest telekomunikacja (usługi internetowe, komunikacja satelitarna, itp.), której wymagania dotyczące jakości zasilania drastycznie rosną w ostatnich latach (przykładowo – wymagany stopień dostępności zasilania osiągnął już poziom 0,9999999%³⁾, dopuszczalny roczny czas przerwy w zasilaniu wynosi 0,03 s⁴⁾ [1]). Można przypuszczać, że wartość czynionych tu inwestycji w dziedzinie zagwarantowania jakości zasilania, ze względu na ogromnie kosztowne skutki zaburzeń i już zaangażowane fundusze, będzie szczególna. Jest to równocześnie ten rodzaj świadomego zagrożenia odbiorcy, który może i chce zapłacić bardzo duże pieniądze za odpowiednią do jego oczekiwań jakość zasilania. Sytuacja jest w tym przypadku szczególna, bowiem rozwój sprzętu w tej dziedzinie pociąga za sobą zmniejszenie odporności urządzeń na zaburzenia (wzrasta współczynnik koncentracji mocy zainstalowanej w przeliczeniu na jednostkę powierzchni biurowej, zmniejszeniu uległa wartość napięcia pracy tych urządzeń, następuje redukcja ich wymiarów itp.).

Dostawca energii elektrycznej a jej jakość

Niecelowe, bo mało skuteczne jest promowanie energii elektrycznej jako towaru, gdyż dla jej odbiorców jest ona, wobec przeciętnego stanu wiedzy o naturze elektryczności, czystą abstrakcją. Energia elektryczna sama w sobie wyrażona w kWh jest dla jej nabywcy jedynie środkiem do realizacji celu i w swej fizycznej istocie nie reprezentuje dla niego żadnej wartości. Jest nią natomiast dla pewnej kategorii odbiorców posiadanie odpowiedniego komfortu i standardu życia (oświetlenie, stopień schłodzenia lub

nagrzania, wykonanie pracy itp.), a dla innych (odbiorców przemysłowych) jest podstawowym elementem realizacji produkcji. To spostrzeżenie jest w swej istocie podstawą programów DSM.

Dostawca energii elektrycznej w warunkach funkcjonującego rynku chce sprzedać jej możliwie jak najwięcej i nie chce mieć żadnych kłopotów z odbiorcami, również tych, które mogą być powodowane złą jakością oferowanego towaru – energii elektrycznej. Ze względów technicznych i ekonomicznych chce dostarczać energię w dziedzinie podstawowej harmonicznej starając się często przenieść odpowiedzialność za utrzymanie jakości energii na odbiorców (co z przyczyn technicznych nie zawsze jest możliwe). Stąd wynikają taryfowe wartości współczynnika mocy oraz ograniczenia wartości zaburzeń nakładane na odbiorców. Równocześnie oczywistym jest, że rynek energii elektrycznej zmienia dotychczasową relację pomiędzy dostawcą i odbiorcą energii. Kreuje postawę dystrybutora w znacznie większym stopniu zorientowaną na odbiorcę – klienta.

Energetyka zawodowa sama doświadcza skutki złej jakości energii (zarówno w zwiększonej awaryjności systemu zasilającego i własnych urządzeń, jak również w stratach z tytułu nie dostarczonej energii). Coraz częściej staje wobec wymagających, czułych na zaburzenia odbiorców, u których przez lata wytworzyło się przekonanie o ciągłości dostawy energii. Równocześnie ci sami odbiorcy emitują zaburzenia prowadząc w konsekwencji do degradacji jakości energii.

Można przypuszczać, że w wielu przypadkach odbiorcy uzyskują na podstawie wprowadzanych przepisów i norm prawo do negocjowania jej ceny z tytułu niedotrzymania standardów jakościowych. Jakość i niezawodność zasilania staje się w coraz większym stopniu obowiązkiem dostawcy energii. W każdym przypadku podejmowane są działania naprawcze, będące kompromisem pomiędzy poziomem jakości energii a możliwościami finansowymi jej dostawcy. Zastosowanie bardzo wysokich standardów zasilania wymaga bardzo drogiej inwestycji. Gdzieś musi być kompromis, ale w tym celu trzeba wiedzieć, jakie są oczekiwania jakościowe i poziom akceptacji cenowej klientów. Już obecnie w wielu krajach (np. [6], program ESCOM w Południowej Afryce) prowadzone są badania dotyczące bieżącej pozycji energetyki w relacji do jej klientów. Badania dotyczą między innymi oceny relacji: jakość świadczonych usług – cena za energię, *image* dostawcy energii itp. Wg [6] odbiorcy (głównie mały biznes) ponoszone opłaty za energię traktują jako swoje „stałe koszty”, dlatego redukcja ceny energii ma mniejszy wpływ na *image* energetyki niż np. podniesienie jakości dostawy energii, w tym również jakości jej technicznych wskaźników. Bardzo pozytywnie oceniane są wcześniejsze powiadomienia o wyłączeniach, lub wyjaśnianie zaistniałych stanów awaryjnych. Badania wykazały, że energetyka niekiedy nie walczy ze „złym *image*” lecz z brakiem *image*.

Odbiorca przypominana sobie o dostawcy dopiero wówczas, gdy wystąpi awaria. W wielu krajach właśnie jakość dostawy energii uznano za czynnik zmiany tego stanu. Na podstawie badań okazało się, że realizacja przez zakłady energetyczne programów jakości energii wynikała nie zawsze z bieżących potrzeb odbiorcy, lecz często z chęci wzbogacenia oferty (do odbioru której wcześniej należy klienta przygotować, wyedukować), poprawy rynkowego wizerunku i wreszcie chęci sprzedania większej ilości energii. Te programy były często ważniejsze dla działu marketingowego niż dla technicznego. W tym rozumieniu celem działań zawodowej energetyki nie jest wyłącznie wypełnianie funkcji technicznych, lecz coś znacznie większego – spełnienie potrzeb konsumenta. W tym kontekście, jakość energii jest jedynie częścią znacznie większego pakietu różnych ofert proponowanych przez energetykę swojemu klientowi.

W przyszłości nieuniknione jest uzależnienie w jeszcze większym stopniu niż aktualnie cen energii od jej jakości. Obecnie w Polsce praktycznie jedynie przerwy w zasilaniu i trudne do wyegzekwowania zmiany napięcia są – w dużym stopniu teoretyczną – podstawą upustów cenowych lub zwrotu kosztów za nie dostarczoną energię. Energetyka zawodowa może stać wkrótce wobec trudnych do spełnienia wymagań, przekraczających jej aktualne możliwości techniczne.

Taka sytuacja jest równocześnie dużą szansą na bardzo szeroki rynek usług. W przypadku problemów odbiorca nadal jeszcze postrzega dostawcę energii jako swego głównego partnera dla ich rozwiązania. Podjęcie tej roli będzie w zasadniczy sposób kształtowało wizerunek marketingowy dostawcy w nowych, rynkowych warunkach. Dostawca energii powinien już teraz kształtować swoją aktywną postawę wobec problemu, czas bowiem jest tu bardzo istotnym czynnikiem. Rynek nie toleruje próżni, konkurenci mogą szybko wykorzystać nadszającą się okazję w świadczeniu usług w dziedzinie jakości. Ten proces można już w Polsce obserwować. To właśnie małe, prywatne firmy są najbardziej aktywne i widoczne na tym polu.

W działalności dostawcy energii można wyróżnić trzy postawy:

- **bierną**, polegającą na opracowaniu strategii postępowania w odpowiedzi na zgłoszony przez odbiorcę problem, stworzeniu właściwej struktury organizacyjnej, przygotowaniu odpowiedniej kadry do rozwiązywania problemów o różnym stopniu złożoności, zagwarantowaniu odpowiedniego sprzętu i oprogramowania, uczestniczeniu w różnych działaniach tematycznie związanych z problemem: zagwarantowanie dostępu do aktualnej informacji technicznej, udział w projektach techniczno-badawczych itp.,
- **aktywną**, ukierunkowaną na potrzeby odbiorcy, a realizowaną poprzez rozeznanie jego dotychczasowych doświadczeń związanych z jakością energii, poznaniu jego technologii, potencjalnych perspektywicznych zagrożeń itp., edukowaniu odbiorcy (seminaria, wspólne stowarzyszenia techniczne, broszury, analiza przypadków, itp.), ścisła współpraca z przemysłem jako znaczącym klientem. Są to działania przygotowujące odbiorcę do kolejnego, trzeciego obszaru działalności dostawcy energii, którymi są
- **produkcja**, instalacja i serwis urządzeń służących poprawie jakości zasilania.

Słuszną wydaje się filozofia, zgodnie z którą zdefiniować można np. dwa lub trzy poziomy jakości zasilania:

- **pierwszy**, podstawowy standard jakości gwarantowany wszystkim odbiorcom przez dostawcę energii. Większość odbiorców akceptuje ten poziom jakości zasilania. Jest on też niezbędny dla producentów urządzeń, którzy muszą nadać swoim produktom odpowiedni poziom odporności. Jego brak utrudnia odbiorcy właściwy – z technicznego i ekonomicznego punktu widzenia – dobór sprzętu do danego środowiska elektromagnetycznego. Dostawcy energii uniemożliwia natomiast sprzedaż droższego, lecz o wyższej jakości produktu, jakim jest energia elektryczna.
Podstawą do ustalenia tego standardu, prócz istniejących międzynarodowych i europejskich norm, powinny być pomiary przeprowadzone kompleksowo, na dużym obszarze i w dłuższej skali czasu,
- **drugi**, podwyższony głównie w zakresie pewności zasilania osiągniętej tradycyjnymi środkami technicznymi (zmiana konfiguracji sieci, dodatkowe zasilania, itp.), który oznacza podwyższone opłaty ponoszone przez odbiorcę,
- **trzeci** „super-jakość” (ang. *premium power*), będący przedmiotem indywidualnych negocjacji z odbiorcą. Przyjęte wskaźniki jakości zależą wyłącznie od

indywidualnych oczekiwań odbiorcy i możliwości techniczno-organizacyjnych dostawcy. Jakość uzyskiwana jest w efekcie zastosowania specjalnych środków technicznych instalowanych zarówno po stronie dostawcy jak i odbiorcy energii na warunkach określonych kontraktem. W tym przypadku dostawa energii powinna obejmować także jako usługę ciągły monitoring jej parametrów.

Nową sytuację dla dostawcy tworzy wzrost liczby i mocy lokalnych źródeł energii (elektrownie wiatrowe, biogeneracja, źródła fotoelektryczne, produkcja w skojarzeniu itp.). W wielu krajach ich procentowy udział w całkowitej produkcji energii zaczyna mieć znaczenie (np. Dania, Niemcy, Hiszpania), a wpływ na lokalną jakość energii (głównie wartość napięcia i jego zmiany) musi być brany pod uwagę.

Producent urządzeń a jakość energii

Na obecnym poziomie techniki większość produkowanych urządzeń tego samego rodzaju cechuje podobny, lub wręcz identyczny poziom funkcjonalny. Aby spośród wielu takich samych produktów wybrać jeden, należy go czymś wyróżnić. Tą wyróżniającą cechą może być właśnie jego „przyjazność” dla środowiska elektromagnetycznego, a więc jego mniejsze szkodliwe oddziaływanie na to środowisko. Atut ten już obecnie funkcjonuje w walce konkurencyjnej producentów. Coraz częściej jakość energii staje się elementem marketingu, w którym producent widzi swoją szansę na finansowy sukces. Jest to bardzo nośny argument, stosunkowo łatwo oddziaływający na rozbudzone ekologicznie społeczeństwa hasło – „czystości” środowiska, w tym również środowiska elektromagnetycznego. Dobrym przykładem są tutaj zapady napięcia. Jeszcze 10 lat temu były one rejestrowane wyłącznie ze względów technicznych. Obecnie, również względami marketingowymi, zostały wykreowane jako jedno z najważniejszych zaburzeń.

Wielu producentów wymaga dla swego sprzętu wysokiej jakości zasilania energią elektryczną, często nie informując o tym potencjalnych nabywców. Producenci ci, wobec silnej konkurencji, nie podnoszą cen swoich produktów kosztem rezygnacji z tych elementów konstrukcyjnych, które służą podniesieniu odporności urządzenia na zaburzenia (np. filtry wejściowe) oraz zmniejszeniu ich emisyjności⁵⁾. Prawdą jest również, że w przypadku wielu trudnych do wyjaśnienia uszkodzeń, winą obarcza się często bliżej niezdefiniowaną złą jakość zasilania. Staje się ona kluczem do wszystkiego, „kozłem ofiarnym” mającym przenieść winę z producenta „bezawaryjnego” sprzętu na dostawcę energii.

Producent nie chce ponosić kosztów napraw gwarancyjnych. Oferuje coraz częściej specjalistyczny sprzęt o coraz większej odporności na zaburzenia, ale za zasadniczo większą cenę. Powstaje nowy, głęboki rynek urządzeń przyjaznych dla sieci oraz urządzeń o zwiększonym stopniu odporności na zaburzenia elektromagnetyczne. To bardzo duża szansa dla producentów.

Coraz częściej głoszony jest pogląd, że po stronie dostawcy energii leży obowiązek rozwiązania problemów jej jakości. Możliwości dostawcy, mimo że są znaczące, są ograniczone losowością i nieprzewidywalnością pewnych zdarzeń w systemie. Dlatego producent sprzętu będzie zobowiązany dostarczyć urządzenie kompatybilne z danym, ściśle zdefiniowanym środowiskiem elektromagnetycznym, do pracy w którym jest ono dedykowane. Trend ten widać wyraźnie na przykładzie zapadów napięcia. Zamawiane są urządzenia odporne na zapady o określonym czasie trwania i określonej amplitudzie.

Rozwój problematyki jakości energii to również rozwój techniki i produkcji na bardzo dużą skalę. Dotyczy to także, a może przede wszystkim, odbiorców komunalnych. Trzeba ich przekonać do zakupu nowego telewizora, elektrotechnicznego sprzętu domowego itp.

mimo, że stary jeszcze dobrze funkcjonuje. To sprawia, że sami producenci są zainteresowani zwiększeniem znaczenia tej problematyki jako nakręcającej koniunkturę i stwarzającej szansę na wykreowanie nowych, atrakcyjnych produktów stanowiących ofertę dla „głębokiego” rynku.

Konsultant a jakość energii elektrycznej

Nowa sytuacja antagonistycznych relacji pomiędzy dostawcą i odbiorcą energii oraz producentem sprzętu wykreowała nowego partnera – konsultanta. Pełni on często rolę arbitra w nieuniknionych sporach pomiędzy wyszczególnionymi partnerami, lecz przede wszystkim jest doradcą na etapie identyfikacji problemu, szukania jego rozwiązania, redagowania kontraktów itp. Jego rola wzrasta szczególnie w warunkach rynku energii elektrycznej. To duża szansa dla nowej formy usługi.

Regulacje prawne jakości zasilania

Korzystając z doświadczeń innych krajów o dłuższej historii rynku energii elektrycznej, w procesie regulacji jakości energii można wyróżnić trzy etapy.

Etap I

Zmiana wzajemnych relacji pomiędzy różnymi stronami rynkowego obrotu energią elektryczną wymaga stanu przejściowego w celu adaptacji do nowych warunków. Nie są zalecane nagłe zmiany, proces regulacji zagadnień związanych z jakością zasilania wymaga czasu. W tym okresie najczęściej nie są stosowane żadne kary ani bonifikaty, ustalane są natomiast poziomy referencyjne oraz uruchamiany jest mechanizm kontroli i pomiaru. W szczególności należy uwzględnić następujące aspekty:

- 1) *historyczne indeksy ciągłości zasilania*. Korzystne jest kontynuowanie ich stosowania, aby mieć wystarczającą ilość danych z przeszłości w celu określenia wartości docelowych. Jeżeli będą proponowane nowe indeksy jakości, stan przejściowy powinien umożliwić przystosowanie systemu pomiarowego do nowych wskaźników i umożliwić zgromadzenia wystarczającej bazy danych z przeszłości.
- 2) *istniejące poziomy jakości*. Docelowe poziomy jakości muszą być realne w istniejącym stanie systemu elektroenergetycznego. Wymagany jest wystarczający okres czasu dla przystosowania rzeczywistych poziomów jakości do nowych wymagań.
- 3) *nowa infrastruktura pomiarowa*. Nie są zazwyczaj monitorowane indywidualne – dla poszczególnych odbiorców – indeksy pewności zasilania oraz poziomy jakości napięcia. Podczas okresu przejściowego dostawcy energii tworzą techniczną infrastrukturę pomiarową umożliwiającą ciągle monitorowanie zaproponowanych wskaźników jakości. Dla przeciętnego odbiorcy jakość kojarzy się głównie z przerwami i zapadami napięcia, niekiedy także z harmonicznymi. Zrozumienie pozostałych wskaźników jakości staje się najczęściej pytaniem do ekspertów. Stąd naturalna tendencja do ograniczania liczby wskaźników. Należy temu stanowczo przeciwdziałać.
- 4) *techniki pomiarowe*. Jakość energii musi być kontrolowana i mierzona. To wymaga dobrze zdefiniowanych wskaźników. Musi być opublikowany sposób pomiaru każdego z nich. Jednoznaczne zdefiniowanie liczbowych wskaźników jakości energii i metod ich pomiaru jest szczególnie istotne w przypadku „łamania” monopolu dostawcy, a więc w okresie tworzenia rynku energii elektrycznej. W chwili obecnej w Polsce tylko harmoniczne i wahania napięcia spełniają ten warunek, tzn. istnieją normy definiujące procedury pomiarowe i wymagania dotyczące mierników. W zawieranych w przyszłości kontraktach należy oprzeć się na normie IEC 61000-4-30, która w trybie pilnym powinna być wprowadzona do polskiej normalizacji. Powstaje pytanie: jak skłonić do tego Polski Komitet Normalizacyjny koncentrujący obecnie

wszystkie swoje wysiłki na opracowywaniu norm europejskich. Powszechną tendencją jest instalowanie w sieciach przesyłowych sprzętu pomiarowego w każdym istotnym „ekonomicznie” punkcie systemu przesyłowego tj. głównie w punktach połączenia z odbiornikami WN i z przedsiębiorstwami energetycznymi. Operator systemu WN potrzebuje najczęściej indeksy zgodne z normą IEC 1000-3-6/7, które są percentylami 99% (nie 95%) (np. P_{st} i P_{lt}). Przyrząd pomiarowy powinien umożliwiać uzyskanie takich danych. Ten rodzaj mierników nie jest powszechnie dostępny na rynku. Powinna być realizowana zasada „potrzebna jest informacja a nie dane”. Wymaga to przetwarzania wyników pomiarów w przyrządzie lub w jego oprogramowaniu wspomagającym. Oznacza to reakcję przyrządów na przekroczenie poziomów granicznych lub wyznaczanie indeksów zagregowanych.

Można przypuszczać, że pierwsze kontrakty „jakościowe” będą zawierane na poziomie WN pomiędzy operatorem sieci przesyłowej oraz operatorami systemów rozdzielczych lub dużymi zakładami przemysłowymi zasilanymi bezpośrednio z sieci WN. Uregulowania techniczne i prawne na poziomie WN są nieomal we wszystkich krajach na tym samym, bardzo wczesnym, początkowym etapie. Jak na razie nie ma na tym poziomie napięcia odpowiedzi na kilka zasadniczych pytań. Przykładowo:

- a) czy należy formułować jednakowe uregulowania jakościowe w skali międzynarodowej⁶⁾;
- b) czy poziomy graniczne będą:
 - i. ustalane na podstawie istniejących narodowych norm, przepisów i rekomendacji, jeżeli tak, to których⁷⁾,
 - ii. określone w przyszłości jako efekt międzynarodowej dyskusji,
 - iii. zgodne ze stanem jakości występującym obecnie w przeważającej części systemów elektroenergetycznych;
- c) jak będzie finansowany proces kontroli jakości:
 - i. czy kara w przypadku niespełnienia zapisów umowy/standardu jakości będzie płacona na rzecz odbiorcy, urzędu regulacyjnego lub operatora systemu?
 - ii. czy kompensacja płacona odbiorcy będzie oparta na rzeczywistych kosztach uszkodzeń/skutków, czy będzie to wielkość umowna?
 - iii. czy kompensacja będzie płacona jedynie w następstwie skargi czy z urzędu, a więc zawsze w przypadku niespełnienia wymagań jakościowych?
 - iv. czy całkowita roczna suma opłat kompensacyjnych będzie ograniczona? Jeżeli tak, to co będzie podstawą naliczania wartości granicznej⁸⁾,
 - v. czy przewidywane jest wprowadzenie formy ubezpieczenia przed ryzykiem wystąpienia zaburzenia. Fundusz ubezpieczeniowy może być np. finansowany przez odbiorców, którym zależy na dobrej jakości energii, ze względu na koszty potencjalnych skutków jej złej jakości⁹⁾.

Pytań jest wiele, większość z nich nadal pozostaje bez odpowiedzi. Powyżej przytoczono jedynie wybrane, najczęściej pojawiające się w dyskusjach dotyczących regulacji jakości energii.

Etap II – stan ustalony

Zaczyna się, gdy zostaną rozwiązane wszystkie problemy stanu przejściowego. Należy zwrócić szczególną uwagę na następujące aspekty:

- 1) *obieg informacji*. Poprawa jakości realizowana jest głównie przez przedsiębiorstwa dystrybucyjne. One powinny więc w największym stopniu dostarczać informacje urzędowi regulacji oraz odbiorcom.
- 2) *audyt*. Cały proces monitorowania jakości energii i transmisji informacji musi być „przeźroczysty” i czytelny dla zewnętrznych audytorów.
- 3) *procedura rozstrzygania konfliktów*. Powinna być jednoznacznie zdefiniowana w celu rozstrzygania nieuniknionych sporów pomiędzy odbiorcami i dostawcami energii. Uregulowania systemowe oraz wprowadzenie zapisów dotyczących jakości zasilania w umowach na dostawę energii uruchamia (tak było w większości krajów – *vide* Francja lub Norwegia¹⁰) okres procesów sądowych. Odbiorcy w oparciu o kontrakt domagają się bardzo dobrej jakości zasilania, której dostawca często nie może zagwarantować.
- 4) *ocena skutków regulacji jakości*. Powinna istnieć procedura oceny skutków działań podjętych w celu poprawy jakości oraz, w oparciu o rachunek ekonomiczny, powinien funkcjonować mechanizm zmiany w czasie dopuszczalnych wartości wskaźników jakości.

Indywidualne kontrakty

Regulacja jakości jest odniesiona do całego systemu elektroenergetycznego. Istnieje więc pewien podstawowy standard. To nie wyklucza indywidualnych kontraktów zawieranych na bazie ekonomicznego i technicznego porozumienia. Ten rodzaj kontraktów nie powinien przenosić dodatkowych kosztów na innych odbiorców, którzy nie zabiegają o wyższą jakość zasilania.

W warunkach francuskich podstawowym celem dostawcy było umieszczenie w kontrakcie postanowienia zobowiązującego odbiorcę do podjęcia wszelkich działań w celu poprawy jego instalacji. Była to również okazja do współdziałania z odbiorcą w celu ustalenia pożądanych cech emisji zaburzeń w jego instalacji.

Kontrakt nie powinien być konfliktowy. W publikacjach francuskich stwierdzono, że poprzez wprowadzenie kontraktu „jakościowego” chciano poprawić relację pomiędzy energetyką zawodową i odbiorcami, która w chwili tworzenia kontraktu nie była najlepsza. Istotnym był także fakt, że jakość zasilania definiowano w porozumieniu z odbiorcami, nie narzucano im standardów.

Gdzie jesteśmy dziś?

Problem jakości dostawy energii elektrycznej staje się w Polsce, podobnie jak w wielu innych krajach, w których dokonano lub dokonuje się prywatyzacji sektora energetycznego, kategorią nie tylko techniczną, lecz również, a może głównie, ekonomiczną. Zrezygnowanie z systemu wspólnych elektrowni, wspólnych sieci przesyłowych i rozdzielczych na rzecz różnych konkurujących ze sobą producentów energii, wspólnej sieci wyłącznie do przesyłu energii i regulowanego prawami rynku sposobu rozliczania się sprzedawcy z pośrednikiem i klientem (tzn. przyjęcie komercyjnego rozdziału energii elektrycznej jako produktu od jej transmisji traktowanej jako usługa), stworzyło problem rekonstrukcji taryf za energię i gwarancji jakości energii oraz związanych z tym kosztów jej pogorszenia.

Nie powstał dotychczas w Polsce dokument przedstawiający w sposób kompleksowy stan jakości energii w kraju, można więc zgodzić się z często wyrażanym poglądem, że obecnie nie jest wiadomo, czy energetyka polska jest przygotowana do przyjęcia nowych przepisów międzynarodowych. W przypadku ich szybkiego wdrożenia odbiorca (szczególnie duży, przemysłowy) nie wyeliminuje szybko szkodliwej emisji swoich instalacji, ani też od razu nie zainstaluje urządzeń do jej redukcji. Są co najmniej trzy

przyczyny tego stanu: duże koszty, nadal brak jednoznacznych uregulowań prawnych i brak wystarczającej liczby specjalistów w tej dziedzinie¹¹⁾. Ze względu na kilkudziesięcioletnie zaniedbania inwestycyjne w kraju oraz brak należytej uwagi dotyczącej przyłączania do sieci odbiorców pogarszających jakość energii można przypuszczać, że występują obszary, na których lokalnie jakość energii jest zła. Poprawa w takich przypadkach będzie następowała prawdopodobnie w wyniku wielokrotnych skarg i monitów, co może trwać nawet kilka lat.

W przyjętych założeniach rozwoju branży energetycznej w Polsce mówi się o trzech zasadniczych kierunkach działań: (a) nastawieniu się na potrzeby klienta; (b) zapewnieniu bezpieczeństwa energetycznego kraju; (c) szczególnej trosce o środowisko naturalne. Każdy z tych celów wiąże się, w różnym stopniu, z problemem jakości dostawy energii elektrycznej.

Obecna sytuacja w polskiej energetyce jest szczególna, nie tylko z punktu widzenia jakości energii. Funkcjonuje Prawo energetyczne, które jest narzędziem regulującym na poziomie państwowym funkcje różnych podmiotów gospodarczych i ich wzajemne powiązania oraz zasady finansowych rozliczeń. Ustawa funkcjonuje w dynamicznej sytuacji zmieniających się struktur zarządzania, uruchamiania mechanizmów konkurencyjności i prywatyzacji oraz niezbędnych, a zaspokajanych w niewystarczającym stopniu, potrzeb inwestycyjnych w energetyce.

W ustawie – Prawo energetyczne pojawiły się sformułowania o obowiązku przedsiębiorstwa sieciowego przestrzegania wymagań jakościowych określanych w kontrakcie, oraz obowiązku Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki kontrolowania parametrów jakościowych.

Prawo energetyczne funkcjonuje wraz z całym szeregiem dokumentów wykonawczych – przedmiotowych rozporządzeń. Ich celem jest między innymi stworzenie podstaw prawnych gwarantujących: zapewnienie właściwych parametrów jakości energii elektrycznej odbiorcom finalnym zasilanym z sieci dostawcy, ochronę sieci dostawcy przed nadmiernym, negatywnym oddziaływaniem odbiorników zainstalowanych u odbiorców¹²⁾ oraz określenie wymagań w zakresie ciągłości dostawy energii elektrycznej.

Dokąd zmierzamy?

Natychmiastowa poprawa jakości energii i ciągłości jej dostawy nie jest możliwa – wymaga przedsięwzięć organizacyjnych i technicznych oraz znaczących nakładów finansowych. W najbliższym czasie, zdaniem autora artykułu należy: (1) określić parametry jakości energii elektrycznej, które powinny być w pierwszej kolejności objęte standaryzacją (nie ograniczą się one tylko do tych, które są w obecnej wersji rozporządzenia do Prawa energetycznego¹³⁾). Pozytywnie należy ocenić propozycje zgłaszane w projektach nowej wersji rozporządzenia. Należy jedynie podkreślić niebezpieczeństwo, które może zaistnieć w polskiej energetyce w chwili wprowadzenia, zgodnie z intencją autorów projektu, wartości granicznej dla wahań napięcia $Plt=1$. Można mieć obawy, że ten poziom wahań będzie przekroczony w wielu sieciach SN i nn. Nietrudno wyobrazić sobie prasowo-telewizyjną kampanię pod hasłem: „dostawcy energii elektrycznej poprzez wahania napięcia niszczą nasze (odbiorców) zdrowie (taki jest bowiem efekt migotania światła)”. Czy wówczas Prezes URE nie będzie zmuszony z pozycji sprawowanego urzędu wkroczyć na teren tak wykreowanego konfliktu?; (2) określić dopuszczalne wartości odchylenia tych parametrów, które można uznać za dopuszczalne (podstawa kontraktów); (3) zdefiniować protokół pomiaru parametrów jakości energii; (4) określić precyzyjnie odpowiedzialność dostawcy za niedotrzymanie ww. parametrów jakościowych energii elektrycznej, a odbiorcy – za wprowadzanie

zaburzeń do sieci zasilającej; (5) uwzględnić jakość zasilania w taryfach przedsiębiorstw dystrybucyjnych; (6) wyposażyć zakłady energetyczne i wyspecjalizowane firmy, a także placówki naukowo-badawcze w specjalistyczną aparaturę pomiarową; (7) powołać instytucję upoważnioną do bieżącej kontroli poszczególnych parametrów, określić tryb odszkodowań oraz zasady rozstrzygania sporów. Ponadto warto:

- **uruchomić w Polsce wieloletni program oceny jakości energii**, wzorem niemal wszystkich państw europejskich. Za niewystarczające można uznać wykonane dotychczas pomiary parametrów jakości energii realizowane bez całościowej koncepcji, za pomocą różnej aparatury pomiarowej, bardzo ograniczone w czasie i dotyczące niewielu punktów pomiarowych. Tylko kompleksowy program konsekwentnie realizowany pozwoli zinwentaryzować istniejący stan jakości energii w sieciach rozdzielczych i przesyłowych. Duże zróżnicowanie struktury odbiorców poszczególnych spółek dystrybucyjnych pozwala przypuszczać, że istnieją znaczące różnice w jakości energii elektrycznej na terenie kraju. Ten stan faktyczny powinna uwzględniać standaryzacja wprowadzająca jednakowe wymagania wobec wszystkich spółek dystrybucyjnych. Raport o stanie energii elektrycznej, który mógłby powstać jako skutek realizacji programu, byłby podstawą oceny przydatności zagranicznych rozwiązań w zakresie normalizacji jakości energii elektrycznej w warunkach polskich. Będzie to również podstawa oceny krajowych rozwiązań dotyczących normalizacji jakości energii powstałych jako dokumenty związane z nowym Prawem energetycznym. Program, gdyby został rozpoczęty, wprowadziłby pewną unifikację w dziedzinie przyrządów pomiarowych służących ocenie jakości zasilania. Obecnie wiele zakładów energetycznych i przemysłowych dokonuje zakupu tego specjalistycznego i niekiedy bardzo drogiego sprzętu, kierując się różnymi, nie zawsze technicznymi kryteriami. Skutkiem będzie znacząca liczba przyrządów o ograniczonym stopniu przydatności. Różnice w algorytmach pomiarowych, a ogólnie różnice cech metrologicznych tych przyrządów powodują bowiem brak komplementarności ich wskazań. Obecne i przyszłe uczestnictwo Polski w europejskich i międzynarodowych organizacjach zajmujących się standaryzacją (IEC, CENELEC), techniką funkcjonowania systemów przesyłowych i rozdzielczych (np. CIGRE, CIRED), zagadnieniami rynku energii elektrycznej (np. Council of European Energy Regulators, Working Group on Quality of Electricity Supply itp.) wymuszą konieczność posiadania wiedzy potrzebnej do sporządzania okresowych raportów dotyczących jakości zasilania. Może warto, aby decyzją Prezesa URE wymusić na przedsiębiorstwach energetycznych sporządzanie takich raportów dotyczących w pierwszej kolejności przerw w zasilaniu i wartości napięcia, a w przyszłości pozostałych wskaźników jakości;
- **promować urządzenia i instalacje przyjazne dla sieci zasilającej;**
- **stworzyć zespoły monitorujące w sposób ciągły stan jakości energii elektrycznej w Polsce;**
- **wprowadzić problematykę jakości energii do programów nauczania** na różnych szczeblach edukacji, w szczególności w wyższych uczelniach technicznych, studiach podyplomowych itp. W wielu krajach jest to oddzielna specjalność na wydziałach elektrycznych.

Ogromne, rosnące zainteresowanie problematyką jakości energii nie jest polską specyfiką. Występuje w większości krajów, co najwyżej w niektórych z nich nastąpiło to znacznie wcześniej i stąd wypracowano tam szereg wzorcowych rozwiązań, z których warto i należy korzystać. Na całym świecie istnieje duża liczba organizacji, instytucji, stowarzyszeń itp. zajmujących się tymi zagadnieniami. Może nastał czas, aby w Polsce

połączyć rozproszone siły i środki celem stworzenia podstawy organizacyjnej krajowego forum jakości energii?

Literatura:

1. EDF & EPRI, *First European Power Quality Interest Group*, Paris, Sep. 4-5, 2000.
2. Gomez T., Rivier J.: *Distribution and power quality regulation under electricity competition. A comparative study*. 0-7803-6/00/ 2000IEEE.
3. Hanzelka Z.: *Rozważania o jakości energii elektrycznej (I) – Jeden z najważniejszych problemów elektrotechniki*. Elektroinstalator 9, 2001 (www.twelvee.com.pl).
4. IEC 61000-3-6, IEC 61000-3-7, IEC 61000-4-30.
5. Javerzac J. L.: *Contracting the quality of electricity: the French experience*. 0-7803-64499-6/00/ 2000IEEE.
6. Knijp J., de Zwart T.: *Improving customer satisfaction*. EPQ'97, Stockholm.
7. Moroń W.: *Kompatybilność elektromagnetyczna – geneza i ewolucja*. JUEE 1966, 2, 2.
8. Rivier J., Gomez T.: *A conceptual framework for power quality regulation*. 0-7803-6/00/ 2000IEEE.
9. Robert A.: *Power quality monitoring at the interface between transmission system and users*. 0-7803-6499-6/00/ 2000IEEE.
10. Seljeseth H.: *Power quality and liberalisation (example from Norway)*. International Workshop on Power Quality, Leganes, Madrid 21st May 2003.
11. www.lpqj.org.
12. Ustawa – Prawo energetyczne (Dz. U. Nr 54, poz. 348 z późn. zm) oraz rozporządzenia wykonawcze.

¹⁾Już obecnie, w krajach wysoko uprzemysłowionych ponad 60% energii elektrycznej ulega przetworzeniu w układach energo- i elektronicznych [11].

²⁾Wg badań przeprowadzonych w Holandii [6] 75% badanych klientów zakładów energetycznych uważa, że przyczyny awarii leżą po stronie dostawcy energii.

³⁾Dostępność zasilania = $(8760 - \lambda * r) / 8760$, gdzie λ - liczba zaburzeń w ciągu roku, a r – średni czas reperacji.

⁴⁾Dla porównania: odbiorcy komunalni – 0,9%, 8,8 h; szpitale i lotniska – 0,99%, 53 min. [1].

⁵⁾Przykładowo, dążąc do obniżenia ceny urządzeń w większości regulowanych napędów z silnikami indukcyjnymi, stosuje się na wejściu nie sterowane prostowniki. Uwzględniając powszechność ich stosowania ma to zasadniczy wpływ na jakość energii.

⁶⁾Odpowiedź jest raczej pozytywna. Duch dyrektyw europejskich wskazuje, że problem ten w dłuższej skali czasu powinien być rozwiązywany w Europie w podobny sposób. Jednakże w chwili obecnej nie jest to opinia powszechna, daleko jeszcze do ogólnoeuropejskiego porozumienia. Prawdopodobnie w najbliższym czasie każdy kraj będzie opracowywał przepisy dotyczące jakości energii zgodnie z jego „własną czułością” na zaburzenia.

⁷⁾Przykładowo Francuzi nie zaakceptowali w pełni postanowień normy EN 50160 jako standardu jakości w odniesieniu do wartości napięcia, ponieważ rozważa ona poziom 95%, który został jednoznacznie odrzucony przez przedstawicieli odbiorców. Z tych samych powodów, zdaniem autora artykułu, niesłuszne jest przyjmowanie dla oceny wartości napięcia percentyla CP95, co pojawia się w projektach nowej wersji rozporządzenia „jakościowego”. Spełnienie wymagań odnośnie do percentyla nie wyklucza bowiem występowania krótkotrwałych zmian napięcia o bardzo znaczących konsekwencjach technicznych i finansowych.

⁸⁾Przykładowo w Norwegii wprowadzono dwie różne opłaty kompensacyjne za energię nie dostarczoną podczas przerw trwających dłużej niż 3 min. i przerw krótszych niż 3 min. Energia nie dostarczona jest szacowana z grafika obciążenia. Całkowita suma opłat kompensacyjnych w roku jest ograniczona do 2% zysku i nie może przekraczać 25% całkowitej opłaty przesyłowej [1].

⁹⁾Dzięki temu identyfikowana będzie grupa odbiorców, którym naprawdę zależy na dobrej jakości zasilania. Operator systemu może wówczas skoncentrować na nich swoje działania inwestycyjne.

¹⁰⁾Regulator norweski prowadzi obecnie prace nad nową wersją „prawa ds. jakości energii”, które ma wymusić na dostawcy szybsze reagowanie na skargi odbiorców. Stwierdzono bowiem, że w niektórych przypadkach dostawca poprawiał złe warunki zasilania lub rozpoznawał przyczynę ich złej jakości w czasie od 2 do 9 lat [10].

¹¹⁾Należy uwzględnić również wymuszoną podwyższeniem efektywności działania i realizowaną obecnie redukcję liczby pracowników w sektorze energetycznym.

¹²⁾Ten aspekt nie jest praktycznie rozważany w obowiązującym rozporządzeniu „jakościowym” oraz w diskutowanych nowych jego wersjach.

¹³⁾W ten sposób należy zdefiniować standard jakości gwarantowany przez dostawcę. Wszystko to, co jest ponad te gwarancje stanowić będzie przedmiot negocjacji odbiorcy z dostawcą, które znajdą swój finał w kontrakcie na dostawę energii.