Jakość energii elektrycznej

Parametrami jakości energii elektrycznej są wielkości, które charakteryzują napięcie zasilania. Właściwe parametry energii elektrycznej to gwarancja poprawnej pracy zasilanych urządzeń elektrycznych.

Damian Żabicki

Na pogarszającą się jakość energii elektrycznej wpływa wiele czynników. Przede wszystkim trzeba mieć na uwadze dużą i rosnącą liczbę odbiorników nieliniowych. Chodzi tutaj m.in. o zasilacze komputerów, falowniki, przetwornice napięcia, spawarki itp. Źródłem zakłóceń niejednokrotnie są również tradycyjne zasilacze bazujące na transformatorach. Jak wiadomo pobierają one prąd dopiero w momencie gdy zostanie przekroczona progowa wartość napięcia chwilowego. Skutkiem są więc zniekształcenia harmoniczne ze ściętymi wierzchołkami przebiegu sinusoidalnego.

Źródłem obniżenia jakości energii elektrycznej są również urządzenia, które nie spełniają wymagań względem kompatybilności elektromagnetycznej. W takim przypadku może dojść do nieliniowej zależności pobieranego prądu w stosunku do wartości chwilowej napięcia. Warto wspomnieć, że przyczyną nieliniowości bardzo często są zasilacze impulsowe, w których występuje zjawisko wielokrotnego skoku pobieranego prądu.

Źródłem obniżenia jakości energii niejednokrotnie są zakłócenia o charakterze losowym. Przykładem może być zmiana wartości pobieranego prądu lub awarie odbiorników dużej mocy. W efekcie dochodzi do gwałtownych skoków napięcia, które powodują niewłaściwą pracę urządzeń wytwarzających energię elektryczną.

Trzeba mieć na uwadze obniżenie jakości energii elektrycznej powstające w instalacjach dystrybucji energii. Są to przede wszystkim przepięcia powstałe w skutek wyładowań atmosferycznych lub przepięcia łączeniowe. Niejednokrotnie zakłócenia powodują niewłaściwe złącza oraz niewłaściwie dobrane wyłączniki nadprądowe.

Wpływ jakości energii na odbiorniki elektryczne

Energia elektryczna, która nie spełnia określonych wartości parametrów w zakresie częstotliwości oraz wartości, wahań i skoków napięcia, negatywnie wpływa na zasilane odbiorniki. W szczególności chodzi o negatywny wpływ wszelkich przerw w zasilaniu, napięć przejściowych, a także asymetrii napięcia, harmonicznych oraz interharmonicznych zarówno dla prądu jak i napięcia. Zakłócenia mogą powodować również napięcia sygnalizacyjne oraz szybkie jego zmiany.

Niewłaściwe parametry energii elektrycznej niejednokrotnie są przyczyną zakłóceń w pracy napędów elektrycznych oraz uszkodzeń lub wyłączeń odbiorników czułych na zmiany parametrów zasilania. Trzeba mieć również na uwadze skutek w postaci niestabilnej pracy urządzeń elektrycznych i elektronicznych. Może się to przełożyć na wyższy poziom hałasu, drgania, wzrost wartości temperatury oraz nieplanowane wyłączenia. Jak wiadomo takie zjawiska mogą mieć daleko idące skutki w zakładach produkcyjnych, które realizują złożone procesy produkcyjne.

Norma PN-EN 50160

Warto przypomnieć, że parametry jakie powinna spełniać energia elektryczna, która jest dostarczana do odbiorników wynikają z normy PN-EN 50160 Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych. Dokument ten definiuje również miejsca, gdzie powinna być oceniana energia elektryczna oraz określa sposób zarządzania danymi i metody ich oceny.

Dokument wprowadza klasyfikację sieci uwzględniając przy tym napięcie nominalne. Stąd też mówi się o niskim napięciu nn (ang. LV) – do 1 kV, średnim napięciu SN (ang. MV) – od 1 kV do 36 kV oraz wysokim napięciu (ang. HV) – od 36 kV do 150 kV.

Norma PN-EN 50160 wprowadziła szereg terminów takich jak operator sieci, normalne warunki pracy sieci, deklarowane napięcie zasilania Uc, użytkownik sieci, punkt przyłączenia do sieci, częstotliwość nominalna napięcia zasilającego, napięcie odniesienia czy napięcie nominalne Un. Ponadto zdefiniowano podstawowe cechy napięcia zasilającego – częstotliwość, współczynnik poziomu migotania światła, harmoniczne napięcia oraz współczynnik zniekształcenia harmonicznych i interharmonicznych napięcia.

Ważne są definicje szybkiej zmiany napięcia, wahań napięcia, wzrostu napięcia, a także zapadu napięcia łącznie z progiem przekroczenia, czasem trwania, momentem początku i końca oraz napię-

Źródło: Fluke

ciem resztkowym. Nie mniej istotne są przy tym przerwy w zasilaniu, asymetrie w instalacjach wielofazowych oraz przepięcia przemijające nazywane oscylacyjnymi.

Norma PN-EN 50160 zawiera definicję innych zjawisk jakie mogą wystąpić w sieci zasilającej. Mowa tutaj o zakłóceniach przewodzonych obejmujących zakłócenia, które rozprzestrzeniają się wzdłuż przewodów sieci. Dokument zawiera definicję uciążliwości powstałej w skutek migotania światła – tzw. „Flicker". Ponadto norma definiuje termin sygnałów transmisyjnych nałożonych na napięcie zasilające określane jako sygnały o częstotliwościach akustycznych od 110 Hz do 3 kHz, a także sygnały o częstotliwości radiowej od 3 kHz do 148,5 kHz oraz znaczniki sygnałowe, jako krótkie zmiany w wybranych punktach kształtu przebiegu napięcia.

Wszystkie parametry opisane w normie wyznacza się za pomocą metod zawartych w dokumencie PN-EN 61000-4-30, przy czym standaryzacja nie obejmuje nienormalnych stanów pracy sieci. Mowa tu np. o układach zasilania tworzonych na potrzeby zapewnienia ciągłości zasilania użytkowników systemu w czasie zwarcia, prac związanych i budową sieci czy zminimalizowania obszaru oraz czasu trwania przerwy w zasilaniu. Są to również sytuacje, w których dochodzi do niezgodności instalacji lub urządzeń użytkownika systemu z normami lub wymaganiami technicznymi względem przyłączenia. Jak wiadomo wymagania techniczne ustanawiają władze publiczne lub operator systemu. Zawierają one dopuszczalne poziomy emisji zaburzeń przewodzonych. Ponadto norma nie dotyczy nienormalnych stanów pracy sieci jeżeli wystąpią sytuacje w postaci wyjątkowych warunków pogodowych i innych klęsk żywiołowych, a także ingerencji stron trzecich, działań władz publicznych czy zgodnych z prawem akcji protestacyjnych, siły wyższej i niedoborów mocy, które są skutkiem działań zewnętrznych.

Parametry poddawane analizie

Analizując parametry zasilania bierze się pod uwagę przede wszystkim napięcie w odniesieniu wartości maksymalnych, minimalnych średnich i chwilowych. Oprócz tego przeprowadzane są pomiary wraz analizą mocy biernej, czynnej, a także pozornej i odkształcenia. Określany jest charakter mocy – pojemnościowy lub indukcyjny. Moc może być rejestrowana. Definiuje się przy tym współczynnik mocy (cos ø, tg ø) oraz przeprowadza analizę przeciążeń transformatora. Te jak wiadomo w wielu przypadkach są skutkiem działania harmonicznych.

Ważna jest analiza harmonicznych oraz śledzenie współczynnika zniekształceń harmonicznych THD zarówno dla napięcia jak i prądu. Określa się wskaźnik krótkotrwałego i długotrwałego migotania światła. Rejestrowane są przerwy, zapady napięcia oraz wszelkie przepięcia. Odpowiednie analizy przeprowadza się w stosunku do natężenia prądu. Stąd też analizie poddawane są współczynniki szczytu dla napięcia i prądu. Nie można zapomnieć o rejestracji przerw, zapadów napięcia oraz przepięć.

W zakresie natężenia prądu analizuje się współczynniki szczytu dla napięcia i prądu oraz mierzona jest częstotliwość. Oprócz tego analizowane są wartości minimalne, średnie, chwilowe i maksymalne. Pobór prądu jest wykonywany bezpośrednio lub poprzez przekładniki prądowe.

Oprócz szczegółowych analiz parametrów przeprowadzany jest również pomiar podstawowych

Analizując parametry zasilania bierze się pod uwagę przede wszystkim napięcie w odniesieniu wartości maksymalnych, minimalnych średnich i chwilowych

wielkości elektrycznych – parametry wyłączników RCD, rezystancja izolacji, impedancja pętli zwarciowej, rezystancja izolacji, rezystancja uziemienia, ciągłość połączeń wyrównawczych i ochronnych itp. Trzeba pamiętać o pomiarze impedancji pętli zwarcia pętli zwarcia obwodów L-PE w sieciach z wyłącznikami RCD bez konieczności blokowania wyłącznika.

Harmoniczne i kalkulacja mocy

Harmoniczna to nic innego jak wystąpienie częstotliwości, będącej wielokrotnością wartości częstotliwości podstawowej 50 Hz. O występowaniu wyższych harmonicznych w sieci elektroenergetycznej niejednokrotnie decyduje dołączenie do niej odbiorników nieliniowych. Zjawisko takie negatywnie wpływa na urządzenia elektryczne takie jak kondensatory, silniki elektryczne i transformatory. Należy również mieć na uwadze straty wynikające z prądów wirowych. W efekcie wystąpienia wysokich częstotliwości w rdzeniach transformatorów i stojanów silników indukowane są prądy wirowe o dużej wartości w porównaniu do zasilania poprzez idealne przebiegi z sieci, gdzie występuje częstotliwość 50 Hz. W przypadku relatywnie niskiego poziomu odkształceń straty prądu w urządzeniach tego typu wzrastają nawet o 10%. Prądy wirowe oraz wszelkie straty jakie dotyczą histerezy są przyczyną wzrostu temperatury maszyn elektrycznych.

W efekcie wystąpienia asymetrii dochodzi do pojawienia się prądu w przewodzie neutralnym lub napięcia pomiędzy punktami neutralnymi sieci. Asymetrie określa składowa: zgodna, przeciwna, zerowa. Składowa przeciwna i zerowa powoduje straty energii. Zgodnie z normą PN-EN 50160 stosunek wartości skutecznej składowej przeciwnej do składowej zgodnej, mierzony przez 10 min. w normalnych warunkach pracy przez 95% tygodnia powinien wynosić 0,2%.

Harmoniczna to nic innego jak wystąpienie częstotliwości, będącej wielokrotnością wartości częstotliwości podstawowej 50 Hz

Częstotliwość

Według normy PN-EN 50160 wartość średnia częstotliwości mierzona w czasie 10 s nie może być większa od 1% częstotliwości znamionowej. Uwzględniając zatem wymagane parametry w tym zakresie jest to 49,550,5 Hz przez 95% tygodnia oraz 4% i 6%, tj. 4752 Hz przez pozostałe 5% tygodnia. Warto podkreślenia jest przy tym, że jeden z głównych warunków synchronizacji sieci elektroenergetycznych i generatorów to utrzymanie częstotliwości o wartości stałej. W przypadku wystąpienia gwałtownych zmian może dojść do rozsynchronizowania systemu elektroenergetycznego a co za tym idzie przerw w zasilaniu.

Przepięcia i migotanie światła

Przepięcia jako zaburzenia w sieciach elektroenergetycznych mogą powodować obniżenie rezystancji izolacji w efekcie oscylacyjnego stanu przejściowego będącego przyczyną dodatkowych zaburzeń – harmoniczne i interharmoniczne. Próbując klasyfikować przepięcia warto wspomnieć o przepięciach dorywczych, które trwają kilka okresów częstotliwości sieciowej. Z kolei przepięcia przejściowe trwają kilka milisekund. Z racji czasu występowania przepięcia są trudne do zmierzenia za pomocą standardowych multimetrów z pasmem przenoszenia nie przekraczającym 1 kHz.

Przyczynami migotania światła najczęściej są oscylacyjne zmiany amplitudy napięcia. Tym sposobem dochodzi do zmian strumienia źródeł światła odczuwalnych dla ludzkiego oka.

Analizując migotanie światła bierze się pod uwagę wskaźnik krótkookresowego migotania światła (Pst), mierzonego w czasie dziesięciu minut oraz wskaźnik długookresowego migotania światła (Plt). Ten drugi parametr jest obliczany z uwzględnieniem sekwencji 12 kolejnych wartości występujących przed dwie godziny. Zgodnie z normą PN-EN 50160 wyróżnia się limity występowania zjawiska migotania – wartość Pst nie powinna być większa niż 1,0 a wartość Plt nie powinna być większa niż 0,65.

Analizatory jakości zasilania

Zaawansowane analizatory jakości zasilania wyposaża się w kilka kanałów wejściowych. Najczęściej są to urządzenia pozwalające na wykonywanie pomiarów kompleksowych łącznie z wykrywaniem anomalii napięciowych. Typowy przyrząd pozwala rejestrować napięcia, prądy oraz harmoniczne, które są z nimi związane. Ponadto pomiarowi poddawana jest moc bierna i czynna. Dodatkowe przystawki pozwalają mierzyć impedancję pętli prądem o wartości do 244 A przy rozdzielczości 0,1 mΩ.

Przyrządy pozwalają ocenić energię elektryczną pod kątem spełniania normy PN-EN 50160, natomiast czas pomiaru można programować – np. w zakresie 20 ms – 2 s. Niektóre mierniki mają funkcję oscyloskopu a analiza jakości energii może być przeprowadzana w systemach 3-przewodowych, 4-przewodowych, a także w sieciach z układem Arona. Kąty fazowe występujące pomiędzy napięciem a prądami są prezentowane wykresami wskazowymi.

Funkcję analizatorów jakości zasilania mogą pełnić również niektóre modele mierników cęgowych poprzez analizowanie widma harmonicznych.

Źródło: Fluke

Jest więc możliwy pomiar mocy czynnej, biernej i pozornej oraz wartości skutecznej TrueRMS prądu przemiennego. Przydatnym rozwiązaniem jest rejestrowanie przebiegów w określonym zakresie czasowym. Tym sposobem można ocenić trendy lub problemy dotyczące jakości energii w skutek działania krótkotrwałych zakłóceń.

Specjalne analizatory pozwalają na długotrwałą rejestrację przebiegu napięć, prądów i stanu izolacji. W przypadku pomiaru stanu izolacji analizuje się wartość prądu upływowego. Przyrządy tego typu wykrywają przekroczenia wartości progowych, a także analizują kształt przebiegu, zapady, wzrosty i zaniki napięcia. Ważna jest szybka identyfikacja i konfiguracja przyłączanych cęgów prądowych lub adapterów napięciowych. Wskazywany jest czas oraz można zaprogramować start rejestracji z określonym przedziałem czasowym. Przydatnym rozwiązaniem jest możliwość wprowadzenia parametrów autowyłączania, a także sposobu i właściwości szerokopasmowego lub aktywnego filtra.

Odpowiednie funkcje umożliwiają szybkie analizowanie trendów. Używane jest przy tym automatyczne skalowanie osi pionowej służącej do wyświetlania pełnego widoku przebiegu fal. Samoczynnie wyświetlają się stany nie ustalone rejestrujące spadki, skoki oraz niestabilności napięcia.

Niektóre analizatory mają modem GSM pozwalający na wymianę danych. W zależności od wersji miernika może on być zasilany z zewnętrznego zasilacza lub analizowanego obwodu. Na rynku oferowane są również przyrządy rejestrujące parametry sieci zgodnie z klasą A normy PN-EN 61000-4-30. Jest przy tym możliwy pomiar interharmonicznych, które są mierzone jako grupy. Warto wspomnieć o możliwości rejestrowania zdarzeń dla napięcia i prądu wraz z oscylogramami i tworzeniem wykresów RMS.

Oprogramowanie wspomagające pracę analizatorów jakości zasilania

Dedykowane oprogramowanie komputerowe wspomaga pracę analizatorów jakości zasilania. Przede wszystkim dzięki niemu można programować pracę analizatora oraz odczytywać zebrane wyniki pomiarów. Ważna jest funkcjonalność w zakresie zarządzania danymi oraz szerokie możliwości w odniesieniu do prezentowania informacji przy wykorzystaniu tabeli i wykresów. Stąd też użytkownik skorzystać może chociażby z wykresu wartości względem czasu, wykresu harmonicznych, oscylogramów czy wykresów czasowych. Zebrane wyniki pomiarów mogą być analizowane pod kątem spełniania wymagań normy PN-EN 50160. Są również programy nadzorujące pracę kilku analizatorów.

Oprócz tego program pozwala parametryzować podstawowe funkcje pracy analizatora, przy czym konfigurację można przygotować w komputerze a następnie plik konfiguracyjny wgrywa się do analizatora. Tym sposobem wybiera się punkty pomiarowe, załącza blokady przycisków, ustawia czas rzeczywisty i uśredniania oraz wybiera tryb wyzwalania. Każdy punkt pomiarowy może mieć parametry ustawiane indywidualnie.

Podsumowanie

Analizując parametry energii elektrycznej warto zaznajomić się z podstawowymi regulacjami prawnymi i normami technicznymi w tym zakresie. Wspomniana norma PN-EN 50160 Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych obejmuje nazewnictwo oraz parametry zjawisk określających jakość energii elektrycznej. Z dokumentu tego wynikają podstawowe parametry względem napięcia obecnego w złączu elektroenergetycznym sieci rozdzielczych niskiego napięcia i średniego napięcia (SN) w normalnych warunkach pracy tych sieci. Za niskie napięcie uznaje się takie wartości, gdzie górna granica skutecznej wartości znamionowej wynosi 1 kV, natomiast wartość średniego napięcia mieści się pomiędzy 1 kV a 35 kV. Wymagania normy PN – EN 50160 nie obejmują napięć przekraczających 110 kV. Do sieci o napięciu znamionowym przekraczającym 110 kV brane są pod uwagę postanowienia Rozporządzenia Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 28 grudnia 2004 r. w sprawie szczególnych warunków przyłączenia podmiotów do sieci elektroenergetycznych. Dokument ten to tzw. rozporządzeniem przyłączeniowe.

Warto jeszcze wspomnieć, że parametry składające się na jakość energii elektrycznej dostarczanej do odbiorców w poszczególnych grupach przyłączeniowych określa Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 20 grudnia 2004 r. w sprawie szczegółowych warunków przyłączenia podmiotów do sieci elektroenergetycznych, ruchu i eksploatacji tych sieci (Dz. U. z 2005 r., Nr 2, poz. 6. Uszczegółowieniem dokumentu jest Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego. ■

Dedykowane oprogramowanie komputerowe wspomaga pracę analizatorów jakości zasilania

Źródło: Sonel