

ANALIZATOR JAKOŚCI ZASILANIA PQM-701. JAKOŚĆ ZASILANIA W ŚWIETLE BEZPIECZEŃSTWA EKSPLOATACJI SIECI ELEKTRYCZNYCH

Roman DOMAŃSKI, Marcin SZKUDNIEWSKI
SONEL S.A.

1. WSTĘP

Od początku rozwoju energetyki w zasadzie, aż do lat 80-tych problem jakości zasilania, związanych z tym zagadnieniem wielu zjawisk, praktycznie w Polsce nie istniał. Większość odbiorników miała charakter liniowy, do napędu maszyn używano silników bez układów przekształtnikowych. Istniejące nieliczne odbiorniki nieliniowe, np. stacje prostownikowe, elektrolizery, nagrzewnice indukcyjne pracowały z reguły w wydzielonych sieciach, więc ich wpływ na system elektroenergetyczny był niewielki.

Wraz z rozwojem techniki, a także zniesieniem barier gospodarczych masowo zaczęto wprowadzać do systemu urządzenia, które przetwarzały energię elektryczną przed ostateczną zamianą na prąd. Zamiast budować kosztowne przekładnie – coraz częściej silniki steruje się za pomocą falowników, które nie dość, że pozwalają na bezstopniową zmianę prędkości obrotowej silnika, dają się bardzo łatwo sterować np. z komputera linii technologicznej.

W gospodarstwie domowym oprócz żarówki i czajnika elektrycznego spotkamy również kuchnie mikrofalowe, komputery, sprzęt Hi-Fi, które pobierają silnie odkształcony prąd z sieci, a sterownik fazowy znajdziemy nawet w odkurzaczu czy mikserze. W biurach tysiące świetlówek kompaktowych pobierają prąd o poziomie odkształceń ponad 150%, a urządzenia będące wyposażeniem biur – kopiarki, komputery, UPS'y – w większości są znaczącym źródłem odkształceń.

2. JAKOŚĆ ZASILANIA

Problemy, których powodem jest zła jakość zasilania są niezwykle poważne i potrafią w znaczący sposób utrudnić życie odbiorcom energii elektrycznej, narażając ich niejednokrotnie nawet na znaczne straty materialne. Do najważniejszych zagadnień dotyczących jakości zasilania należą:

- występowanie w sieci zasilającej wyższych harmonicznych,
- występowanie zapadów i zaników napięcia,
- zdarzenia krótkotrwałe ale o bardzo wysokich amplitudach, przepięcia,
- migotanie światła (flicker),
- asymetria zasilania.

Jak już wspomniano we wstępie odkształcenia prądu i napięcia w sieci powodują głównie odbiorniki nieliniowe

pobierające prąd niesinusoidalny. Najczęściej spotykane odbiorniki nieliniowe to:

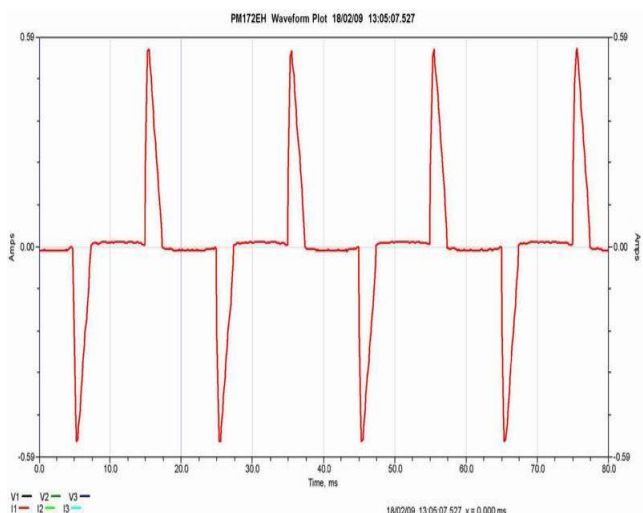
- urządzenia napędowe – falowniki, układy miękkiego rozruchu silników, prostowniki sterowane i nie sterowane, zasilacze prądu stałego,
- urządzenia elektrotermiczne – piece indukcyjne podwyższonej częstotliwości, piece łukowe, nagrzewnice indukcyjne, spawarki, zgrzewarki (do blach, folii itp.), urządzenia mikrofalowe, lasery,
- urządzenia oświetlające – lampy wyładowcze, lampy z przemianą częstotliwości (świetłówki kompaktowe), lampy łukowe,
- urządzenia powszechnego użytku - odbiorniki radiowe, sprzęt Hi-Fi, komputery, drukarki, kuchnie mikrofalowe,
- urządzenia biurowe - stacje komputerowe, serwery, monitory, UPS'y, kserokopiarki, klimatyzatory.

2.1. Wyższe harmoniczne w sieci

Wszystkie urządzenia wymienione we wstępie, pobierając prąd w sposób nieliniowy powodują powstawanie harmonicznych. Jak już wspomniano, urządzeń takich jest coraz więcej w naszym otoczeniu. Praktyka dowodzi, że harmoniczne powyżej 20 występują bardzo rzadko i mają zwykle małe wartości, dlatego jako standard urządzeń analizujących harmoniczne przyjmujemy min. 25 harmonicznych, choć zdarzają się urządzenia potrafiące rejestrować do 50 i więcej harmonicznych.

Wyższe harmoniczne mogą powodować różnego rodzaju niekorzystne zjawiska w sieci:

- przegrzewanie się przewodów czy też szyn neutralnych,
- straty w transformatorach łącznie z ich uszkodzeniem,
- w układach kompensacji mocy mogą wystąpić uszkodzenia kondensatorów, przy rezonansie powodujące eksplozję takich elementów,
- straty w silnikach, nie tylko związane z energią ale również szybsze zużycie mechaniczne,
- problemy łączeniowe zwłaszcza dla wyłączników różnicowoprądowych,
- wadliwe działanie urządzeń elektronicznych łącznie z ich uszkodzeniem,
- problemy w przesyłaniu i przetwarzaniu danych.



Rys. 1. Przebieg prądu odkształconego przez świetlówkę kompaktową

2.2. Zapady i zaniki napięcia

Zapad napięcia jest krótkotrwałym zmniejszeniem wartości napięcia w przedziale 90% do 1% napięcia deklarowanego. Czas trwania takiego zjawiska w sposób umowny określa się od ok. 10 ms do 1 min. Przyczyną powstawania zapadów napięcia jest głównie załączanie odbiorników o dużej mocy w obrębie sieci zasilającej i to zarówno po stronie odbiorcy jak i dostawcy energii elektrycznej. Zjawisko to tym częściej występuje im większa impedancja linii (np. na wsiach gdzie występują linie nn napowietrzne o małych przekrojach przy jednoczesnym zwiększeniu poboru mocy przez odbiorców). Rzadziej występującą przyczyną zapadów są zwarcia występujące w sieciach rozdzielczych jak również odbiorczych.

2.3. Migotanie światła (Flicker)

Angielskie słowo *flicker* oznacza migotanie. W odniesieniu do zagadnień związanych z jakością energii oznacza zjawisko okresowej zmiany strumienia świetlnego na skutek zmian napięcia zasilającego żarówki oświetleniowej. Zjawisko to powoduje pogorszenie samopoczucia, irytację, czasem bóle głowy, czyli krótko mówiąc uciążliwość dla zwykłego człowieka. Badania wykazały, że maksimum uciążliwości występuje dla częstotliwości ok. 9 zmian natężenia oświetlenia na sekundę. Najbardziej wrażliwymi źródłami oświetlenia są tradycyjne żarówki z włóknem wolframowym. Najlepszą „odpornością” na migotanie charakteryzują się lampy fluorescencyjne. Migotanie światła jest wynikiem głównie spadków napięcia na skutek przyłączenia i odłączenia obciążeń o dużej mocy i pewien poziom migotania jest obecny w większości sieci zasilających.

2.4. Asymetria

Asymetria jest pojęciem związanym z sieciami trójfazowymi i może się odnosić do:

- asymetrii napięć zasilających,
- asymetrii prądów obciążenia,
- asymetrii odbiornika.

Asymetria napięć (prądów) występuje w sieciach trójfazowych, gdy wartości trzech napięć (prądów) składowych różnią się między sobą i/lub kąty między poszczególnymi fazami są różne od 120° .

Zjawiska te są szczególnie groźne dla silników trójfazowych, w których nawet niewielka asymetria napięć może

prowadzić do wielokrotnie większej asymetrii prądów. W takich warunkach moment obrotowy silnika ulega zmniejszeniu i powstają zwiększone straty ciepłe w uzwojeniach i zużycie mechaniczne. Asymetria niekorzystnie odbija się również na transformatorach zasilających.

Najczęstszym źródłem asymetrii jest nierównomierne obciążenie poszczególnych faz. Dobrym przykładem jest podłączanie do sieci trójfazowych dużych obciążeń jednofazowych takich jak kolejowe silniki trakcyjne. W normalnych warunkach np. we wspomnianych sieciach nn na wsiach asymetria może powodować pogłębienie zapadów napięcia oraz migotania światła.

An3. ANALIZATOR PQM-701



Rys. 2. Analizator Jakości Zasilania PQM-701

Przedstawione wyżej zjawiska to część problemów związanych z jakością zasilania. Aby wyeliminować zagrożenia dla bezpieczeństwa eksploatacji sieci energoelektrycznych oraz urządzeń, które są z nich zasilane musimy rozpoznać zjawiska występujące w teże sieci i prawidłowo je zinterpretować. Aby to zrobić, trzeba posiadać odpowiednie narzędzie do diagnostyki. Takim narzędziem jest analizator PQM-701.

Miernik jest adresowany do bardzo szerokiego grona użytkowników, którzy potrzebują kontrolować jakość energii elektrycznej przy użyciu urządzenia przenośnego. Przeznaczony jest do wykorzystania praktycznie we wszystkich rodzajach sieci od 110 V do 690 V w sposób bezpośredni lub pośredni poprzez przekładniki.

Może on pracować w sieciach jednofazowych, dwufazowych ze wspólnym N, trójfazowych gwiazdowych z i bez N lub trójfazowych o układzie trójkąta. Tak więc PQM-701 jest przyrządem, który może znaleźć zastosowanie zarówno w obszarze energetyki zawodowej, służb utrzymania ruchu w zakładach przemysłowych jak również wśród osób prowadzących działalność usługową w zakresie analizy sieci.

Analizator został umieszczony w prostej, solidnej obudowie o stopniu ochrony IP65. Jej konstrukcja umożliwia zainstalowanie analizatora praktycznie w każdych warunkach zarówno na zewnątrz, jak i wewnątrz pomieszczeń. Miernik posiada wbudowaną grzałkę, która włącza się automatycznie, jeśli temperatura wewnątrz miernika spada poniżej 0°C . Dzięki temu zapewnione są optymalne warunki dla pracy układów elektronicznych analizatora. Dołączone do

miernika specjalne opaski pozwalają na założenie przyrządu np. na słupie.

Analizator wyposażony jest w pięć napięciowych gniazd wejściowych oznaczonych L1/A, L2/B, L3/C, N i PE przy czym wejście N (przewód neutralny) jest wspólne. Zakres napięć mierzonych przez cztery kanały pomiarowe to maksymalnie ± 1150 V. Do pomiaru prądów służą cztery wejścia prądowe, które pozwalają na przyłączenie kilku rodzajów cęgów prądowych. Wśród nich znajdują się cęgi giętkie F-1, F-2, F-3 o zakresie nominalnym 3000 A (różniące się jedynie obwodem cewki) oraz cęgi twarde C-4 (zakres 1000 A AC), C-5 (zakres 1000 A AC/DC) i C-6 (zakres 10 A AC).

Przyrząd wyposażono w wymiową kartę pamięci typu SD (ang. *Secure Digital*) o dużej pojemności. Po zakończonej rejestracji możliwe jest wyjęcie karty ze złącza analizatora i użycie zewnętrznego czytnika kart SD w połączeniu z dołączonym oprogramowaniem w celu maksymalnie szybkiego transferu danych do komputera. Dane można również odczytać przy użyciu dwóch łącz komunikacyjnych: USB lub transmisji radiowej.

Analizator jakości zasilania PQM-701 jest zaawansowanym technicznie produktem umożliwiającym wszechstronny pomiar, analizę i rejestrację parametrów sieci energetycznych 50/60 Hz oraz jakość energii elektrycznej zgodnie z europejską normą EN 50160 oraz Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego.

PQM-701 rejestruje współczynniki szczytu dla prądu i napięcia, częstotliwości w zakresie 40 Hz do 70 Hz, moc czynną, pozorną, odkształconą, bierną wraz z określeniem jej charakteru (pojemnościowa lub indukcyjna). Przy pomiarach mocy możemy wykorzystać dwie metody pomiaru: Budeanau lub IEEE 1549. Oczywiście takie parametry jak energia czynna, bierna, pozorna, współczynnik mocy (Power Factor), $\cos\varphi$ i $\tan\varphi$ są również rejestrowane. Kolejne wielkości które możemy analizować to stopień przeciążenia transformatora spowodowany zakłóceniami harmonicznymi (K), harmoniczne w prądzie i napięciu do 50-tej harmonicznej, współczynnik THD w prądzie i w napięciu, współczynnik migotania światła krótko i długo okresowy, asymetrię napięć i prądów. Rejestrowane są również wszelkie zdarzenia typu zapady, przerosty i przerwy napięcia wraz z oscylogramami (również dla prądów). Po każdym okresie uśredniania miernik może rejestrować oscylogramy dla prądu i napięcia. Wszystkie wymienione możliwości pozwalają na wszechstronne przeanalizowanie zjawisk w badanej sieci elektrycznej.



Rys. 3. PQM-701 w zestawie z akcesoriami

PQM-701 dostarczany jest w zestawie ze wszystkimi niezbędnymi przewodami przyłączeniowymi i przewodami zasilającymi (zasilanie z fazy L-1). W komplecie znajdują się krokodylki, przewód do transmisji danych, karta SD, kabel USB, walizka transportowa, zestaw do mocowania urządzenia na słupie i oczywiście oprogramowanie. Akumulator podtrzymujący pracę urządzenia w przypadku zaniku napięcia na fazie L1 jest wbudowany w środku urządzenia.

W związku z szeroką gamą cęgów pomiarowych, stanowią one wyposażenie dodatkowe, które użytkownik wybiera w zależności od swoich potrzeb. Wyboru można dokonać pomiędzy cęgami z rdzeniem twardym: C-4 do 1000 A AC, C-5 do 1000 A AC/DC, C-6 do 10 A AC oraz cęgów giętkich: F-1 (śr. 40 cm), F-2 (śr. 25 cm), F-3 (śr. 12 cm) do 3 kA AC. Wyposażeniem dodatkowym jest również adapter OR-1 do transmisji radiowej.

4. OPROGRAMOWANIE SONEL ANALIZA



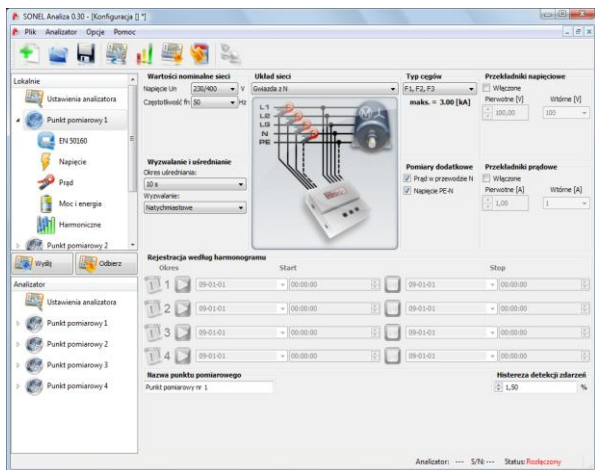
Kluczowym elementem stanowiącym o przydatności urządzenia w prowadzonych analizach jest oprogramowanie Sonel Analiza, bez którego sam przyrząd nie może funkcjonować. Program umożliwia zarówno konfigurowanie poszczególnych funkcji pomiarowych, analizę danych zgromadzonych w procesie rejestracji oraz obserwację parametrów bieżących sieci z miernika.

Program umożliwia pełną konfigurację analizatora pod kątem rejestrowanych parametrów, zabezpieczeń, preferencji punktów pomiarowych (analizator umożliwia rejestrację w czterech różnych punktach dzięki czterem niezależnym konfiguracjom). Z poziomu programu można ustawić tryb wyzwania rejestracji, ustawić harmonogram czasowy rejestracji czy też skonfigurować przydział pamięci dla poszczególnych punktów pomiarowych.

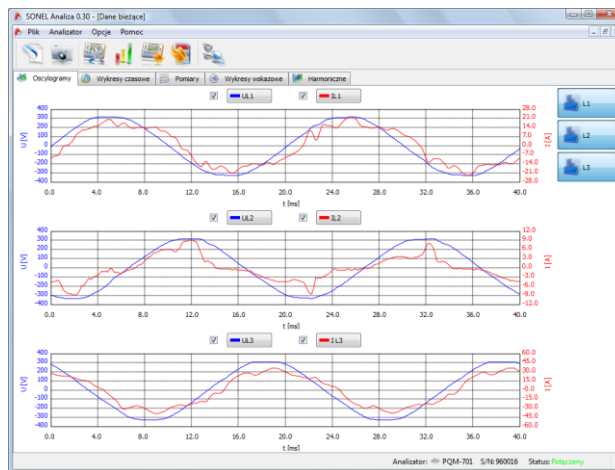
Zupełnie niezależnie od prowadzonej rejestracji oraz wybranych w trybie konfiguracji parametrów, istnieje możliwość podglądu wielu parametrów w czasie rzeczywistym, które są mierzone przez PQM-701. Zobaczyć można:

- wykresy przebiegów prądu i napięcia dla poszczególnych faz,
- wykresy wartości prądu i napięcia w funkcji czasu dla poszczególnych faz,
- wszystkie wielkości, w formie tabelarycznej, mierzone przez urządzenie PQM-701,
- przesunięcia napięć i prądów prezentowane na wykresie wskazowym,
- harmoniczne prądów i napięć aż do 50-tej harmonicznej oraz mocy czynnej i biernej harmonicznymi.

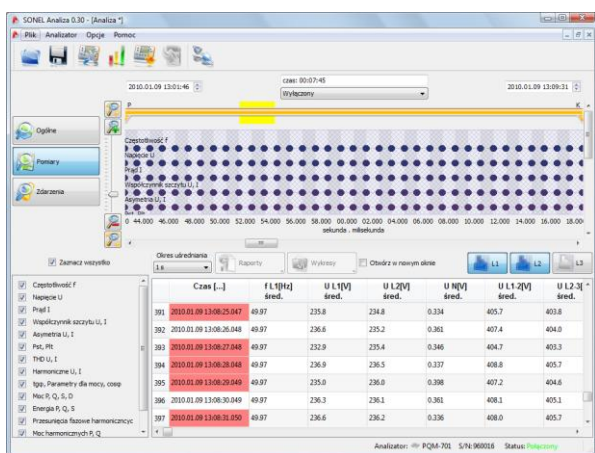
Głównym celem programu jest odczyt danych z miernika i ich analiza. Użytkownik ma do dyspozycji możliwość przeglądania danych z pomiarów w formie tabelarycznej, przeglądania zdarzeń wraz z ich oscylogramami oraz tworzenia raportów i różnego rodzaju wykresów. Ekran zdarzeń otwiera przed użytkownikiem szerokie możliwości analizy wszystkich wybranych zdarzeń. Program daje możliwość drukowania raportów oraz wykresów. W przypadku kiedy w okresie rejestracji, zapisano wiele setek zdarzeń, istnieje możliwość odznaczenia markerem tylko tych, które z jakichś powodów są dla nas istotne bardziej niż inne.



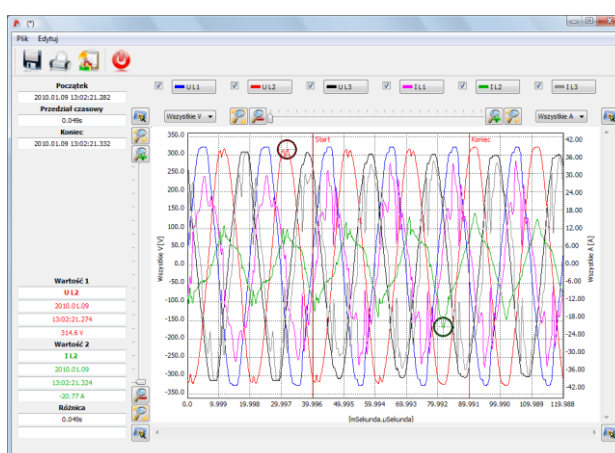
Rys. 4. Konfiguracja analizatora



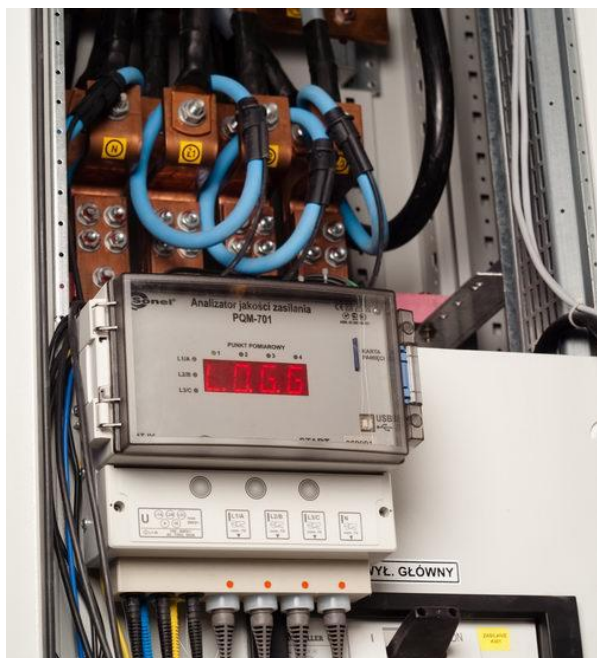
Rys. 5. Oscylogramy prądu i napięcia



Rys. 6. Dane pomiarowe



Rys. 7. Oscylogramy zdarzenia



Rys. 8. Fotografia analizatora PQM-701 w miejscu zainstalowania



Rys. 9. Fotografia analizatora PQM-701 w miejscu zainstalowania

5. PODSUMOWANIE

PQM-701 wraz z oprogramowaniem stanowi niezwykle przydatny analizator jakości zasilania do zastosowania we wszystkich obszarach elektroenergetyki, zarówno w energetyce zawodowej jak i zakładach przemysłowych. Odporny na warunki środowiskowe, łatwy w obsłudze i z przyjaznym programowaniem stanowi doskonałą alternatywę dla urządzeń już funkcjonujących na rynku, zwłaszcza w zakresie ceny do możliwości