

Roman DOMAŃSKI
Marcin SZKUDNIEWSKI
Sonel S.A.

Bezpieczeństwo eksploatacji instalacji elektrycznych a jakość zasilania. Analiza jakości zasilania w świetle normy PN-EN 50160 i Rozporządzenia systemowego. Analizatory PQM-701/701Z

Streszczenie: *W dzisiejszym świecie jakość zasilania ma ogromny wpływ na bezpieczeństwo użytkownika sieci elektroenergetycznych, urządzeń zasilanych energią elektryczną oraz na koszty związane z ewentualnymi awariami spowodowanymi złą jakością energii. Do kontroli jakości zasilania potrzebne są odpowiednie narzędzia jak analizatory PQM-701/701Z.*

Słowa kluczowe: analiza, jakość zasilania, analizator, harmoniczne, zapady, zaniki, przerosty, napięcie, moc, prąd

WSTĘP

Energia elektryczna jest produktem, więc podobnie jak inne produkty, powinna spełniać odpowiednie wymagania jakościowe. Aby urządzenia elektryczne działały poprawnie wymagane jest, aby wartość napięcia zasilającego (oraz inne parametry zasilania) zawierała się w określonej tolerancji.

W zasadzie aż do lat 80-tych problem jakości zasilania oraz związanych z tym zagadnieniem wielu zjawisk w Polsce praktycznie 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.

Obecnie zdecydowana większość urządzeń (szczególnie elektronicznych i komputerowych) wymaga wysokiej jakości energii. Niestety, urządzenia te są często przyczyną odkształceń napięcia zasilającego w instalacji, gdyż z powodu nieliniowości swoich charakterystyk pobierają niesinusoidalny prąd przy sinusoidalnym napięciu zasilającym. 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.

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 na znaczne straty materialne. Utrzymywanie zadowolającej jakości energii jest więc niezwykle ważną kwestią. Dotyczy to zarówno dostawcy jak i odbiorcy energii elektrycznej.

Dostawców energii obowiązują wytyczne zawarte w normie EN 50160. Zgodnie z tą normą, dostawca jest stroną, która dostarcza energię elektryczną za pośrednictwem publicznej sieci rozdzielczej. W niektórych krajach, w tym w Polsce, norma została uzupełniona o dodatkowe zapisy. Dlatego w Polsce dokumentem nadrzędnym w stosunku do normy EN 50160 jest „Rozporządzenie Ministra Gospodarki w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego”. Rozporządzenie określa dodatkowo, że parametry jakościowe powinny być spełnione przez dostawcę, jeśli odbiorca nie pobiera mocy biernej przy współczynniku $\text{tg}\varphi > 0,4$ oraz nie pobiera większej mocy czynnej od mocy umownej.

Nabywcą energii jest odbiorca, który ma prawo wymagać, aby jakość energii elektrycznej dostarczanej przez dostawcę była odpowiednia. W praktyce, poziom jakości energii jest kompromisem między odbiorcą a dostawcą. Jeżeli jakość energii nie jest odpowiednia, powinny być podjęte środki poprawy jakości energii i wykonanie analizy kosztów i korzyści. Zwykle koszty niskiej jakości energii zwykle przewyższają koszty środków potrzebnych do jej poprawy. Różne źródła podają, że straty wynikające z niskiej jakości zasilania mogą wynosić w UE nawet do 100 mld euro rocznie.

Ponieważ energia elektryczna jest specyficznym produktem i nie można jej w prosty sposób magazynować w celu późniejszego pomiaru jakości, pomiary muszą być wykonane w punkcie poboru energii i w czasie jej dostarczania. Pomiary te stanowią złożony problem, ponieważ dostawcy i odbiorcy, których urządzenia są nie tylko wrażliwe na złe parametry zasilania, ale same są także źródłem zaburzeń, mają odmienne punkty widzenia.

Jak już wspomniano wcześniej, norma EN 50160 jest zasadniczym dokumentem formułującym wymagania po stronie dostawcy energii elektrycznej. Natomiast normą, którą można przyporządkować do odbiorców jest EN 61000. W tej wieloarkuszowej normie zawarto wiele zagadnień związanych z kompatybilnością elektromagnetyczną urządzeń (EMC). W normie opisano m.in. metodologię pomiarów jakości zasilania oraz budowy analizatorów zasilania.

ZABURZENIA W SIECI

Zaburzenia powodujące złą jakość zasilania są różnorodne 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 harmonicznnych,
- występowanie zapadów i zaników napięcia,
- zdarzenia krótkotrwałe ale o bardzo wysokich amplitudach, przepięcia,
- migotanie światła (flicker),
- asymetria zasilania.

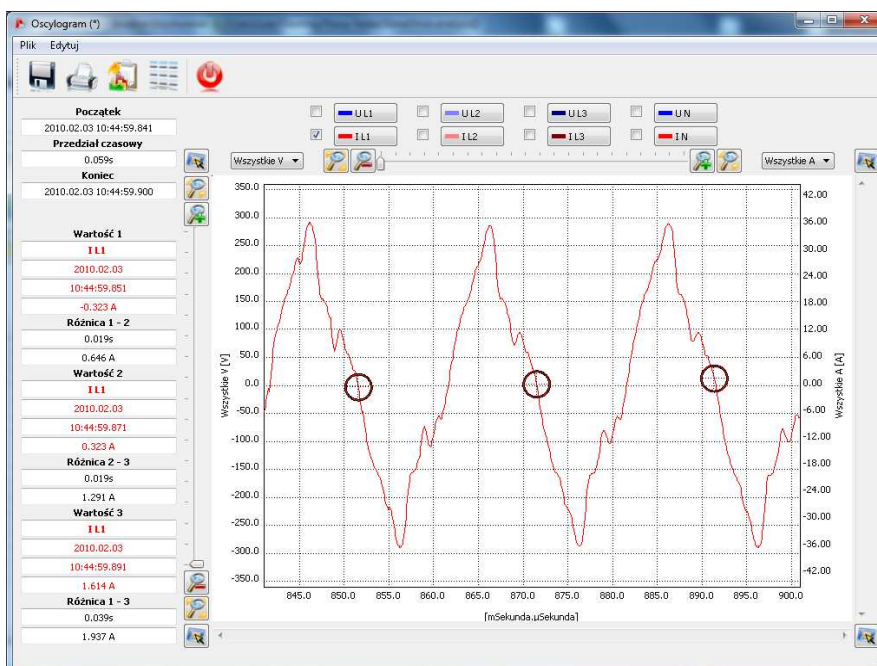
VII Lubuska Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2012

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 (światłówki 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.

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 standardowo zostało przyjęte w normie EN 50160 rejestrowanie harmonicznych do 25. Niemniej wiele analizatorów potrafi rejestrować 50 i więcej harmonicznych.



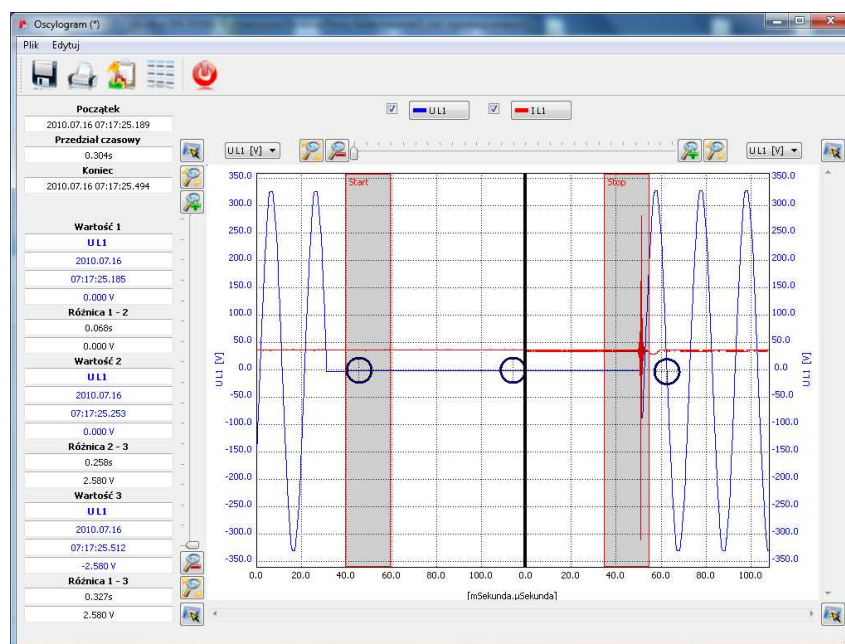
Rys 1. Przykład przebiegu odkształconego prądu

Oprócz występowania harmonicznych o wyższych częstotliwościach całkowitych w stosunku do znamionowej częstotliwości sieci, można w sieci zaobserwować harmoniczne o wyższych częstotliwościach pośrednich. Są to tzw. interharmoniczne. Najnowsza norma EN 50160 wspomina o tym zjawisku, ale nie podaje wartości granicznych dla oceny jakości zasilania.

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.

Zapady napięcia i przerwy w zasilaniu



Rys. 2. Przykład zaniku napięcia (przerwy w zasilaniu)

Zapad napięcia jest krótkotrwałym zmniejszeniem wartości napięcia w przedziale 90% do 5% napięcia znamionowego wg normy EN 50160. 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. we wsiach, gdzie występują

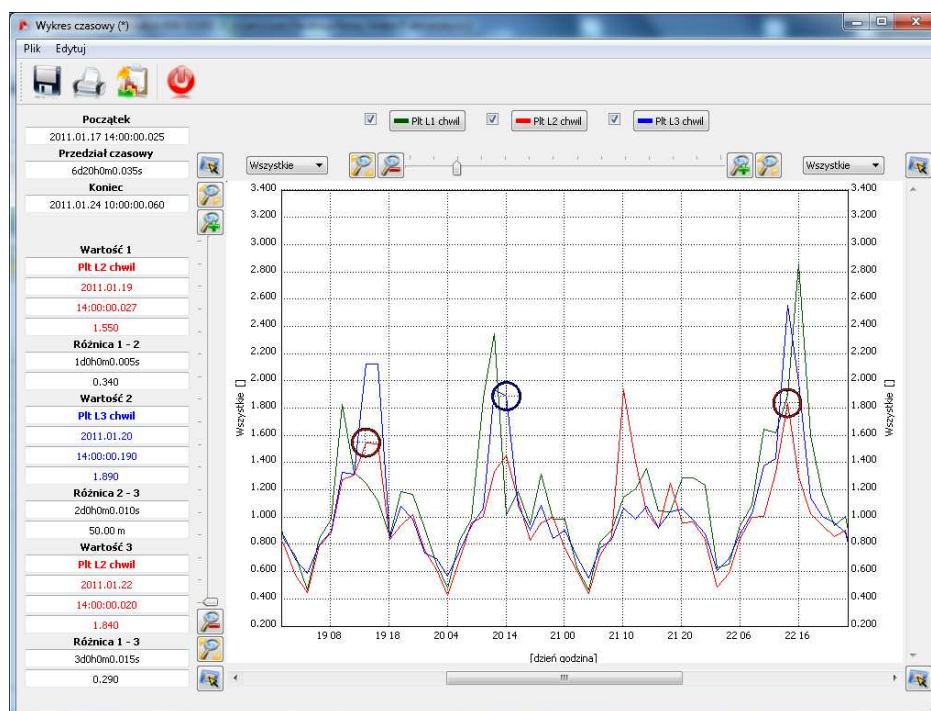
VII Lubuska Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2012

napowietrzne linie nn o małych przekrojach przewodów). Rzadziej występującą przyczyną zapadów są zwarcia występujące w sieciach rozdzielczych jak również odbiorczych.

Specyficzną formą zapadu jest zanik napięcia (przerwa w zasilaniu). Występuje wówczas, gdy wartość napięcia obniży się poniżej 5% wartości znamionowej. Przerwy dzieli się na krótkie (do 180 s włącznie) oraz na długie (powyżej 180 s)

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 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 spadków napięcia na skutek przyłączania i odłączania obciążeń o dużej mocy (np. spawarki, piece łukowe itp.) i pewien poziom migotania jest obecny w większości sieci zasilających.



Rys. 3. Przykład wykresu czasowego wskaźnika Plt

Na rys. 3 przedstawiono wykres długookresowego wskaźnika migotania światła, wykreślonego z ponad tygodniowej rejestracji. Można wyraźnie zauważyć, że w badanej

sieci graniczna wartość jedności dla tego wskaźnika jest przekroczona ponad trzy razy. Wykres pokazuje, że codziennie były załączane urządzenia, które powodowały zbyt duże wahania napięcia zasilającego, a co za tym idzie, zbyt uciążliwe migotanie światła.

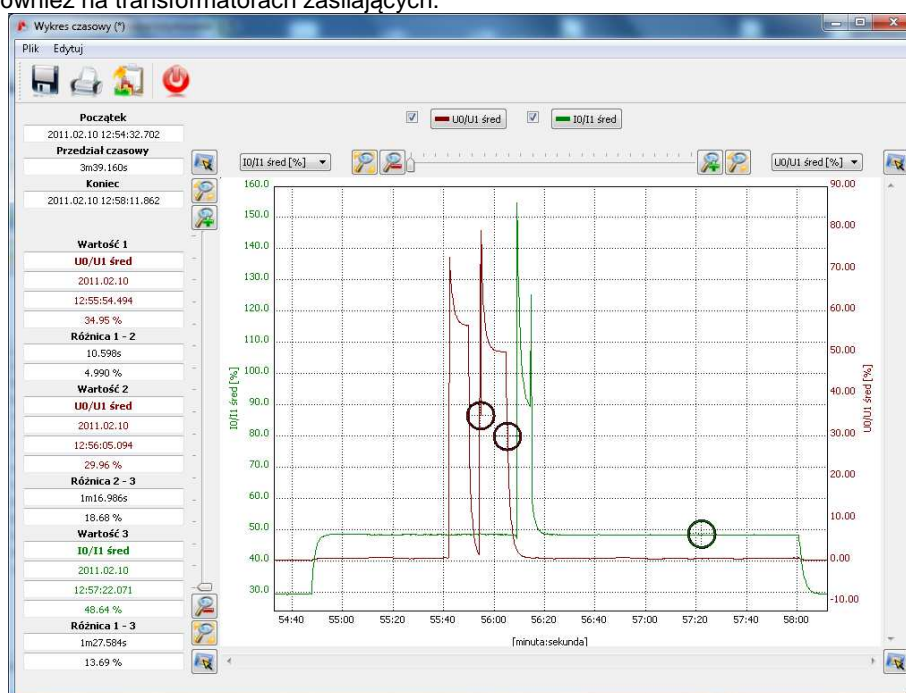
Asymetria

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.



Rys. 4. Asymetria w prądzie i napięciu spowodowana operacjami łączeniowymi

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 we wsiach) asymetria może powodować pogłębienie zapadów napięcia oraz migotania światła.

VII Lubuska Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2012

Parametry jakościowe wg EN 50160 oraz Rozporządzenia systemowego

Poniżej podano tabelę, w której są parametry określone normą EN 50160 z 2010 roku. Dodatkowo pokazano wymagania stawiane przez polskie Rozporządzenie Ministra Gospodarki (na czerwono, jeśli różnią się od normy EN 50160). Norma EN 50160 precyzuje:

- sieci nn jako do 1kV,
- sieci SN powyżej 1kV do 36kV włącznie,
- sieci NN powyżej 36kV do 150kV włącznie.

Lp. Parametr	Warunki pomiaru i dopuszczalne odchylenia od wartości znamionowej			
	nn	SN	NN	
1	Częstotliwość	Wartość średnia częstotliwości mierzona w czasie 10s nie powinna przekraczać $\pm 1\%$ częstotliwości znamionowej przez 99,5% roku oraz + 4% i -6% przez pozostałe 0,5% roku.	Jak dla nn	Jak dla nn
2	Zmiany napięcia zasilającego	Średnia wartość skuteczna napięcia mierzona w czasie 10 min powinna mieścić się w przedziale $\pm 10\%$ napięcia znamionowego przez 95% tygodnia (wyłączając przerwy w zasilaniu). Przez pozostałe 5% tygodnia napięcie powinno być w przedziale +10% i -15% U_n .	Jak dla nn	Brak wytycznych +5% / -1% dla 400kV $\pm 10\%$ dla 110, 220kV
3	Asymetria napięcia zasilającego	Średnie wartości skuteczne składowej symetrycznej przeciwnej mierzone w czasie 10 min, w okresie każdego tygodnia, w 95% pomiarów nie powinny przekraczać 2% składowej zgodnej.	Jak dla nn	Jak dla nn $u_2 < 1\%$
4	Migotanie światła	Długookresowy wskaźnik migotania światła P_{lt} przez 95% tygodnia nie powinien przekroczyć wartości 1.	Jak dla nn	Jak dla nn $P_{lt} < 0,8$
5	Harmoniczne napięcia zasilającego	Współczynnik THD_{uF} uwzględniający harmoniczne do 40 rzędu (umownie) nie powinien przekraczać 8%.	Jak dla nn	Brak wytycznych $THD_{uF} \leq 3\%$
6	Sygnał sterujące	W niektórych krajach możliwe jest przesyłanie sygnałów sterujących przez sieć rozdzielczą. W czasie stanowiącym 99% dnia, wartość sygnałów napięcia, uśredniane w czasie 3s nie powinny przekroczyć 9% (0,1-0,5kHz), 9%-5% (0,5-1kHz), 5% (1-10kHz).	Jak dla nn	Jak dla nn
8	Inne parametry	Warunkiem utrzymania parametrów wg Rozporządzenia jest pobór mocy czynnej mniejszy od mocy umownej i $tg\phi < 0,4$.	Jak dla nn	Jak dla nn

Tabela 1. Parametry jakościowe określone w normie EN 50160 oraz Rozporządzeniu (różnice wytłuszczono)

Rozporządzenie mówi o grupach odbiorców w zależności od poziomu napięcia sieci. Poszczególne grupy to:

- Grupa I – odbiorcy podłączeni do sieci wyższej od 100 kV,
- Grupa II – odbiorcy podłączeni do sieci 110 kV,
- Grupa III – odbiorcy podłączeni do sieci wyższej od 1kV ale niższej od 110 kV,
- Grupa IV i V – odbiorcy podłączeni do sieci poniżej 1kV,
- Grupa VI – odbiorcy tymczasowi (wg indywidualnych umów).

Średnie wartości skuteczne poszczególnych harmonicznym mierzone w czasie 10 min., w normalnych warunkach pracy, w okresie każdego tygodnia, w 95% pomiarów nie powinny przekraczać wartości podanych poniżej w tabeli.

Nieparzyste harmoniczne nie będące krotnością 3				Nieparzyste harmoniczne będące krotnością 3				Parzyste harmoniczne			
Rząd h	Wartość harmonicznym U_h [%]			Rząd h	Wartość harmonicznym U_h [%]			Rząd h	Wartość harmonicznym U_h [%]		
	Sieci nn i Sn	Sieć NN			Sieci nn i Sn	Sieć NN			Sieci nn i Sn	Sieć NN	
		Rozp.	Norma			Rozp.	Norma			Rozp.	Norma
5	6	2	5	3	5	2	3	2	2	1,5	1,9
7	5	2	4	9	1,5	1	1,3	4	1	1	1
11	3,5	1,5	3	15	0,5	0,3	0,5	6	0,5	0,5	0,5
13	3	1,5	2,5	21	0,5	0,2	0,5	8	0,5	0,2	0,5
17	2	1	-	>21		0,2	-	10	0,5	0,2	0,5
19	1,5	1	-					12	0,5	0,2	0,5
23	1,5	0,7	-					>12	0,5	0,2	0,5
25	1,5	0,7	-								
>25		0,2+	-								
		$+0,5 \frac{25}{h}$	-								

Tabela 2. Limity dla harmonicznym wg EN 50160 oraz Rozporządzenia (różnice wytłuszczone)

ANALIZATORY PQM-701/701Z

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 należy rozpoznać zjawiska występujące w tej sieci i prawidłowo je zinterpretować. Aby to zrobić, trzeba posiadać odpowiednie narzędzie do diagnostyki. Takimi narzędziami są analizatory PQM-701/701Z.

Należy podkreślić, że analizatory PQM-701/701Z rejestrują większość parametrów zgodnie z algorytmami i niepewnościami określonymi w normie EN 61000 dla urządzeń wykonanych w klasie A. Dzięki temu można być pewnym, że pomiary będą zarejestrowane rzetelnie.

VII Lubuska Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2012



Rys 5. Analizator jakości zasilania PQM-701 oraz PQM-701Z

Mierniki są adresowane do bardzo szerokiego grona użytkowników, którzy potrzebują kontrolować jakość energii elektrycznej przy użyciu urządzenia przenośnego. Przeznaczone są do wykorzystania praktycznie we wszystkich rodzajach sieci do 690 V w sposób bezpośredni lub pośredni poprzez przekładniki prądowe oraz napięciowe. Mogą pracować w sieciach jednofazowych, dwufazowych ze wspólnym N, trójfazowych połączonych w gwiazdę (z lub bez przewodu N) lub trójfazowych o układzie trójkąta a także w sieciach stałoprądowych (PQM-701Z). Tak więc PQM-701 i PQM-701Z są przyrządami, które mogą znaleźć zastosowanie zarówno w obszarze energetyki zawodowej, służb utrzymania ruchu w zakładach przemysłowych jak również wśród osób prowadzących działalność usługową w zakresie analizy jakości zasilania.

Analizatory zostały umieszczone w prostej, solidnej obudowie o stopniu ochrony IP65. Jej konstrukcja umożliwia zainstalowanie analizatorów praktycznie w każdych warunkach zarówno na zewnątrz jak i wewnątrz pomieszczeń. Mierniki posiadają wbudowaną grzałkę, która włącza się automatycznie, jeśli temperatura wewnątrz miernika spada poniżej 0°C (grzałka posiada cztery stopnie mocy). Dzięki temu zapewnione są optymalne warunki dla pracy układów elektronicznych analizatorów. Dołączone do mierników specjalne opaski pozwalają na założenie przyrządów np. na słupie.

Analizatory wyposażone są 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).

Przyrządy wyposażono w wymiowaną kartę pamięci typu SD (ang. *Secure Digital*) o dużej pojemności. Po zakończonej rejestracji możliwe jest wyjęcie karty z analizatora i użycie zewnętrznego czytnika kart SD. W połączeniu z dołączonym oprogramowaniem gwarantuje to maksymalnie szybki transfer danych do komputera. Dane można również odczytać przy użyciu łącza USB lub transmisji radiowej, przy czym łącze radiowe służy głównie do podglądu danych bieżących oraz zdalnego wyzwalania lub zatrzymywania rejestracji. Zasięg połączenia radiowego wynosi do 10m.

Analizatory jakości zasilania PQM-701/701Z są zaawansowanymi technicznie produktami umożliwiającymi 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.

Analizatory rejestrują współczynniki szczytu dla prądu i napięcia, częstotliwości w zakresie 40Hz do 70Hz, moc czynną, pozorną, okształconą, bierną wraz z określeniem jej charakteru (pojemnościowa lub indukcyjna). Przy pomiarach mocy biernej można wykorzystać dwie metody pomiaru: Budeanau lub IEEE 1549. Oczywiście takie parametry jak energia czynna, bierna, pozorna, współczynnik mocy (Power Factor), $\cos\phi$ i $\tan\phi$ są również rejestrowane. Kolejne wielkości które możemy analizować to stopień przeciążenia transformatora spowodowany zakłóceniami harmonicznymi (współczynnik K), harmoniczne w prądzie i napięciu do 50-tej, współczynnik THD w prądzie i w napięciu, współczynnik migotania światła krótko i długookresowy, 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.

PQM-701 i PQM-701Z dostarczane są w zestawie ze wszystkimi niezbędnymi przewodami przyłączeniowymi i przewodami zasilającymi (PQM-701 posiada zasilanie z fazy L-1 natomiast PQM-701Z posiada zasilanie niezależne). W komplecie znajdują się krokodylki, przewód do transmisji danych, karta SD, przewód USB, moduł OR-1 do transmisji radiowej, walizka transportowa, zestaw do mocowania urządzenia na słupie i oczywiście oprogramowanie. Akumulator podtrzymujący pracę urządzenia w przypadku zaniku napięcia 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.



Rys. 6. Analizator PQM-701 w zestawie z akcesoriami standardowymi

VII Lubuska Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2012

PROGRAM 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 mierników pod kątem rejestrowanych parametrów, zabezpieczeń, preferencji punktów pomiarowych (analizatory umożliwiają rejestrację w czterech różnych punktach dzięki czterem niezależnym konfiguracjom). Z poziomu programu można ustawić tryb wyzwiania rejestracji, ustawić harmonogram czasowy rejestracji czy też skonfigurować przydział pamięci dla poszczególnych punktów pomiarowych.

Należy podkreślić, że program „Sonel Analiza” jest całkowicie w wersji polskiej (istnieje możliwość wybrania innych wersji językowych interfejsu użytkownika). Obsługa jest bardzo prosta i nie zmusza użytkownika do wielodniowych sesji przed komputerem celem nauczenia się podstawowych funkcji programu.



Rys. 7. Ekran startowy programu

Konfiguracja analizatora

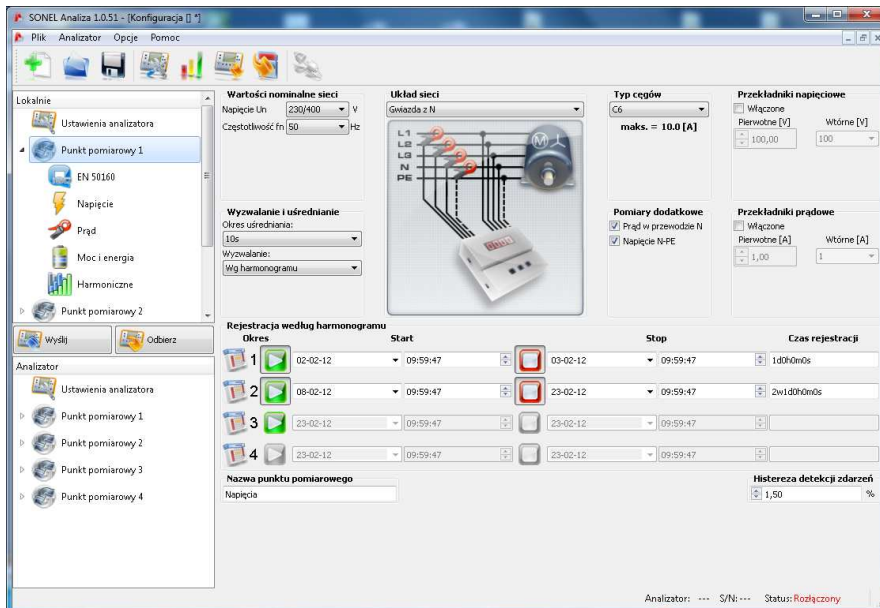
Pierwszym krokiem przed wykonaniem pomiarów sieci, jest konfiguracja analizatora po podłączeniu do komputera. Program umożliwia ustawienie wszelkich parametrów, które mają być rejestrowane na kartę pamięci. Celem oszczędzenia miejsca na karcie, parametry nie zaznaczone nie będą fizycznie zapisywane.

Analizator umożliwia niezależne skonfigurowanie czterech punktów pomiarowych. Umożliwia to rejestrację w czterech różnych miejscach, bez każdorazowego przeprogramowywania analizatora. Niemniej w trakcie rejestracji pracuje jeden wybrany wcześniej punkt pomiarowy. Dla każdego punktu pomiarowego można określić dowolną ilość pamięci, która jest dostępna na karcie SD.

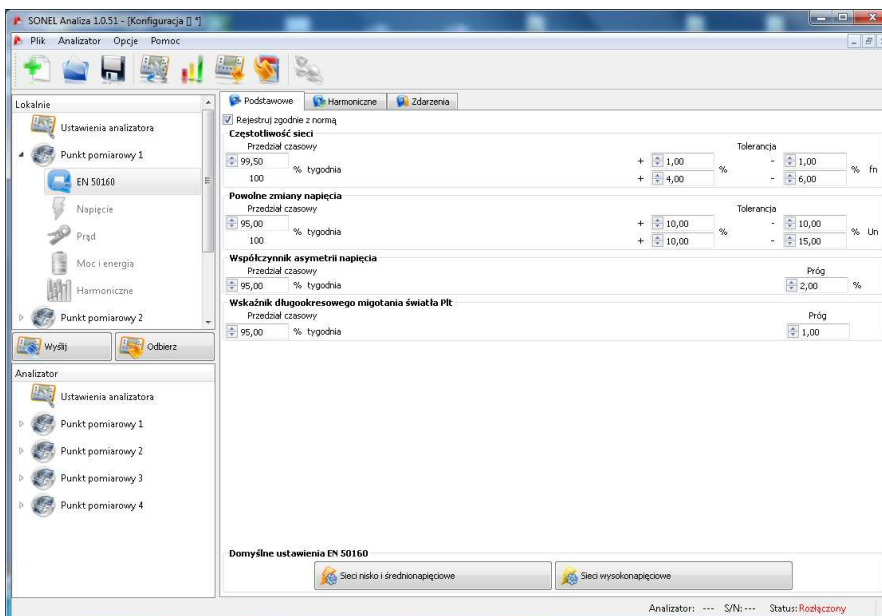
Dla każdego punktu określone są podstawowe informacje dotyczące układu sieci, użytych cęgów prądowych, przekładników i innych parametrów. Określa się również co jaki czas analizator ma zapisywać dane na kartę (okres uśredniania) oraz jak ma zostać wywołony pomiar. Okres uśredniania można ustawić od połowy okresu (czyli analizator będzie zapisywał dane co 10 ms!) aż do 120 min. Okres uśredniania co 10 ms jest niezwykle użyteczny przy rozruchach silników czy też innych maszyn, które podczas rozruchu mogą generować różne szybkozmienne zjawiska w prądzie lub napięciu.

Rozwinięcie danego punktu odsłania zakładki, według których możemy konfigurować parametry rejestracji dla:

- zgodności rejestrowanych parametrów wymaganych normą EN 50160 oraz Rozporządzeniem systemowym,
- lub pozostałych parametrów wg potrzeb Użytkownika (wszelkie parametry napięcia, prądu, mocy i energii oraz harmonicznych).



Rys. 8. Ekran konfiguracji punktu pomiarowego

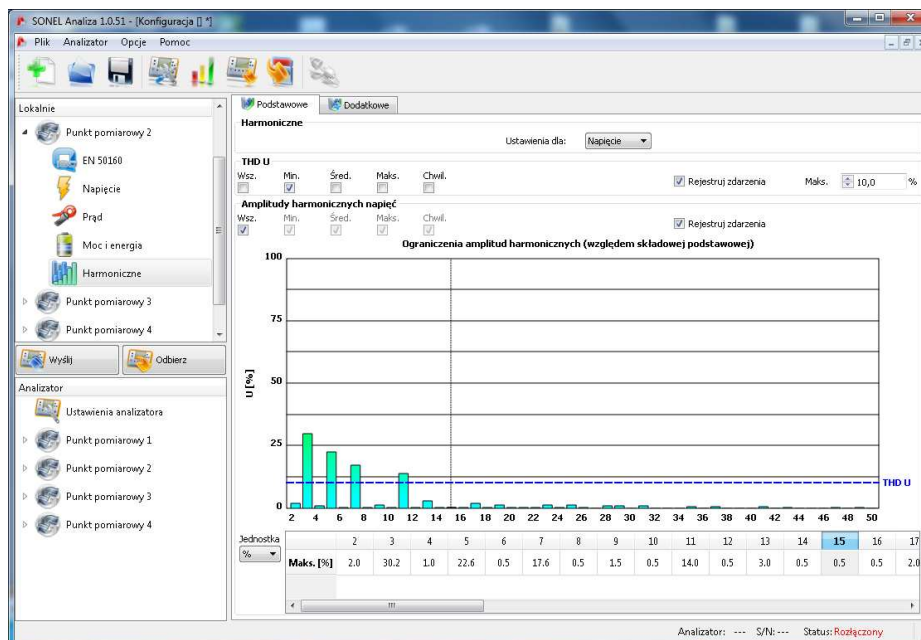


Rys. 9. Konfiguracja analizatora do rejestracji na zgodność z normą

VII Lubuska Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2012

Zakładka „EN 50160” pozwala praktycznie jednym kliknięciem myszki, skonfigurować urządzenie w taki sposób aby rejestrowane parametry na zgodność z normą EN 50160 oraz Rozporządzeniem systemowym. Dodatkowo można ustawić, czy dla zdarzeń mają być rejestrowane oscylogramy

W przypadku ustawiania parametrów wg potrzeb Użytkownika dla prądów, napięć czy też mocy i energii, postępowanie jest proste i bardzo intuicyjne. Polega ono na zaznaczeniu odpowiednich pozycji i ewentualnie ustaleniu niezbędnych parametrów rejestracji np. wartości min i max określających poszczególne zdarzenia. Wszystkie te czynności powtarzamy, jeśli istnieje taka konieczność, dla kolejnych punktów pomiarowych. Po skonfigurowaniu interesujących nas parametrów, ustawienia transmitujemy do rejestratora i możemy rozpocząć rejestrację, oczywiście uprzednio przyłączając odpowiednio urządzenie do badanej sieci.



Rys. 10. Przykład okna konfiguracji parametrów Użytkownika – parametry harmonicznyc

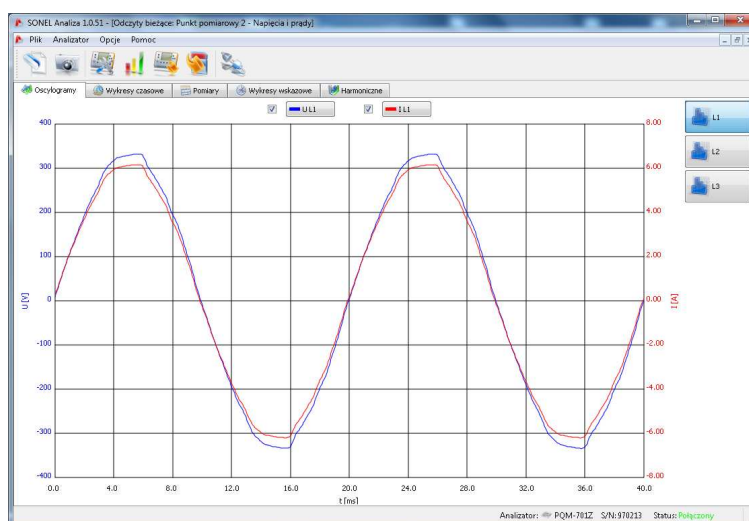
Oprócz konfiguracji parametrów rejestracji, program „Sonel Analiza” umożliwia:

- ustawienie poprawnego czasu w analizatorze,
- zablokowania klawiatury kodem, aby nikt niepowołany nie mógł obsługiwać analizatora,
- zmianę kodu PIN niezbędnego do transmisji danych z analizatora do komputera, aby uniknąć nieuprawnionego podłączenia i odczytania danych,
- wygaszenie wyświetlacza i diod pomocniczych, aby analizator wiszący w nocy na słupie, nie wzbudzał niepotrzebnego zainteresowania osób postronnych.

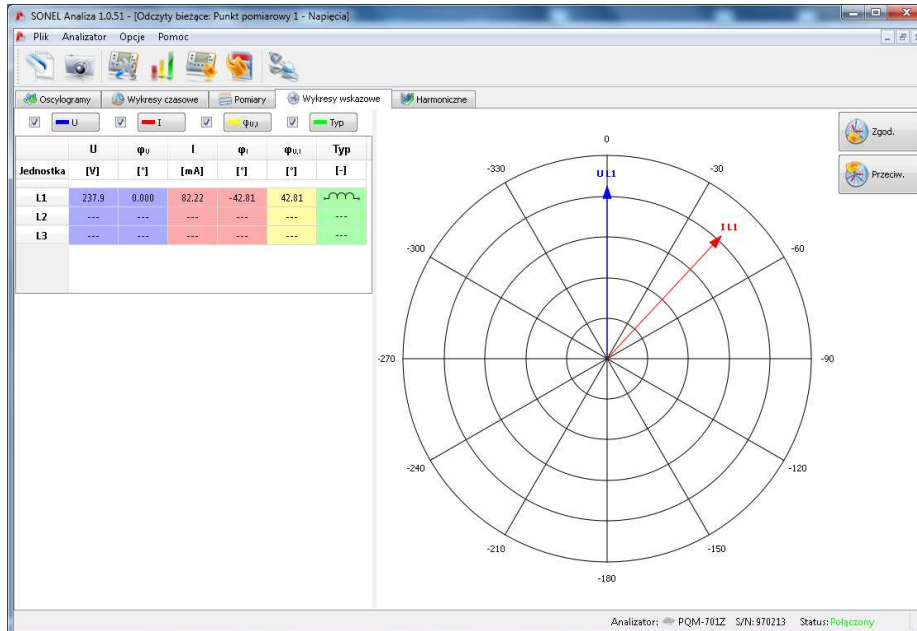
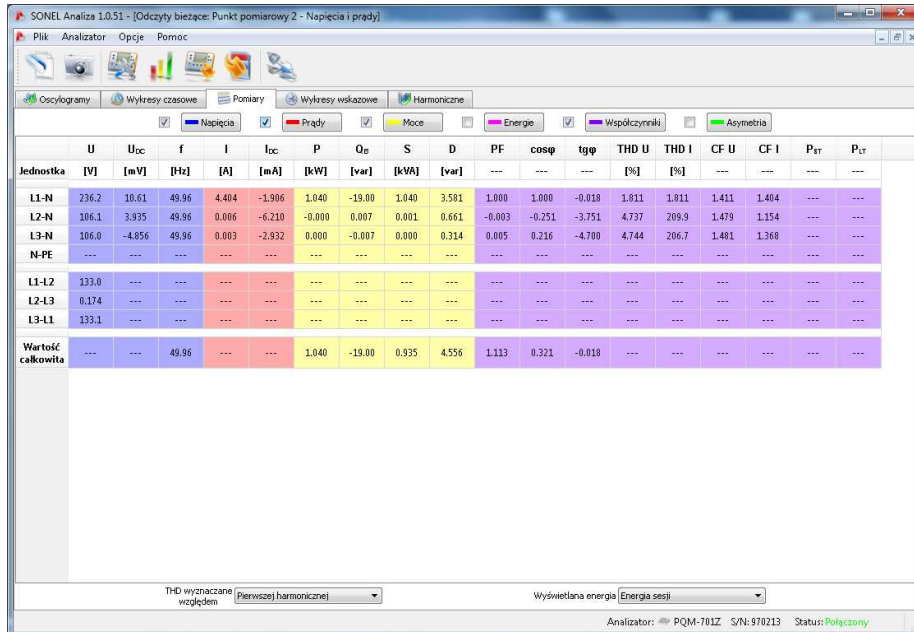
Odczyt danych bieżących

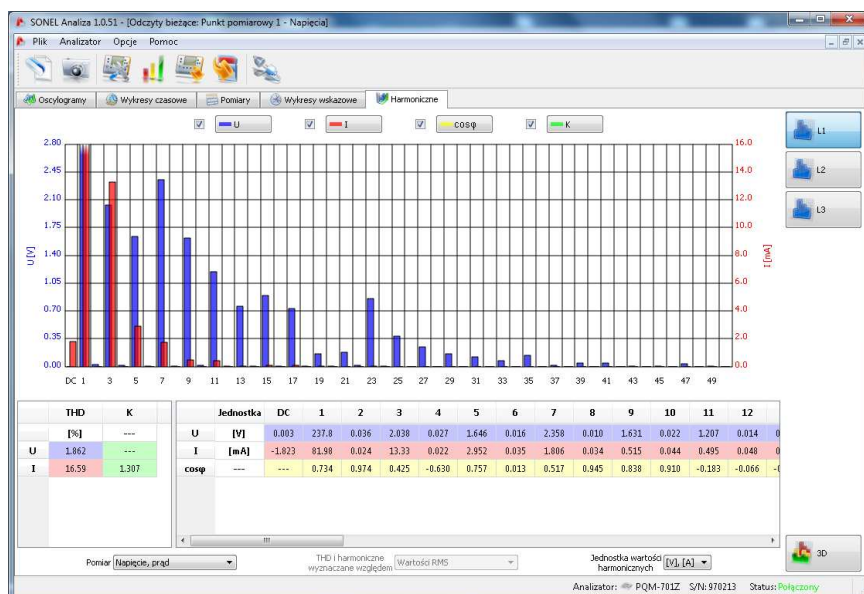
Zupełnie niezależnie od prowadzonej rejestracji oraz wybranych w trybie konfiguracji parametrów, istnieje możliwość podglądu wielu parametrów w czasie rzeczywistym, które są mierzone przez analizator. Po wejściu w tryb odczytu tych parametrów, można obserwować:

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



VII Lubuska Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2012





Rys. 11. Poszczególne ekrany w trybie podglądu danych bieżących

Odczyt zarejestrowanych danych i ich analiza

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.

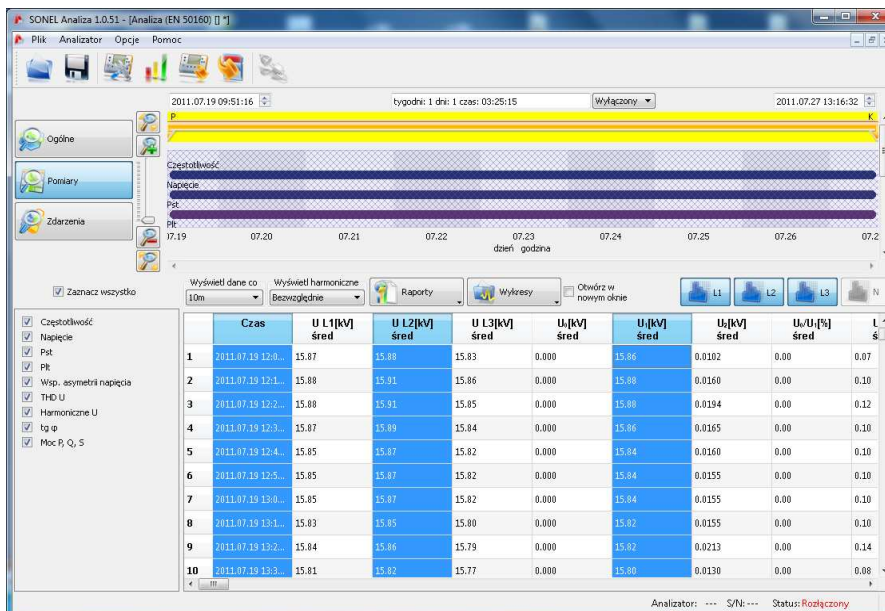
Po odczytaniu danych z pamięci i wybraniu interesującego przedziału czasowego do analizy, program otwiera okno analizy w którym Użytkownik ma możliwość szybkiego podglądu wybranego okresu w postaci ekranu graficznego, na którym zaznaczone są w postaci kropek pomiary, zdarzenia oraz oscylogramy zdarzeń. Można tutaj również szybko podglądać wybrane zdarzenia i w razie potrzeby dalszej analizy przenieść je na listę zdarzeń do dalszej obróbki.

VII Lubuska Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2012



Rys. 12. Ekran ogólny z uproszczonym podglądem zdarzeń

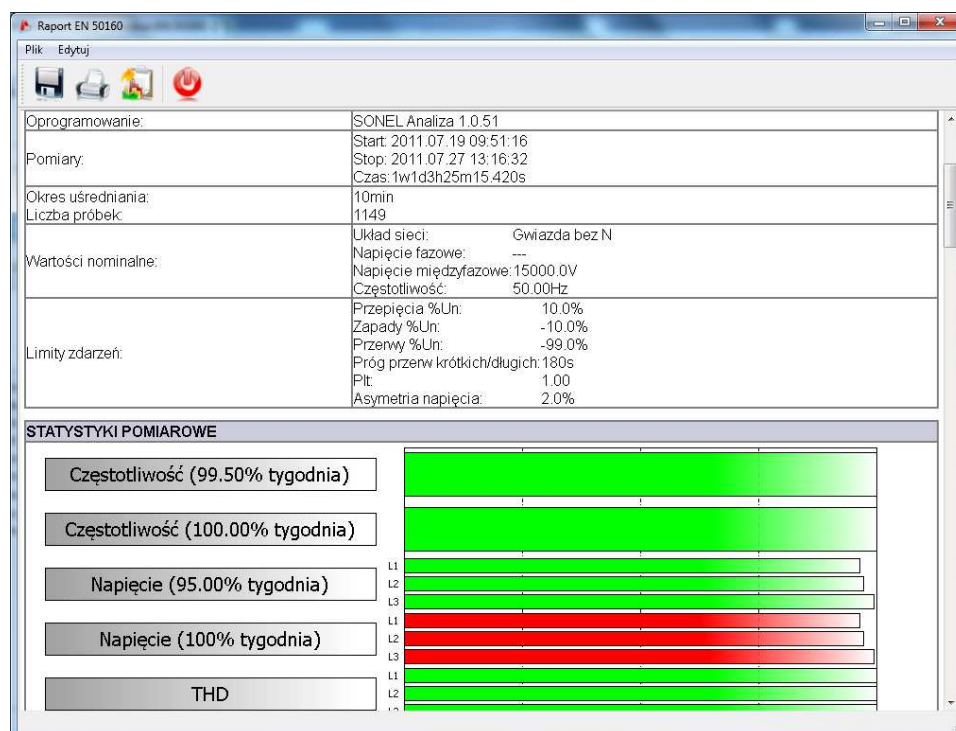
Aby szczegółowo analizować zarejestrowane dane, należy przejść do pozostałych dwóch ekranów, czyli Pomiarów i Zdarzeń.



Rys. 13. Ekran pomiarów z danymi w formie tabelarycznej

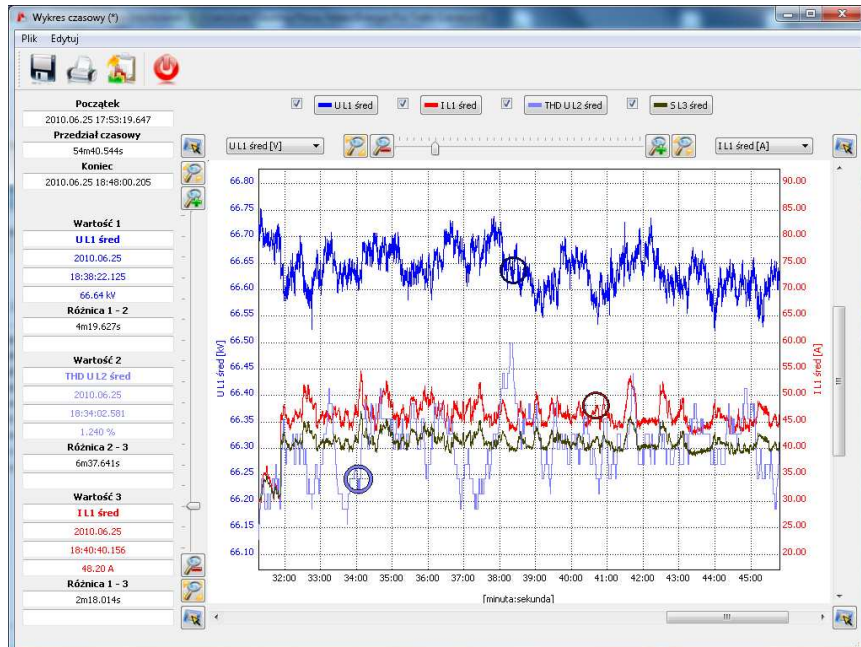
Ekran Pomiary to szczegółowe przeglądanie danych prezentowanych w formie tabelarycznej. Istnieje tu możliwość tworzenia wykresów z dowolnych danych oraz raportu na zgodność z normą i Rozporządzeniem (gdy była wybrana odpowiednia opcja w konfiguracji) lub raportów Użytkownika.

Aby ułatwić analizę dużej ilości danych, Użytkownik ma do wyboru cały szereg możliwości filtrowania parametrów tak, aby dopasować ich ilość do aktualnych potrzeb. Można wg potrzeb włączać lub wyłączać poszczególne fazy, można wybrać do wyświetlenia tylko jeden interesujący parametr (np. tylko częstotliwość), można włączać lub wyłączać wyświetlanie danych maksymalnych, minimalnych, chwilowych czy też średnich. Wszystko to po to, aby szybko i sprawnie móc dokonywać analizy dużej ilości danych.

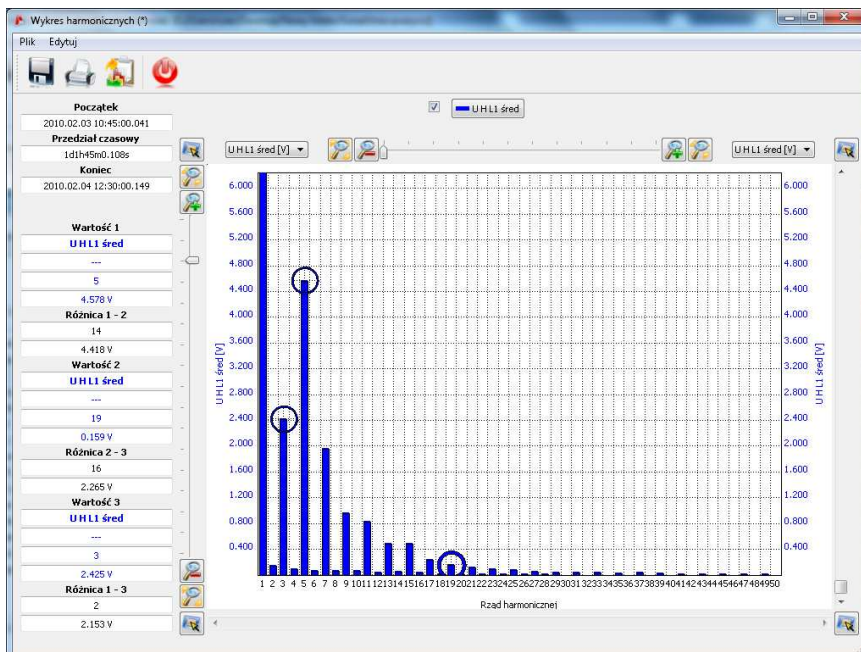


Rys. 14. Fragment raportu na zgodność z normą EN 50160 i Rozporządzeniem systemowym

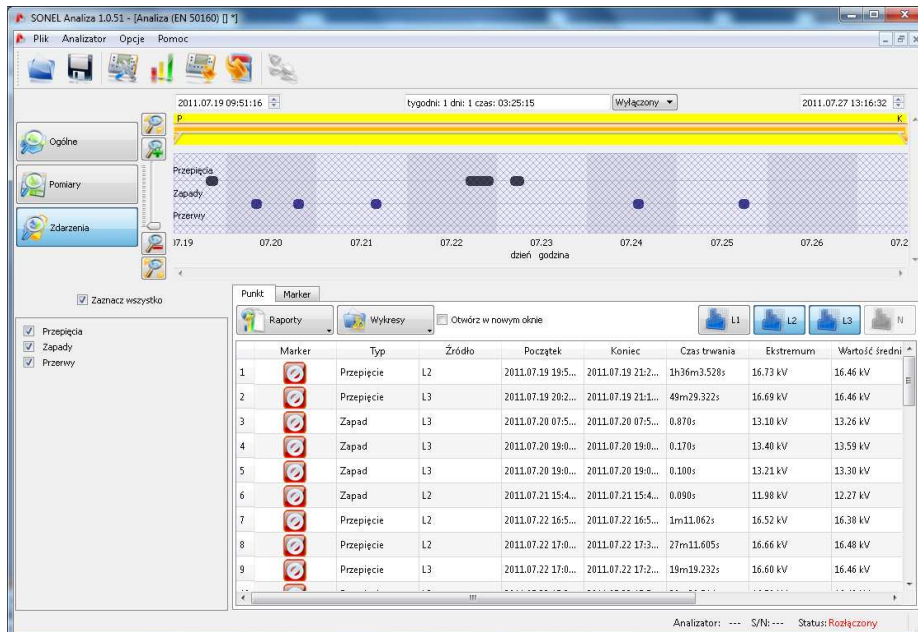
VII Lubuska Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2012



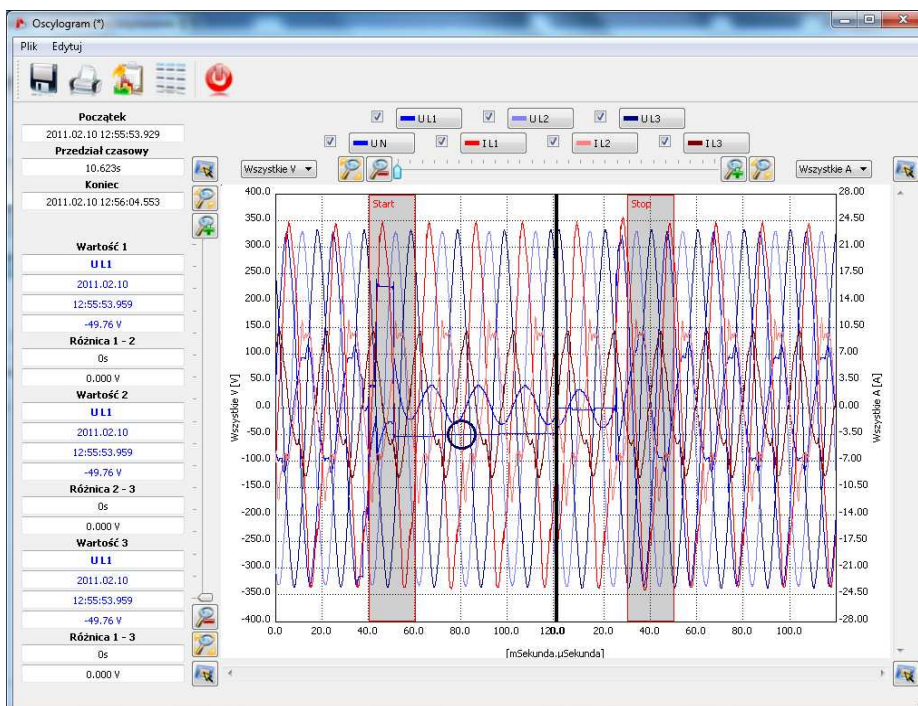
Rys. 15. Przykładowy wykres różnych danych w czasie



Rys. 16. Przykładowy wykres harmonicznych



Rys. 17. Okno zarejestrowanych zdarzeń

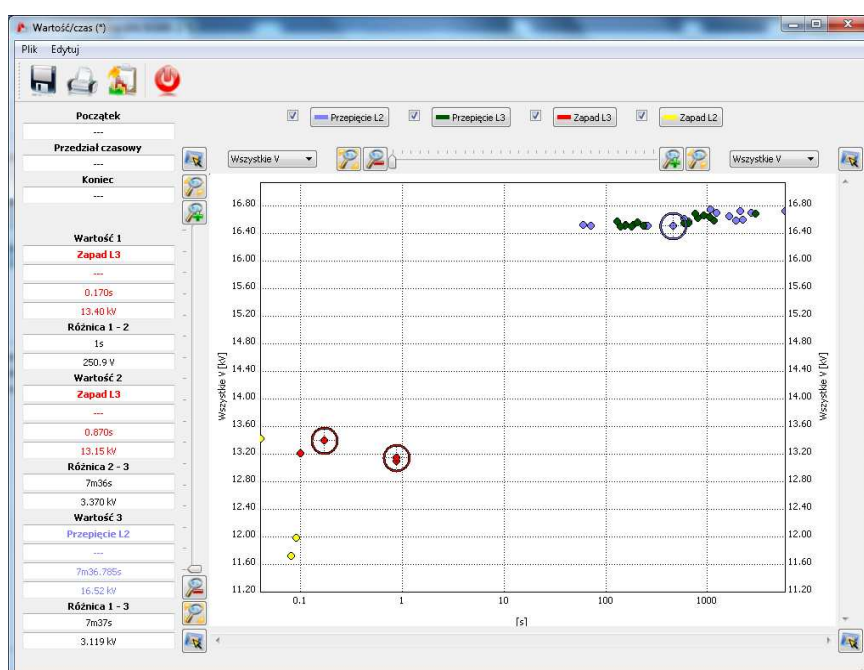


Rys. 18. Przykładowy oscylogram zdarzenia

VII Lubuska Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2012

Zakładka zdarzenia otwiera przed użytkownikiem szerokie możliwości analizy wszystkich wybranych zdarzeń. Program daje możliwość tworzenia raportów oraz wyświetlania oscylogramów, jeśli takowe są zarejestrowane dla zdarzenia. W przypadku kiedy w okresie rejestracji, zapisano wiele setek zdarzeń, istnieje możliwość odznaczenia markerem tylko tych, które z jakichś powodów są bardziej istotne niż inne.

Program podaje pełne dane o zarejestrowanym zdarzeniu, czyli typ zdarzenia, fazę w którym zdarzenie wystąpiło, czas początku i końca zdarzenia, czas trwania zdarzenia, wartość progową, wartość średnią z przedziału czasu trwania oraz wartość ekstremalną w czasie trwania.



Rys. 19. Wykres punktowy typów zdarzeń w funkcji czasu trwania tych zdarzeń

Podsumowanie

Analizatory PQM-701 i PQM-701Z wraz z oprogramowaniem Sonel Analiza są niezwykle przydatnymi urządzeniami, znajdującymi zastosowanie 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.

Autorzy: Roman Domański e-mail: r.domanski@sonel.pl, mgr inż. Marcin Szkudniewski e-mail: m.szkudniewski@sonel.pl, SONEL S.A. 58-100 Świdnica, ul. Wokulskiego 11, www.sonel.pl