

Analizatory i rejestratory parametrów sieci zasilającej

Nieliniowość charakterystyki wejściowej większości zasilaczy urządzeń elektronicznych wynika z ich budowy, która jest oparta zazwyczaj na przetwornicy impulsowej AC/DC. Taki sposób przetwarzania energii - oprócz wielu zalet - ma tę wadę, że następuje zniekształcenie sinusoidalnego przebiegu prądu zasilającego, co powoduje wprowadzanie do sieci sygnałów harmonicznych częstotliwości podstawowej. Występowanie sygnałów o częstotliwościach harmonicznych jest przyczyną niepożądanych zjawisk, jak np.: przegrzewania przewodu neutralnego, zadziałania zabezpieczeń, pogorszenia warunków pracy transformatora zasilającego itd. Nie wolno lekceważyć tych sygnałów i stosować w miarę posiadanych możliwości środki, które złagodzą skutki ich obecności.

Aby dokonać prawidłowej diagnozy i zapobiec kolejnym, niekiedy bardzo kosztownym ze względu na konsekwencje zdarzeniom, należy w pierwszej kolejności poznać zjawisko, a następnie na podstawie uzyskanych informacji dobrać właś-

ciwe środki zapobiegawcze. Analizator i rejestrator parametrów sieci elektrycznej jest bardzo przydatny podczas pierwszej fazy takich działań.

W artykule opisano dwa najnowsze przyrządy tego typu z oferty włoskiej firmy HT Italia - Energytest 2020E (fot. 1) oraz Skylab 9032 (fot. 2). Duże możliwości funkcjonalne obu przyrządów pozwalają traktować je jako mierniki parametrów sieci, oscyloskopy, analizatory harmonicznych, rejestratory parametrów sieci lub rejestratory anomalii napięciowych (tylko Skylab 9032). Oba przyrządy służą do pomiarów parametrów zarówno w instalacjach jednofazowych, jak i trójfazowych.

Miernik parametrów sieci

Wyboru parametrów dokonuje się przełącznikiem obrotowym. Operator ma do wyboru następujące pomiary:

Pomiar napięć

Zakres mierzonych parametrów zależy od tego czy kontrolowana jest instalacja jedno-, czy trójfazowa (rys. 3).

Firmy nadzorujące funkcjonowanie dużych sieci komputerowych borykają się z zakłóceniami pracy odbiorników energii elektrycznej (komputerów, UPS-ów itp.) oraz nieprawidłowym działaniem zabezpieczeń w sieci zasilającej. W wielu przypadkach jest to spowodowane dołączonymi do instalacji elektrycznej urządzeniami elektronicznymi, które stanowią dla niej obciążenie nieliniowe.

W instalacji jednofazowej są jednocześnie w czasie rzeczywistym mierzone i wyświetlane: wartość skuteczna napięcia zmiennego dla przebiegów odkształconych (tzw. True RMS), wartość szczytowa napięcia, współczynnik całkowitych zniekształceń harmonicznych dla napięcia T_{hdV} oraz częstotliwość.

W instalacji trójfazowej mierzone i wyświetlane są: wartości skuteczne napięć True RMS dla wszystkich faz, wartości skuteczne napięć międzyfazowych True RMS oraz częstotliwość sieci. Dodatkowo na ekranie jest wyświetlana informacja o kierunku wirowania faz. Miernikami można mierzyć napięcia zarówno w sieci trójfazowej trójprzewodowej, jak i czteroprzewodowej (z przewodem neutralnym).

Pomiar prądów

Zakres mierzonych parametrów, podobnie jak dla pomiaru napięć, zależy od tego czy kontrolowana jest instalacja jedno-, czy trójfazowa.

W instalacji jednofazowej są jednocześnie w czasie rzeczywistym mierzone i wyświetlane: wartość skuteczna prądu zmiennego True RMS, wartość szczytową prądu, współczynnik całkowitych zniekształceń harmonicznych dla prądu T_{hdI} oraz częstotliwość.



Fot. 1



Fot. 2



Rys. 3. Widoki ekranów przy pomiarze napięcia w układzie jednofazowym, trójfazowym trójprzewodowym oraz trójfazowym czteroprzewodowym

W instalacji trójfazowej mierzone i wyświetlane są: wartości skuteczne prądów True RMS we wszystkich fazach, wartość skuteczna prądu True RMS w przewodzie neutralnym oraz częstotliwość sieci. Miernikami można przeprowadzać pomiary prądów zarówno w sieci trójfazowej trójprzewodowej, jak i czteroprzewodowej (z przewodem neutralnym).

Pomiar mocy

Zakres mierzonych parametrów, również w tym przypadku, zależy od tego czy kontrolowana jest instalacja jedno-, czy trójfazowa. Podczas pomiaru parametrów w instalacji jednofazowej jednocześnie, w czasie rzeczywistym są mierzone i wyświetlane wartości skuteczne True RMS napięcia i prądu zmiennego, wartość mocy czynnej, mocy bierniej, mocy pozornej, współczynnika mocy $\cos\phi$ oraz współczynnika mocy obliczonego na podstawie kąta przesunięcia fazowego. Dla sieci trójfazowej są mierzone te same parametry jak w sieci jednofazowej, lecz dotyczące każdej z trzech faz oraz dodatkowo: całkowita energia czynna, całkowita energia bierna, całkowita moc pozorna, całkowity współczynnik mocy $\cos\phi$, całkowity współczynnik mocy obliczony na podstawie kątów przesunięć fazowych oraz informacja o kierunku wirowania faz. Miernikami można przeprowadzać pomiary mocy zarówno w sieci trójfazowej trójprzewodowej, jak i czteroprzewodowej (z przewodem neutralnym).



Rys. 4. Widoki ekranów z informacją o szczytowym zapotrzebowaniu na energię

Pomiar energii

Podczas pomiarów energii w instalacji jednofazowej jednocześnie, w czasie rzeczywistym, są mierzone i wyświetlane: wartość energii czynnej, energii bierniej o charakterze pojemnościowym, energii bierniej o charakterze indukcyjnym, mocy czynnej, mocy bierniej, mocy pozornej, współczynnika mocy $\cos\phi$ oraz współczynnika mocy obliczonego na podstawie kąta przesunięcia fazowego. Dla sieci trójfazowej są mierzone te same parametry jak w sieci jednofazowej, lecz dotyczące każdej z trzech faz oraz dodatkowo: całkowita energia czynna, całkowita energia bierna o charakterze pojemnościowym, całkowita energia bierna o charakterze indukcyjnym, całkowita moc czynna, całkowita

Podczas przetwarzania AC/DC następuje zniekształcanie sinusoidalnego przebiegu prądu zasilającego, w następstwie czego do sieci wprowadzane są sygnały harmoniczne częstotliwości podstawowej.

moc bierna, całkowita moc pozorna, całkowity współczynnik mocy $\cos\phi$ oraz całkowity współczynnik mocy obliczony na podstawie kątów przesunięć fazowych.

Miernikami można przeprowadzać pomiary energii zarówno w sieci trójfazowej trójprzewodowej, jak i czteroprzewodowej (z przewodem neutralnym).

Jeżeli przyrządy są dołączone do sieci trójfazowej i znajdują się w trybie rejestrowania parametrów sieci, wówczas można wywołać na ekran informację o szczytowym zapotrzebowaniu na energię w okresie od początku bieżącej rejestracji (rys. 4). Wyświetlana jest maksymalna wartość średnia całkowitej mocy czynnej lub pozornej w okresie uśredniania, czas i data zarejestrowania wartości maksymalnej oraz wartość całkowitej energii czynnej lub pozornej zmierzonej od początku bieżącej rejestracji. Podstawowe parametry sieci można śledzić w czasie rzeczywistym na komputerze, korzystając z programu Toplink (rys. 5).



Rys. 5. Widok ekranu programu Toplink podczas kontroli parametrów sieci

Oscyloskop

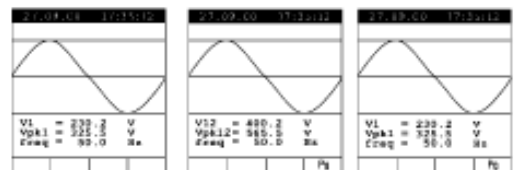
Operator podczas pomiaru napięć, prądów oraz mocy może skorzystać z dodatkowej funkcji przyrządu - oscyloskopu. W tym trybie można obserwować w czasie rzeczywistym kształt przebiegu napięcia i/lub prądu w wybranej fazie (rys. 6). Przyrządy wyświetlają przebieg z rozdzielczością 128 próbek na okres.

Przebieg jest odświeżany z częstotliwością jeden raz na pięć sekund. Dzięki tej funkcji można zgrubnie analizować na bieżąco przebieg sygnału oraz obserwować przesunięcie fazowe. Przebiegi prądów i napięć można również śledzić w czasie rzeczywistym na komputerze, korzystając z programu Toplink (rys. 7).

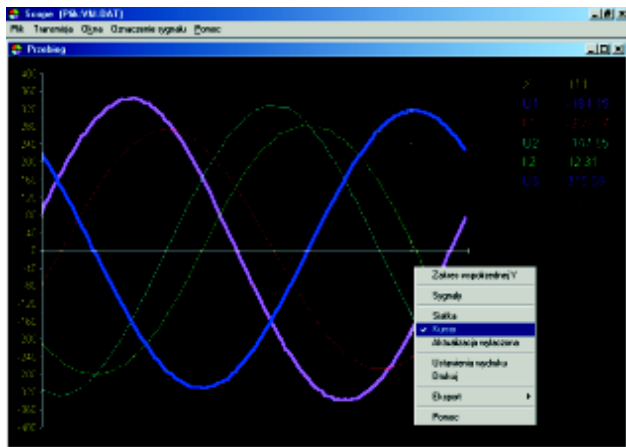
Analizator harmonicznych

Podczas pomiaru napięcia lub prądu przyrządy umożliwiają obserwację i pomiar harmonicznych zawartych w sygnale. W tym trybie pracy mierniki przeprowadzają szybką analizę Fouriera (FFT), a na ekranie w czasie rzeczywistym wyświetlany jest histogram (wykres słupkowy) informujący o procentowej wartości poszczególnych harmonicznych w sygnale (rys. 8).

Analiza zawartości harmonicznych jest przeprowadzana do 49. harmonicznej. Jeżeli do wejść mierników jednocześnie doprowadzono napięcie



Rys. 6. Widoki ekranów oscyloskopu przy pomiarze napięcia w układzie jednofazowym, trójfazowym trójprzewodowym, trójfazowym czteroprzewodowym



Rys. 7. Widok ekranu programu Toplink z przebiegami prądu i napięcia

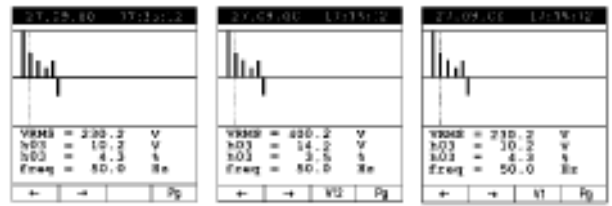
i prąd, wówczas na ekranie przyrządów mogą pojawić się ujemne wartości harmoniczných. Oznacza to, że napięcie zawiera składowe generowane przez obciążenie. Pierwsza kolumna histogramu (h_{00}) informuje o składowej stałej sygnału, natomiast ostatnia kolumna zawiera dane o T_{hd} - współczynniku całkowitych zniekształceń harmoniczných (uwzględniającym 40 harmoniczných zgodnie z normą PN-EN50160) danego przebiegu. Zawartość harmoniczných w sygnale można śledzić w czasie rzeczywistym na komputerze, korzystając z programu Toplink.

Rejestrator parametrów sieci

Energytest 2020E oraz Skylab 9032 wyposażono w pamięć wyników pomiarów oraz dwukierunkowy interfejs transmisji szeregowej RS232. Skonfigurowanie procesu rejestracji można przeprowadzać zarówno z poziomu miernika, jak i komputera. Natomiast analizę zarejestrowanych danych wykonuje się na komputerze po uprzednim przesłaniu danych z pamięci miernika na twardy dysk komputera.

W skład wyposażenia standardowego przyrządu wchodzi oprogramowanie TopLink z opisami w języku polskim, które obsługuje transmisję danych zarówno uprzednio zapisanych w pamięci przyrządu, jak i kontrolowanych w czasie rzeczywistym. Oprogramowanie umożliwia również sterowanie miernikiem z poziomu komputera (rys. 9).

Przyrządy jednocześnie rejestrują do 64 parametrów sieci: napięcia, prądy, związane z nimi harmoniczne - do 49 włącznie, moce czynne,



Rys. 8. Widoki ekranów z histogramem w układzie jednofazowym, trójfazowym trójprzewodowym, trójfazowym czteroprzewodowym

bierne i pozorne, energie czynne i bierne, wartości współczynnika mocy $\cos\phi$ oraz współczynnika mocy obliczonego

na podstawie kątów przesunięć fazowych. Mierniki można skonfigurować tak, że będą przygotowane na stan tzw. kogeneracji. Oznacza to, że obciążenie podczas trwania pomiaru może generować lub pobierać energię. W związku z powyższym, przyrządy będą rejestrowały w czasie moc i energię zarówno generowaną, jak i pobieraną. Operator może wybrać te spośród parametrów systemu elektrycznego, które zamierza rejestrować. Wyboru może dokonać z poziomu miernika lub komputera. Pełny cykl pomiarowy wynosi 60 ms (dla instalacji trójfazowej) lub 20 ms (dla instalacji jednofazowej). Podczas jednego cyklu przyrządy rejestrują wszystkie wybrane parametry, próbkowane z częstotliwością 6400 Hz, aby zapewnić wymaganą dokładność pomiaru. Odpowiada to 128 punktom na 20 ms. Magazynowanie wszystkich danych wymagałoby pamięci o ogromnej pojemności. Z tego powodu w przyrządach zastosowano metodę zapisu, która znacznie zmniejsza objętość

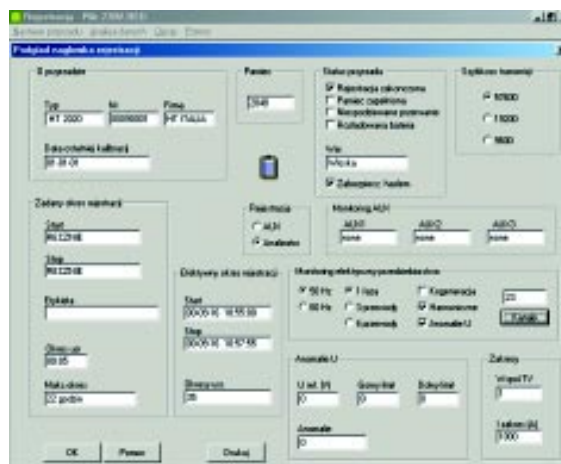
pamiętanej informacji. Metoda ta polega na uśrednianiu rejestrowanych parametrów w czasie nazywanym okresem uśredniania. Operator definiuje czas trwania okresu uśredniania, wybierając jedną z dostępnych wartości z zakresu od 5 do 3600 s. Następnie analizowane są dane zgromadzone w okresie uśredniania oraz wyszukiwane i obliczane dla każdego parametru wartości: minimalna, maksymalna oraz średnia. Właśnie te informacje natychmiast po upływie każdego kolejnego okresu uśredniania są zapisywane w pamięci przyrządu. Taka metoda kompresji danych zapewnia znaczne wydłużenie czasu rejestrowania parametrów - w najbardziej skrajnym wariacie jest możliwy ciągły zapis wartości mierzonej przez 1000 dni.

Rejestrator anomalii napięciowych

Jedną z funkcji rejestratora parametrów systemów elektrycznych, spotykaną w autonomicznych urządzeniach, jest rejestracja anomalii napięciowych. Jest to cecha, którą posiada wyłącznie Skylab 9032. Operator może uruchomić tę funkcję, rejestrując równocześnie wybrane parametry elektryczne systemu.

Tab. 1. Wybrane parametry Energytest 2020E oraz Skylab 9032

Parametr	Zakres pomiarowy	Dokładność
Napięcie zmienne i stałe	600V	$\pm(0,5\% + 2 \text{ cyfry})$
Anomalie napięciowe (tylko Skylab 9032)	600V	$\pm(0,5\% + 2 \text{ cyfry})$ $\pm 10\text{ms}$
Prąd zmienny	1000A (opcjonalnie 3000A)	$\pm(0,5\% + 2 \text{ cyfry})$
Moc czynna	999,9MW	$\pm(1,0\% + 2 \text{ cyfry})$
Moc bierna	999,9MVAR	$\pm(1,0\% + 2 \text{ cyfry})$
Moc pozorna	999,9MVA	$\pm(1,0\% + 2 \text{ cyfry})$
Energia czynna	999,9MWh	$\pm(1,0\% + 2 \text{ cyfry})$
Energia bierna	999,9MWARh	$\pm(1,0\% + 2 \text{ cyfry})$
$\cos\phi$	do 0,20 od 0,20 do 0,50 od 0,50 do 0,80	0,6° 0,7° 1°
Harmoniczne	do 25 od 26 do 33 od 34 do 49	$\pm(5\% + 2 \text{ cyfry})$ $\pm(10\% + 2 \text{ cyfry})$ $\pm(15\% + 2 \text{ cyfry})$



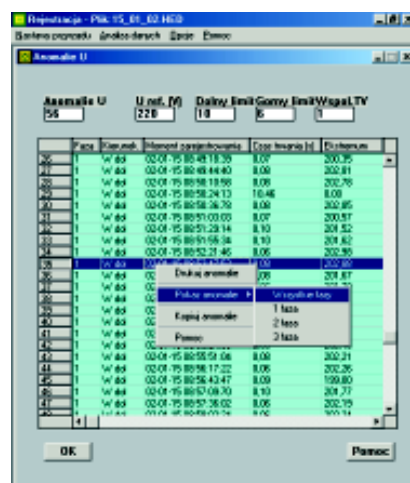
Rys. 9. Przykład ekranu programu Toplink podczas ustalania parametrów rejestracji

W pierwszej kolejności ustalane są wartości progowe napięcia. Przyrząd rozpoznaje jako anomalie wszystkie te zjawiska, podczas których wartość skuteczna napięcia wykracza poza ustalone wartości progowe przez okres dłuższy od 10 ms. Dla każdego zdarzenia miernik podaje informację o kierunku zmiany (przebiecie lub spadku), datę, czas rozpoczęcia, czas trwania zjawiska z rozdzielczością do jednej setnej sekundy oraz minimalną lub maksymalną wartość napięcia podczas zjawiska (rys. 10).

Przyrządy oprócz oprogramowania Toplink oraz zasilacza sieciowego, o których wspomniano

wcześniej, posiadają w standardowym wyposażeniu trzy przekładniki prądowe 1000A - elastyczne (tzw. flexi) dla Skylaba 9032 lub standardowe dla Energytesta 2020E, zestaw przewodów do pomiaru napięć oraz solidny futerał.

Każdy miernik jest wyposażony w indywidualne świadectwo potwierdzające sprawdzenie wykonane przez laboratorium (z wdrożonym ISO9001) akredytowane przez włoski urząd miar. Świadectwo potwier-



Rys. 10. Przykład ekranu programu Toplink podczas wyświetlania informacji o anomalii napięciowych

dza zgodność parametrów przyrządu z podanymi w instrukcji obsługi. Mierniki uzyskały certyfikat typu Głównego Urzędu Miar w Warszawie. Dokument ten pozwala na okresową weryfikację parametrów (tzw. uwierzytelnienie) przez jednostki terenowe GUM. Przyrządy posiadają wysoką dokładność, dzięki czemu spełniają wymagania norm PN-EN61036 „Liczniki statyczne energii czynnej prądu przemiennego“ (klasa 2) oraz IEC1268 (klasa 3) i mogą być również używane do weryfikowania wskazań liczników energii elektrycznej.

Tomasz Koczorowicz
Tomtronix

Dodatkowe informacje

Dystrybutorem przyrządów prezentowanych w artykule jest Tomtronix, tel. (42) 6760633, www.tomtronix.com.pl.