

# Analizator mocy HIOKI PW6001 (1)

Nowy, 6-kanalowy analizator mocy PW6001 produkowany przez japońską firmę HIOKI wyróżnia się pasmem, precyzją oraz stabilnością pomiaru. Oferuje go firma LABIMED ELECTRONICS, wyłączny importer i dystrybutor HIOKI na Polskę.

W dziedzinie pomiaru i analizy mocy PW6001 (fot. 1) jest dla firmy HIOKI przyrządem flagowym, gdyż jego parametry są porównywalne lub nawet przewyższają możliwości odpowiedników wielu firm konkurencyjnych, przy często korzystniejszej cenie.

PW6001 mierzy i analizuje moc DC i w paśmie od 0,1 Hz do 2 MHz z dokładnością podstawową równą  $\pm 0,02\%$  przy szybkości próbkowania wynoszącej 5 MSa/s. Dzięki szerokiemu pasmu pomiaru nadaje się doskonale do sprawdzania m.in. urządzeń o dużej szybkości przełączania, takich jak wyłączniki SiC. W porównaniu z analizatorem mocy 3390 wprowadzonym przez HIOKI na rynek w roku 2009 i produkowanym nadal – PW6001 ma dziesięciokrotnie szersze pasmo pomiaru i dziesięciokrotnie szybsze próbkowanie. Zastosowanie w PW6001 specjalnej konstrukcji mechanicznej z solidnymi metalowymi profilami ekranującymi oraz optycznych układów izolujących pozwoliło uzyskać wyjątkową odporność na zakłócenia, optymalną stabilność oraz współczynnik tłumienia sygnału wspólnego (CMRR) wynoszący 80 dB/100 kHz. Dodając do tego doskonale własności temperaturowe (odchyłka od dokładności znamionowej nie większa niż  $\pm 0,01\%/^{\circ}\text{C}$  w zakresie temperatur od 0 do  $40^{\circ}\text{C}$ ), otrzymano analizator mocy najwyższej klasy.



Fot. 1. Analizator mocy HIOKI PW6001

## Konfiguracje układów pracy i doprowadzanie mierzonego sygnału

Zależnie od wyboru użytkownika PW6001 może pracować w różnorodnych układach pomiarowych, poczynając od jednofazowego dwuprzewodowego, a na trójfazowym czteroprzewodowym kończąc. Realizacja pracy w danym układzie wymaga użycia odpowiedniej liczby kanałów, czyli modułów. Na tylnej płycie analizatora znajduje się sześć slotów (fot. 2), w które wsuwa się wymienne moduły. Liczbę modułów (maksymalnie 6) ustala użytkownik, zamawiając analizator. Każdy moduł ma zarówno

wejście napięciowe jak i prądowe. Napięcie doprowadza się bezpośrednio, a prąd za pośrednictwem czujnika cęgowego. Wejście napięcia jest zakończone dwoma gniazdami na wtyki banankowe z osłonką (tzw. bezpieczne). Czujniki prądowe (zależnie od typu) dołącza się do specjalnego gniazda ME15W (wejście sondy 1 przetwarzającej prąd na prąd) lub typowego BNC (wejście sondy 2 przetwarzającej prąd na napięcie). W drugim przypadku osobno dołącza się przewód zasilania czujnika. Tor pomiarowy napięcia ma wejście z dzielnikiem rezystancyjnym, z izolacją optyczną. Tor pomiarowy

prądu jest odizolowany od czujnika prądowego (z wyjściem napięciowym).

## Zakres pomiaru

Analizator wyposażono w 8 podzakresów pomiarowych napięcia: 6, 15, 30, 60, 150, 300, 600 i 1500 V. Dostępne podzakresy pomiarowe prądu zależą od użytego czujnika cęgowego, wyspecyfikowanego przez HIOKI. Stąd zależnie od użytej kombinacji podzakresów napięcia i prądu można mierzyć moc w przedziale od 2,40000 W do 4,59999 MW. Podzakresy są zmieniane wyłącznie automatycznie, tzn. analizator samoczynnie wybiera podzakres



Fot. 2. Płyta tylna analizatora PW6001

odpowiedni do wielkości doprowadzonego sygnału. Na podstawie danych pomiarowych napięcia i prądu PW6001 oblicza i wyświetla wskazania: napięcia i prądu (w tym wartości szczytowe), mocy czynnej, biernej i pozornej, współczynnika mocy, kąta fazowego, częstotliwości, sprawności, stratności, współczynników tętnień napięcia i prądu oraz całek napięcia, prądu i mocy.

### Pomiar prądu

Analizator PW6001 mierzy prąd pośrednio, tzn. za pomocą prądowego czujnika cęgowego. Czujnik dołącza się do wejścia pomiarowego prądu danego kanału analizatora. Dokładność podstawowa pomiaru prądu przez PW6001 wynosi  $\pm 0,02\%$  wartości wskazywanej. Dodając do tej wartości dokładność czujnika równą  $\pm 0,05\%$ , uzyskuje się bardzo dobrą całkowitą dokładność pomiaru prądu równą  $\pm 0,07\%$ . Firma HIOKI oferuje do PW6001, jako akcesoria opcjonalne, czujniki na prądy stałe i przemienne (aktualnie 12 typów), poczynając od prądów bardzo małych (10 mA), a na bardzo dużych kończąc (1000 A). Wśród tych akcesoriów pomiarowych na wyróżnienie zasługują

sonda prądowa CT6700 o maksymalnym prądzie mierzonym równym 5 A i paśmie pomiaru od DC do 50 MHz. Warto ją wybrać, gdy zaistnieje potrzeba pomiaru przebiegu prądowego o niewielkiej amplitudzie (np. o wartości skutecznej 1 mA). Sonda nadaje się doskonale do obserwowania przebiegów prądów upływowych w falownikach.

Na dokładność pomiaru mocy ma duży wpływ dokładność amplitudy, a także dokładność fazy. Użycie dostępnej w PW6001 funkcji przesunięcia fazowego czujnika prądowego umożliwi poprawę dokładności pomiaru zarówno sygnałów o dużych częstotliwościach, jak i sygnałów odpowiadających małemu współczynnikowi mocy. Aby móc zoptymalizować dokładność (uzyskać płaską charakterystykę fazową w funkcji częstotliwości), trzeba wcześniej wprowadzić wartość kalibracyjną unikatową dla użytego czujnika prądowego. Tablicę z wartościami kalibracyjnymi można zamówić w firmie HIOKI jako wyposażenie opcjonalne. Z funkcji przesunięcia fazowego można korzystać, testując zasilacze bezprzewodowe. Jedną z niekorzystnych własności takich

urządzeń jest spadek wartości współczynnika mocy związany ze składową indukcyjną elementów wysyłających i odbierających energię. Użycie funkcji przesunięcia fazowego pozwala użytkownikowi zmierzyć dokładnie zarówno dużą częstotliwość jak i moc przy małym współczynniku

### Interfejs użytkownika

Analizator PW6001 wyposażono w kolorowy ekran ciekłokrystaliczny TFT o przekątnej 9 cali. Ekran ma rozdzielczość 800 na 480 punktów, podświetlenie LED oraz analogowy, rezystywny panel dotykowy o intuicyjnej obsłudze. W razie potrzeby użytkownik może wyświetlić na nim wirtualną klawiaturę (fot. 3). Po prawej stronie ekranu umieszczono dwa pokręta służące do przesuwania wyświetlanych przebiegów w pionie i poziomie. Po wykonaniu połączeń pomiarowych na ekranie jest wyświetlany schemat tych połączeń, a funkcja zatwierdzania połączenia pozwala na uniknięcie błędów, które można popełnić przy wykonywaniu połączeń. Posługując się pisakiem do ekranu dotykowego lub podobnym narzędziem można sporządzać na ekranie dotykowym własne komentarze lub notatki, po czym wprowadzać je wraz z danymi pomiarowymi do pamięci analizatora.



Fot. 3. Wirtualna klawiatura wyświetlona na ekranie PW6001

Ekran wyświetlany przez analizator w różnych trybach pracy, a wspomagające jego obsługę, to oprócz wymienionego ekranu zatwierdzania połączenia, ekran z wykresem wektorowym (fot. 4), ekran numeryczny, ekran harmonicznym oraz ekran przebiegu.

Wskazanie cyfrowe wyświetlacza analizatora może osiągnąć wartość 999999, włącznie z wartościami otrzymanymi

przypadku użycia ustawień zoptymalizowanych automatycznie. Podobnie przez naciśnięcie jednego przycisku „SAVE” zapisuje się dane numeryczne, a naciśnięciem przycisku „COPY” przywołuje je na ekran.

Analizując szczegółowo przebiegi z modulacją szerokości impulsu (PWM), można używać w połączeniu z ekranem dotykowym i „podwójnymi” pokrętkami funkcji odczytu kursorowego,

wyzwalania i przedwyzwalania analizatora. PW6001 wytwarza różnorodne sygnały wyzwalające, takie jak impulsowe sygnały wyzwalające enkoder lub przeznaczone do analizy silnika (do przebiegów PWM).

## Próbkowanie i przetwarzanie sygnału

Zastosowana w analizatorze PW6001 metoda pomiaru to jednocześnie próbkowa-

zjawiska przeinaczania. Przyrząd próbkuje podwójnie, tj. w trybie analizy mocy i w trybie rejestracji przebiegu. Szybkość próbkowania w trybie rejestracji przebiegu można ustawiać skokowo (9 wartości) w zakresie od 10 kSa/s do 5 MSa/s), utrzymując jednocześnie szybkość próbkowania w trybie analizy mocy równą 5 MSa/s.

W układzie pomiarowym analizatora PW6001 zastosowano przetwornik a/c typu TrueHD o 18-bitowej rozdzielczości, uzyskując dzięki temu szeroki zakres dynamiki. Stąd przyrząd wyświetla z dużą dokładnością, bez konieczności przełączania podzakresu pomiarowego, prądy o niewielkich wartościach, płynące przez obciążenia, a ulegające dużym zmianom. Zakłócenia o dużych częstotliwościach, które mają negatywny wpływ na pomiar separuje dolnoprzestupowy filtr cyfrowy, poprawiając wartość stosunku sygnał-szum, a tym samym polepszając dokładność analizy mocy.

Dane pomiarowe wszystkich typów pomiarów włącznie z wykrywaniem okresu, szerokopasmową analizą mocy, analizą harmonicznymi i analizą przebiegu są szybko przetwarzane cyfrowo i niezależnie, tj. bez wpływu jednego procesu na drugi. Przyrząd używa szybkiego przetwarzania, dzięki czemu uzyskuje się uaktualnianie danych maksymalnie co 10 ms, zachowując jednocześnie maksymalną dokładność, którą można uzyskać za pomocą tego przyrządu. W torze detekcji okresu umieszczono filtr dolnoprzestupowy przejścia sygnału przez zero, a w torze analizy harmonicznymi – filtr cyfrowy zapobiegający odkształceniom będącym efektem przeinaczania.

## Pamięć danych pomiarowych

Wewnętrzna pamięć ma pojemność 1 megastów na każdy kanał



Fot. 1. Analizator mocy HIOKI PW6001

w wyniku całkowania. Wskazanie jest odświeżane co 200 ms, przy czym operacja ta nie zależy od wewnętrznej szybkości odświeżania danych. Z kolei szybkość odświeżania wyświetlanych przebiegów bazuje na ustawieniach wyświetlacza.

Wbudowana funkcja „łatwego konfigurowania wstępnego” pozwala użytkownikowi wybrać naciśnięciem tylko jednego przycisku typ linii pomiarowej (50 Hz, 50 Hz HD, DC, DC HD, PWM, itd.) i natychmiast zacząć pomiar. Przyrząd w takim

rozciągnięciu (zoom), wyzwalania i przedwyzwalania. Należy zaznaczyć, że w analizatorze 3390 funkcje te nie są dostępne.

Ekran analizatora PW6001 zastępuje z powodzeniem ekran oscyloskopu. Można na nim obserwować nie tylko przebiegi napięciowe i prądowe, ale również i to jednocześnie z nimi przebiegi sygnałów wyprowadzanych np. z czujnika momentu i enkodera (czujnika prędkości obrotowej silnika elektrycznego). Przy takich pomiarach przydają się rozbudowane funkcje

nie cyfrowe napięcia i prądu z obliczaniem synchronizowanym przejściem sygnału przez zero. Analizator próbkuje sygnał wejściowy bezpośrednio, z szybkością 5 MSa/s, w wynikającym z tego paśmie równym 2 MHz. Pomiar wykorzystujący technikę próbkowania jest niezbędny do dokładnego prowadzenia analizy mocy sygnałów PWM. Parametry i własności trybu próbkowania analizatora PW6001 pozwalają na rzeczywistą analizę częstotliwościową bez negatywnego wpływu

analizatora. Można w niej rejestrować z rozdzielczością równą 16 bitów przebiegi napięcia i prądu (z szybkością próbkowania równą maksymalnie 5 MSa/s), przebiegi z silnika (50 kSa/s) i impulsy z silnika (5 MSa/s). Wybierając na przykład szybkość próbkowania 10 kSa/s, która odpowiada stosunkowi kompresji 1/500 można rejestrować w pamięci sygnały przez maksymalnie 100 s.

Oprócz funkcji rejestracji przebiegu analizator PW6001 ma funkcje zapisu automatycznego i ręcznego. W trybie zapisu automatycznego zapisuje wyspecyfikowane wartości pomiarowe w pamięci wewnętrznej lub na przenośnej pamięci USB. Na magazynowanie tego typu danych przewidziano w pamięci wewnętrznej obszar 64 MB, w którym można zapisać ok. 1800 wyników pomiarów. Dane, które są zapisywane na przenośnej wewnętrznej pamięci USB są gromadzone w plikach (maksymalnie 20) o rozmiarze ok. 100 MB każdy, w formacie CSV, z zastosowaniem automatycznej segmentacji. W trybie „ręcznym” można zapisywać dane pomiarowe

wyłącznie na przenośnej pamięci USB. Mogą to być: dane pomiarowe (włącznie z wynikami analizy harmonicznych), dane przebiegu, zdjęcia ekranu i dane ustawień. Użytkownik zapisując dane pomiarowe i dane przebiegu, może też wprowadzać do nich komentarze.

### Analiza harmonicznych

PW6001 wykorzystuje do analizy harmonicznych sygnały z maksymalnie 6 kanałów (tj. zależnie od liczby zainstalowanych modułów wejściowych), bazując na ustawieniu źródła synchronizacji dokonane go każdego danego dołączenia. Do wyboru są dwa tryby analizy, standardowy IEC oraz szerokopasmowy. Używana metoda pomiaru, to obliczanie z synchronizacją przejścia przez zero (w przypadku analizy szerokopasmowej ze szczelinami czasowymi), przy oknie synchronizacji takim samym dla każdego źródła synchronizacji. W trybie standardowym IEC są analizowane harmoniczne od 0. do 50. rzędu, przy zakresie częstotliwości synchronizacji od 45 do 65 Hz i odświeżaniu danych co 200 ms.

W szerokopasmowym trybie analizy są analizowane harmoniczne rzędu do 100., zakres częstotliwości synchronizacji rozciąga się od 0,1 do 300 kHz, a dane są odświeżane co 50 ms. Niezależnie od wybranego trybu analizy PW6001 oblicza i wyświetla: wartość skuteczną napięcia i prądu harmonicznych, zawartość procentową napięcia i prądu harmonicznych, kąt fazowy napięcia i prądu harmonicznych, moc czynną harmonicznych, zawartość procentową mocy czynnej harmonicznych, różnicę faz napięcia (prądu) harmonicznych, całkowite odkształcenia napięcia i prądu harmonicznych, współczynniki asymetrii napięcia i prądu harmonicznych.

Inne własności funkcji analizy harmonicznych wspólne dla obu trybów to: długość słowa przetwarzania FFT równa 32 bity, ochrona przed przeinaczaniem (filtr cyfrowy konfigurowany automatycznie na podstawie częstotliwości synchronizacji) oraz prostokątne okno analizy.

Dzięki własnościom trybów analizy harmonicznych PW6001 staje się możliwa

analiza sygnałów podstawowych w silnikach elektrycznych oraz pomiar w systemach zasilania bezprzewodowego zniekształceń przebiegów bezprzewodowej transmisji energii. Analizator PW6001 może też być używany do pomiaru sprawności urządzeń zasilania bezprzewodowego, które spotyka się w pojazdach elektrycznych. Użycie funkcji analizy szerokopasmowej do sygnału podstawowego o częstotliwości do 300 kHz pozwala na analizowanie zniekształceń przebiegu i sygnałów harmonicznych o częstotliwościach mieszczących się w pobliżu częstotliwości 100 kHz, której używa się do bezprzewodowej transmisji energii zasilania.

Analizę harmonicznych można przeprowadzać jednocześnie dla wejścia i wyjścia testowanego urządzenia. Na przykład analizując dane harmoniczne zsynchronizowane z przebiegami sygnałów podstawowych na wejściu i wyjściu falownika można jednocześnie testować do 6 układów.

mgr inż. Leszek Halicki

## WARTO WIEDZIEĆ

### Miernik rezystancji uziemienia FT6031-03

Nowy przyrząd wyprodukowany przez japońską firmę HIOKI mierzy rezystancję uziemienia, zależnie od wyboru metodą dwulub trójprzewodową, na podzakresach 20, 200 i 2000  $\Omega$ , samoczynnie dobierając optymalny podzakres pomiarowy. Przed pomiarem przyrząd automatycznie sprawdza pod kątem obecności przerw połączenia pomiarowe (w tym uziom pomocniczy) i napięcie ziemi. Znamionowa dokładność pomiaru wynosi  $\pm 1,5\%$ . Uzyskanie nawet lepszej dokładności umożliwia funkcja zerowania, eliminująca rezystancję doprowadzeń pomiarowych. Miernik jest chroniony przed dostępem kurzu i chwilowym zanurzeniem w wodzie (stopień ochrony IP67), wytrzymuje upadek na betonową podłogę z wysokości 1 m. Wyniki pomiarów wskazuje duży wyświetlacz ciekłokrystaliczny o szerokim kącie obserwacji i dobrej widoczności wskazań przy pracy w terenie. Miernik jest zasilany z 4 baterii LR6. Jest dostarczany z kompletem uziomów i przewodów pomiarowych (dwa na nawijarkach) oraz torbą.



Miernik oferuje LABIMED ELECTRONICS Sp. z o.o.

(LABIMED ELECTRONICS)

# Analizator mocy HIOKI PW6001 (2)

Mierniki i analizatory mocy produkowane przez japońską firmę HIOKI należą do najlepszych w swojej klasie. Należy też do nich PW6001 – nowy, flagowy analizator tej firmy.

PW6001 (fot. 1) wyróżnia się dokładnością pomiaru mocy równą  $\pm 0,02\%$ , umożliwiając tym rzeczywistą jej analizę. Może prowadzić ją w maksymalnie 6 kanałach, a przy połączeniu synchronicznym nawet w 12. Zwiększona w porównaniu z poprzednimi analizatorami HIOKI odporność na zewnętrzne zakłócenia elektryczne i wahania temperatury otoczenia pozwala uzyskać wyjątkową stabilność pomiaru. Analizator mocy PW6001 oferuje firma LABIMED ELECTRONICS, wyłączny dystrybutor przyrządów pomiarowych HIOKI w Polsce.

W niniejszym, drugim już artykule o analizatorze mocy PW6001 przedstawiono kolejne własności tego przyrządu, w tym funkcje synchronizacji, analizy silnika, wyprowadzania sygnału analogowego, współpracy z komputerem i inne.

## Wersje analizatora PW6001

Analizator PW6001 jest produkowany w 12 wersjach. Przyrządy oznaczone symbolami od PW6001-01 do PW6001-06 to wersje podstawowe różniące się między sobą tylko liczbą wbudowanych kanałów, którą oznaczają dwie ostatnie cyfry symbolu. Kolejne analizatory oznaczone od PW6001-11 do PW6001-16 są wersjami wyposażonymi w funkcje analizy silnika i wyjścia przetwornika c/a. Podobnie jak w wersjach pod-

stawowych ostatnie dwie cyfry symbolu analizatora oznaczają liczbę dostępnych kanałów.

## Funkcja synchronizacji

Po połączeniu dwóch analizatorów PW6001 przewodem optycznym uzyskuje się dostęp do funkcji synchronizacji, przy czym długość przewodu połączeniowego nie może przekroczyć 500 m. Jeden z połączonych analizatorów pracuje wtedy jako urządzenie nadrzędne (ma-

bę kanałów analizy maksymalnie do 12. Korzysta się z niego przy pomiarach wielopunktowych. Dane liczbowe parametrów mocy (z wyjątkiem danych przebiegu i harmonicznych) są przesyłane w czasie rzeczywistym z urządzenia „slave” do urządzenia „master” i wyświetlane na ekranie tego ostatniego. W trybie „synchronizacji numerycznej” można też wykonywać obliczenia sprawności między połączonymi urządzenia-

mi, dzielczością 18 bitów. Przebiegi zmierzone przez urządzenie „slave” są wyświetlane na ekranie urządzenia „master” bez wprowadzenia jakichkolwiek modyfikacji. Tryb ten pozwala na poszerzenie własności pomiarowych obu analizatorów na przykład o pomiar różnicy faz napięcia między dwoma osobnymi urządzeniami. Izolacja wprowadzana przez przewód optyczny zapewnia bezpieczeństwo pomiaru. Jest to ważne, gdy potencjały ziemie-



Fot. 1. Analizator mocy HIOKI PW6001

ster), a drugi jako urządzenie podrzędne (slave). Użytkownik synchronizowanych przyrządów ma do wyboru dwa tryby pracy: „synchronizacji numerycznej” i „synchronizacji przebiegu”.

Tryb „synchronizacji numerycznej” pozwala zwiększyć liczbę

mi oraz zapisywać na nośniku pamięci w urządzeniu „master” dane z dwóch przyrządów.

W trybie „synchronizacji przebiegu” są przesyłane w czasie rzeczywistym dane przebiegów uzyskane przy próbkowaniu z szybkością 5 MSa/s i roz-

nia w obu punktach pomiaru są różne. W trybie „synchronizacji przebiegu” na ekranie urządzenia „master” mogą być wyświetlane przebiegi pochodzące maksymalnie z 6 kanałów urządzeń „master” i „slave”, przy czym dane przebiegu przesyłane z urządze-

nia „slave” mogą pochodzić maksymalnie z 3 kanałów tego urządzenia. Reasumując, własności trybu „synchronizacji przebiegu” to: wyświetlanie w czasie rzeczywistym przebiegów na ekranie urządzenia „master”, analiza harmonicznych i analiza składowej podstawowej dla przyrządów „master” i „slave” oraz jednoczesny pomiar parametrów

sygnały zakłócające, umożliwiając w wielu sytuacjach pomiarowych wyświetlenie potrzebnego przebiegu (np. przebiegu składowej podstawowej). Użytkownik konfigurując filtr przed pomiarem wybiera wartość częstotliwości odcięcia ze zbioru siedmiu wartości (500 Hz, 1 kHz, 5 kHz, 10 kHz, 50 kHz, 100 kHz i 500 kHz), dostosowując tym własności fil-

tu i enkoderów fazy A, B i Z. Parametry mierzone w tym trybie to: kąt elektryczny, kierunek obrotu, moc silnika, prędkość obrotowa, moment i poślizg. Testując jednocześnie dwa silniki, do wejść A i B analizatora doprowadza się sygnały momentu, a do wejść C i D sygnały prędkości obrotowej. Mierzone wtedy parametry to: moc, prędkość

prądu lub mocy, w przełączanych 20 kanałach analogowych (przy odświeżaniu co 10 ms), w drugim trybie zaś dane przebiegu napięcia i prądu, w maksymalnie 12 kanałach, przy czym w 8 kanałach są wyprowadzane dane pomiarowe. Liczba dostępnych kanałów przebiegu zależy od liczby kanałów zainstalowanych w użytkowanym PW6001.

Po dołączeniu do wyjścia c/a analizatora PW6001 loggera danych można rejestrować na nim długoterminowe fluktuacje danych pomiarowych. Ponadto, za pomocą wbudowanej w analizator funkcji wyprowadzania przebiegu można wyprowadzać na dołączone do analizatora urządzenie rejestrujące zmierzone przebiegi napięcia lub prądu. Przy analogowym wyprowadzaniu przebiegu dokładne jego odtworzenie jest możliwe, jeśli przebieg ten uzyskano w wyniku próbkowania z szybkością 1 MSa/s a ponadto, gdy ma on jednocześnie kształt sinusoidalny i częstotliwość nie większą niż 50 kHz.

Używając trybu wyprowadzania przebiegu w połączeniu z funkcją synchronizacji można wyprowadzać przez gniazdo przetwornika c/a urządzenia „master” przebiegi sygnałów napięcia i prądu zebranych przez analizator pracujący jako urządzenie „slave” i znajdujący się w odległości nie większej niż 500 m od urządzenia „master”. Wyprowadzany przebieg będzie wtedy opóźniony względem przebiegu oryginalnego o od 7 do 12  $\mu$ s, zależnie od odległości. Po połączeniu wyjścia c/a urządzenia „master” z rejestratorem oscyloskopowym HIOKI jest możliwe prowadzenie testów czasowych oraz jednoczesna analiza mocy trójfazowej w wielu kanałach. Używając do tego nowego rejestratora MR8827 można dysponować maksymalnie 32 kanałami analogowymi.



Fot. 2. Płyta tylna analizatora mocy PW6001

przebiegów na urządzeniu master przy użyciu urządzenia „slave” jako wyzwalającego. Należy jednak zaznaczyć, że „synchronizacja przebiegu” działa wyłącznie wtedy, gdy współpracujące ze sobą urządzenia „master” i „slave” to wersje co najmniej trzykanałowe.

Gniazdo do dołączenia przewodu optycznego łączącego urządzenie „master” i „slave” znajduje się na tylnej płycie analizatora (fot. 2).

### Filtr dolnoprzepustowy

Ważne zadanie spełnia w analizatorze PW6001 układ filtrujący. Zawiera on analogowy filtr dolnoprzepustowy o częstotliwości odcięcia ok. 500 kHz i cyfrowy filtr IIR o charakterystyce równoważnej charakterystyce filtru Butterworth'a. Filtr, gdy jest włączony, redukuje w dużym stopniu

trudności do obiektu pomiarowego. Włączenie filtru wiąże się jednak z koniecznością dodania do dokładności pomiaru analizatora wartości równej  $\pm 0,1\%$ .

### Analiza silnika

Funkcje analizy silnika obejmują analizę jednego lub dwóch silników, a ponadto analizę własności mierników wielkości nieelektrycznych, w tym mierników strumienia energii słonecznej (pyranometrów), szybkości przepływu powietrza (anemometrów) i innych.

Mierząc moc silnika, doprowadza się do analizatora sygnały z mierników momentu oraz mierników szybkości. Sygnały te doprowadza się do czterech gniazd analizatora będących wejściami kanałów od A do D (fot. 2). Testując jeden silnik, doprowadza się kolejno sygnały momen-

tu, obrotowa, moment i poślizg, dla obu testowanych silników.

Testując pyranometry i anemometry doprowadza się do wejść A, B C i D sygnały impulsowe pochodzące z wyjść tych przyrządów. Do wejść A i B (czyli w maksymalnie do wejść dwóch kanałów) można też doprowadzać sygnały napięciowe z wyjść analogowych termometrów i luksomierzy.

### Wyprowadzanie sygnału analogowego

Sygnały z przetwornika c/a są odświeżane co 10 ms i wyprowadzane przez specjalne gniazdo umieszczone na tylnej płycie analizatora (fot. 2). Użytkownik ma do wyboru dwa tryby: wyprowadzanie analogowe i wyprowadzanie przebiegu. W pierwszym trybie są wyprowadzane wartości pomiarowe napięcia,

## Analiza przebiegów PWM

Przy precyzyjnych pomiarach własności przebiegów sygnałów z modulacją szerokości impulsu (PWM) płynących przez półprzewodnikowe wyłączniki SiC (o małej rezystancji w stanie włączenia) jest wymagana duża rozdzielczość. Zapewnia ją w PW6001 18-bitowy przetwornik a/c typu TrueHD. Dzięki tej własności pomiar mocy o małym poziomie, który we wcześniej wprowadzonym na rynek przez HIOKI analizatorze mocy 3390 (z przetwornikiem 16-bitowym) jest utrudniony, w przypadku analizatora PW6001 nie stanowi już żadnego problemu.

Szczegółową analizę przebiegów PWM wspomagają wbudowane w PW6001 funkcje odczytu kursorowego, rozciągania/kompresji (zoom) i wyzwalania/przedwyzwalania. Należy zaznaczyć, że funkcje te nie są dostępne w wymienionym analizatorze 3390. Analizując przebiegi można też korzystać z ekranu dotykowego i podwójnych pokręteł analizatora.

## Funkcje przekształcenia trójkąt-gwiazda i odwrotnie

Wykorzystanie dostępnej w PW6001 funkcji przekształcenia trójkąt-gwiazda ( $\Delta$ -Y) pozwala jego użytkownikowi uzyskać wyniki obliczeń napięcia i mocy fazowych silnika trójfazowego, którego punkt neutralny nie jest dostępny. Z kolei funkcja przekształcenia gwiazda-trójkąt (Y- $\Delta$ ) umożliwia obliczenie napięć przewodowych w układzie trójfazowym, trójprzewodowym. Użycie funkcji przekształcenia  $\Delta$ -Y do wyświetlenia na poziomie przebiegu wyników obliczeń napięcia fazowego otrzymanego z napięcia przewodowego silnika pozwala użytkownikowi analizować harmoniczne przebiegów napięcia fazowego.

## Interfejsy

Analizator PW6001 jest wyposażony standardowo w interfejsy GPIB, RS-232C i LAN (fot. 2). Interfejsy te pozwalają na przeglądanie na komputerze danych pomiarowych przesłanych z analizatora. Użytkownik analizatora może też sterować nim z klawiatury komputera za pomocą rozkazów komunikacyjnych. Instrukcję obsługi tych rozkazów można

CSV akceptowanym przez arkusz kalkulacyjny MS Excel) – dane przebiegów i dane pomiarowe, a w formacie bmp zdjęcia ekranu. Zapis interwałowy danych w czasie rzeczywistym jest możliwy z odstępem wynoszącym co najmniej 10 ms. Warto jeszcze zaznaczyć, że na pamięć USB można też przepisywać dane interwałowe zapisane w pamięci wewnętrznej analizatora.

na komputerze m.in. sprawność falownika.

Analizator PW6001 może też być wykorzystywany do sterowania wsadowego innymi miernikami mocy firmy HIOKI.

Program komunikacyjny „PW Communicator” wspomaga rejestrowanie danych pomiarowych pobieranych z analizatora. Dane te są zapisywane w plikach formatu CSV. Każdy z plików może



Fot. 3. Gniazdo pamięci USB na płycie przedniej PW6001

pobrać bez opłat ze strony internetowej HIOKI. Gniazdo interfejsu RS-232C jest współdzielone z interfejsem zewnętrznego sterowania „EXT I/O”. Do wyprowadzeń tego interfejsu doprowadza się w razie potrzeby sygnały sterujące rozpoczęciem pomiaru (sygnał START) i jego zakończeniem (sygnał STOP), a także resetem danych (sygnał DATA RESET). Na jednym z wyprowadzeń tego gniazda jest też dostępne napięcie zasilające  $\pm 5$  V/200 mA.

Komplet dostępnych interfejsów uzupełniają interfejsy sterowania synchronicznego i wyjścia przetwornika c/a. Na płycie przedniej analizatora znajduje się ponadto gniazdo przenośnej pamięci USB (fot. 3). Po umieszczeniu w nim pamięci można zapisywać na tym nośniku – w formacie CSV (w formacie

## Oprogramowanie

Na stronie internetowej firmy HIOKI jest dostępny bez opłat program komunikacyjny „PW Communicator”. Aplikacja ta zawiera funkcje konfigurowania ustawień analizatora, monitorowania wartości pomiarowych, pobierania danych przez interfejs komunikacyjny, liczenia sprawności i wiele innych.

W trybie monitorowania wartości pomiarowych użytkownik może wybrać maksymalnie 64 wielkości, w tym napięcie, prąd i harmoniczne, a w trybie monitorowania przebiegu może obserwować przebiegi wyświetlone po prawej stronie ekranu, po lewej zaś odpowiadające im wartości pomiarowe napięcia i prądu.

Korzystając z pomiaru synchronicznego przy użyciu dwóch analizatorów użytkownik tych przyrządów może obliczać

zgrupować co najmniej 180 rekordów rejestrowanych z ustalonym odstępem czasowym. Najkrótszy odstęp między kolejnymi rekordami wynosi 200 ms.

Jak zapewnia producent analizatora wkrótce będzie dostępny sterownik do LabVIEW.

## Wymiary i masa

Analizator PW6001 ma wymiary 430x177x450 mm i masę ok. 14 kg. Rozmiary analizatora (full rack) predysponują go do montażu w szafach (stojakach) oraz na liniach testujących.

## Wyposażenie standardowe i opcjonalne

W komplecie z analizatorem PW6001 jest instrukcja obsługi, przewód zasilający, a z wersjami od -11 do -16 specjalny wtyk „D-Sub” z 25 wyprowadzeniami.



Fot. 4. Neseser do analizatora mocy PW6001

Jako wyposażenie opcjonalne, tj. za dodatkową opłatą, należy przy zamawianiu analizatora zakupić do niego czujniki lub sondy prądowe o parametrach dobranych do potrzeb aplikacji pomiarowej realizowanej przez przyszłego użytkownika. Liczba zamawianych czujników lub sond

powinna być równa liczbie kanałów zamówionego analizatora. Należy też zamówić odpowiednią liczbę przewodów pomiarowych napięcia. Bez tych akcesoriów PW6001 nie będzie mógł mierzyć ani analizować mocy.

Wszystkie czujniki i sondy oferowane do PW6001 mierzą prą-

dy stałe i przemienne. Czujniki prądowe HIOKI są tak skonstruowane, że wymagają „przepuszczenia” przewodu z mierzonym prądem przez otwór w obudowie czujnika. Różnią się między sobą, podobnie jak i sondy cęgowy, m.in. maksymalnym mierzonym prądem, dopuszczalną średnicą przewodu z mierzonym prądem oraz pasmem. HIOKI oferuje cztery czujniki prądowe AC/DC o wysokiej dokładności: CT6862-05 (50 A, 24 mm, 1 MHz), CT6863-05 (200 A, 24 mm, 500 kHz), 9709-05 (500 A, 36 mm, 100 kHz) i CT6865-05 (1000 A, 36 mm, 20 kHz). Dołącza się je do gniazd wejściowych kanałów analizatora PW6001 oznaczonych napisem „Probe 1” (sonda 1), przy czym jest wtedy niezbędny przewód przejściowy CT9900. Do gniazd „Probe 1” dołącza się też sondy cęgowy AC/DC: CT6841-05 (20 A, 20 mm, 1 MHz) i CT6843-05 (200 A, 20 mm, 500 kHz), również przewodem przejściowym CT9900. HIOKI oferuje ponadto do współpracy z PW6001 6 prądowych sond szerokopasmowych: 3273-50 (30 A, 5 mm, 50 MHz), 3274 (150 A, 20 mm, 10 MHz), 3275 (500 A,

20 mm, 2 MHz), 3276 (30 A, 5 mm, 100 MHz), CT6700 (5 A, 5 mm, 50 MHz) i CT6701 (5 A, 5 mm, 120 MHz). Sondy szerokopasmowe dołącza się bezpośrednio do gniazd „Probe 2” (sonda 2) analizatora. Dostęp do potrzebnego gniazda („Probe 1” lub „Probe 2”) uzyskuje się, przesuwając pokrywkę maskującą gniazda w lewo lub odpowiednio w prawo.

Jako przewody pomiarowe napięcia można zakupić przewody L9438-50 sprzedawane w kompletach (czarny i czerwony), na napięcie 1000 V, o długości 3 m każdy, z nasuwanymi chwytakami krokodylowymi. HIOKI oferuje też komplet różnokolorowych przewodów pomiarowych napięcia L1000 o takich samych parametrach jak przewody L9438-50.

Z innych akcesoriów oferowanych do PW6001 warto wymienić: przewód połączeniowy L9217 o długości 1,7 m (do doprowadzania sygnału wejściowego przy analizie silnika), przewód optyczny L6000 o długości 10 m (do sterowania synchronicznego) oraz neseser (fot. 4).

mgr inż. Leszek Halicki

## WARTO WIEDZIEĆ

### Elastyczne cęgi prądowe serii CT9667

Seria elastycznych cęgów Rogowskiego wprowadzona niedawno do produkcji przez japońską firmę HIOKI obejmuje trzy wersje o różnej średnicy pętli. Cęgi CT9667-01 i CT9667-02 mają średnicę równą odpowiednio 100 i 180 mm. W porównaniu z wersją CT9667-03 o średnicy pętli 254 mm odznaczają się ponadto dużo mniejszą średnicą przewodu pętli (7,4 mm), co przydaje się przy zakładaniu cęgów w ciasnych miejscach lub przy skomplikowanym okablowaniu. Cęgi wszystkich wersji mierzą prąd przemienne na przelączanych podzakresach 500 i 5000 A przy maksymalnym, dopuszczalnym, ciągłym sygnale wejściowym 10 000 A. Sygnał wyjściowy cęgów wynosi 500 mV, co odpowiada przekładni równej odpowiednio 1 i 0,1 mV/A. Cęgi mają dokładność amplitudy równą  $\pm 2\%$ , a fazy  $\pm 1$  deg. Wyróżniają się też szerokim pasmem pomiaru od 10 Hz do 20 kHz. Można je zasilac z dwóch baterii LR6, zewnętrznego zasilacza sieciowego 9445-03 lub zewnętrznego źródła napięcia stałego (od 5 do 15 V). Nadają się szczególnie do pomiarów prądów



obciążenia prowadzonych za pomocą analizatorów jakości zasilania, mierników mocy oraz rejestratorów oscyloskopowych. Cęgi oferuje firma LABIMED ELECTRONICS.

(LABIMED ELECTRONICS)