



Redakcja „Elektroniki Praktycznej” dziękuje firmie Farnell element14 za udostępnienie oscyloskopu ręcznego Tenma 72-9355 do testów. Więcej informacji na temat oscyloskopu można znaleźć na stronie internetowej <http://pl.farnell.com> (link bezpośredni <http://www.tenma-farnell.com/pl/72-9355>).



Oscyloskop ręczny Tenma 72-9355

Jednym z najważniejszych zadań inżyniera produkcji jest utrzymywanie urządzeń technologicznych w stanie pełnej sprawności. Do jego rutynowych obowiązków należą więc m.in. okresowe przeglądy i pomiary, a ponieważ duża część urządzeń produkcyjnych oparta jest na elektronice, w podstawowym wyposażeniu takiego inżyniera nie może zabraknąć oscyloskopu przenośnego.

Oscyloskop inżyniera produkcji (procesu) lub serwisanta na ogół nie musi charakteryzować się wygórowanymi parametrami. Dużo ważniejsza jest prostota obsługi, mobilność, a więc mała masa i wymiary, zasilanie akumulatorowe oraz... dobra torba. Przyrząd taki ma być pomocny przede wszystkim w lokalizowaniu i diagnozowaniu usterek oraz wykonywaniu podstawowych pomiarów. Najlepiej, gdy będzie łączył kilka funkcji, np. miernika uniwersalnego (pomiar napięć, prądów, rezystancji, pojemności, test połączeń, test diody) i oscyloskopu. Przyrządy takie są produkowane. W ofertach można znaleźć wyroby światowych liderów tej branży oraz firm mniej znanych.

Nawiasem mówiąc, z informacji zamieszczanych na stronach internetowych producentów dowiadujemy się, że każdy z nich odgrywa wiodącą rolę na świecie. Nie będziemy jednak wchodzić w szczegóły, przejdziemy do opisu oscyloskopu ręcznego Tenma 72-9355, który otrzymaliśmy do redakcyjnego testu.

Tenma 72-9355 to najniższy model rodziny 72-93xx. Jest to oscyloskop klasy Digital Storage o paśmie pomiarowym 60 MHz i szybkości próbkowania 250 MSa/s. Parametry wszystkich modeli tej rodziny zestawiono w **tabeli 1**. Wszystkie wymienione oscyloskopy mają wyświetlacz kolorowy o przekątnej 5,7 cala i matrycy 320×240 pikseli. Jest to typowa rozdzielczość

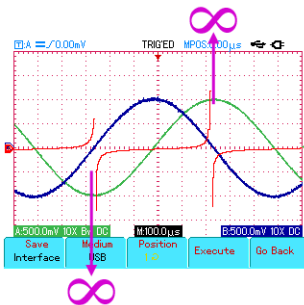
Tabela 1. Zestawienie parametrów oscyloskopów rodziny 72-93xx

Model	Pasmo	Prędkość próbkowania
72-9355	60 MHz	250 MSa/s
72-9360	100 MHz	500 MSa/s
72-9365	200 MHz	1 GSa/s

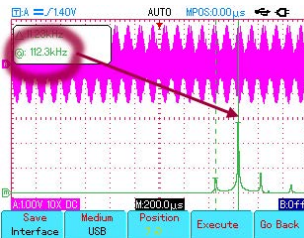
dla przyrządów tej klasy, jednak dla użytkowników pracujących na co dzień z oscyloskopami cyfrowymi dysponującymi wyświetlaczami wysokiej rozdzielczości, „przesiadka” na 320×240 punktów jest dość bolesna.

Oscyloskop

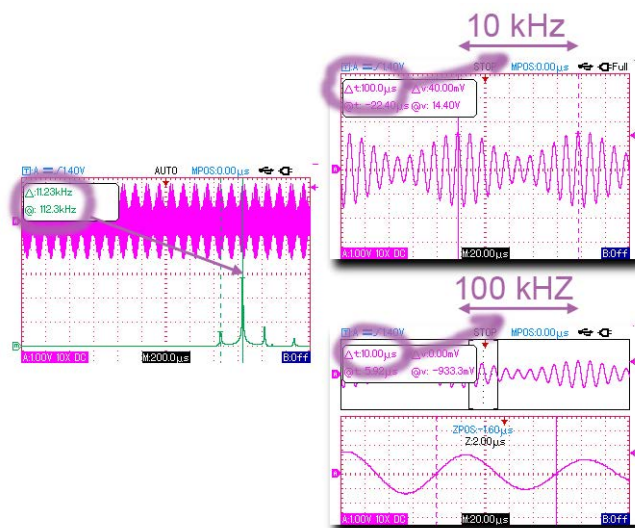
W ofercie producenta przyrząd 72-9355 występuje w kategorii oscyloskopów ręcznych. Użytkownik ma do dyspozycji 2-kanały pomiarowe, których wejścia zostały wprowadzone na przedniej ścianie nad wyświetlaczem w postaci gniazd BNC. Pomiędzy nimi znajdują się gniazda bananowe wykorzystywane w trybie miernika uniwersalnego. Przełączniki rodzaju pracy *Scope* i *Meter* znajdują się pod wyłącznikiem zasilania w lewej części płyty czołowej. W zależności od wybranego trybu zmienia się zawartość ekranu, przełączane są również gniazda wejściowe. Wśród elementów regulacyjnych występują niemal wyłącznie przyciski. Jedynym elementem obrotowym jest pokrętko wielofunkcyjne z przyciskiem, znajdujące się w centralnej części płyty czołowej. Jego zastosowanie ogranicza się jednak w zasadzie tylko



Rysunek 1. Oscylogram przedstawiający wynik operacji matematycznej „dzielenie” w przypadku, gdy sygnał odpowiadający dzielnik osiąga wartość zero.



Rysunek 2. Błąd obliczania częstotliwości prążków widma za pomocą funkcji FFT



Rysunek 3. Pomiar w dziedzinie czasu parametrów częstotliwościowych przedstawionych na wykresie FFT (rysunek 2)

do zmiany poziomu wyzwalania i wybierania opcji w rozwijanym menu. Większość parametrów jest zmieniana przyciskami „góra”, „dół” („+”, „-”).

Obsługa oscyloskopu jest bardzo łatwa, a pomiary można zacząć nawet bez czytania instrukcji. Firmware zawiera funkcje pomiarowe, które spotykamy w każdym oscyloskopie cyfrowym. Są to operacje matematyczne oraz pomiary automatyczne. Zaczniemy od obliczeń matematycznych. Oprócz trzech podstawowych: dodawanie, odejmowanie i mnożenie, mamy także dzielenie. Operacji tej nie znajdziemy w wielu oscyloskopach. Powód jest oczywisty – możliwość występowania błędu przy dzieleniu przez zero. Oprogramowanie oscyloskopu 72-9355 radzi sobie z tym problemem, przedstawiając wynik w takim punkcie jako wirtualną nieskończoność (**rysunek 1**).

W skład operacji matematycznych wchodzi jeszcze funkcja FFT. Za jej pomocą można badać widmo sygnału, ale w firmwarze 72-9355 występuje dość duży błąd obliczania częstotliwości prążków. Przykładowo, widmo sygnału sinusoidalnego o częstotliwości 100 kHz zmodulowanego amplitudowo sinusoidą o częstotliwości 10 kHz powinno zawierać prążek główny 100 kHz i dwa listki boczne: 90 kHz i 110 kHz. Tymczasem w wyniku pomiaru tego sygnału funkcją FFT uzyskano częstotliwość prążka głównego 112,3 kHz (**rysunek 2**). Trudno stwierdzić przyczynę tej dość sporej różnicy. Należy pamiętać, że do obliczenia widma wykorzystywane są 1024 punkty. Przed pomiarami warto też upewnić się, w jakim trybie przebiega próbkowanie – w czasie rzeczywistym czy ekwiwalentnym. W drugim przypadku szybkość próbkowania wzrasta do 25 GSa/s, ale jest to oczywiście tylko pozorny zabieg techniczny, który może być stosowany wyłącznie dla sygnałów okresowych. Pomiar sygnału z rysunku 2 przeprowadzony w dziedzinie czasu z użyciem kursorów dał wyniki poprawne (**rysunku 3**).

Trudno wyobrazić sobie oscyloskop cyfrowy bez pomiarów automatycznych. W 72-9355 możliwe jest wykonanie automatycznych pomiarów 27 parametrów. Trzeba jednak pamiętać o tym, że nastawy przyrządu mogą w pewnym stopniu wpływać na dokładność pomiarów. Jest to uwaga ogólna, której nie należy wiązać wyłącznie z opisywanym modelem oscyloskopu. Przykładem niech będzie pomiar napięcia RMS w przypadku, gdy na ekranie mieści się niepełna wielokrotność okresów przebiegu. Zmierzona funkcją automatycznych pomiarów



Rysunek 4. Różne wskazania napięcia RMS wynikające z nieprawidłowych nastaw oscyloskopu

wartość skuteczna RMS może różnić się od rzeczywistej, co przedstawiono na **rysunku 4**. W przypadku sygnałów o wypełnieniu 1/2 błędu można uniknąć, ustawiając punkt wyzwania na środku ekranu. Należy ponadto pamiętać, że przetwornik analogowo-cyfrowy oscyloskopu ma 8-bitową rozdzielczość, co poza przyrządami najdroższymi jest zresztą standardem. Ma to jednak konsekwencję w postaci dokładności odczytywania napięć. Aby zapewnić jak najmniejszy błąd, należy tak dobierać czułość wejściową, aby przebieg wypełniał jak największą część ekranu w pionie. Wpływ doboru czułości wejściowej na wynik pomiaru napięć przedstawiono na **rysunku 5**.

Wszystkie parametry zawarte w pomiarach automatycznych wyszczególniono w **tabeli 2**. Należy podchodzić do nich jednak

dość rozważnie, gdyż w wersji oprogramowania FirmwareVersion: 2, SoftwareVersion: 1.6 zdarzają się błędy. Na przykład w pomiarze fazy występuje ewidentnie nieprawidłowo wyświetlany znak dziesiętny. Na **rysunku 6** przedstawiono oscylogram, na którym są widoczne dwa przebiegi sinusoidalne przesunięte w fazie o -45° , pomiar automatyczny podaje natomiast wynik $-4,83^\circ$...

Układ wyzwania oscyloskopu 72-9355 pracuje w trybach *Auto*, *Normal* i *Single*, natomiast układ akwizycji może być ustawiany w tryb *Simple*, *Peak* i *Average*. Są to typowe opcje spotykane w większości oscyloskopów cyfrowych. Zdarzeniami wyzwalającymi są: zbocze, impuls, sygnał wideo (w systemie PAL lub NTSC). Za pomocą pokrętki uniwersalnego możliwe jest ustawianie czasu *Hold Off*. Niestety, przyjęcie stałych przyrostów czasu powoduje,

Tabela 2. Najważniejsze parametry oscyloskopu ręcznego Tenma 72-9355

Oscyloskop	
Pasma analogowe	60 MHz
Szybkość próbkowania	250 MSa/s (25 GSa/s w czasie ekwiwalentnym)
Próbkowanie	Sampling, Peak Detect, Average
Impedancja wejściowa	1 MΩ ±2% 21 pF ±3 pF
Napięcie maksymalne	400 V (DC+AC peak)
Długość rekordu	2×512 k próbek
Rekord akwizycji	7,5 k
Rozdzielczość przetwornika A/C	8 bitów
Zakresy pomiarowe oscyloskopu	5 mV/dz...50 V/dz (we. BNC)
Czasy narastania	≤1,8 ns, ≤2,3 ns, ≤3,5 ns, ≤4,3 ns, ≤5,8 ns, ≤8,7 ns, ≤14 ns
Wyzwalanie	Zboczem - Rise, Fall Szerokością impulsu - 40 ns...6,4 ns Video - NTSC, PAL Alternatywne - Edge, pulse, video
Pomiary kursorowe	peak-to-peak, amplitude, maximum, minimum, top, bottom, mean, average, root mean square, overshoot, pre-shoot, frequency, cycle, rising time, falling time, positive pulse, negative
Obliczenia matematyczne	+, -, x, ÷
Funkcja FFT	Okna: Hanning, Hamming, Blackman-Harris, Rectangular Liczba punktów: 1024
Wyświetlacz	LCD o przekątnej 145 mm (5,7 cala)
Rozdzielczość	320×240 punktów
Obszar wyświetlania oscylogramów	Poziomo: 12 działek (25 punktów/dz) Pionowo: 8 działek (25 punktów/dz)
Interfejs	USB host
Miernik uniwersalny	
Napięcie DC	Zakresy: 600 mV, 6 V, 60 V, 600 V, 1000 V Dokładność: ±(1%+5 poziomów kwantyzacji)
Napięcie AC	Zakresy: 600 mV, 6 V, 60 V, 750 V Dokładność: ±(1,2%+5 poziomów kwantyzacji)
Rezystancja	Zakresy: 600 Ω, 6 kΩ, 60 kΩ, 600 kΩ, 6 MΩ, 60 MΩ Dokładność: na zakresie 60 MΩ - ±(1,5%+3 poziomy kwantyzacji) Pozostałe zakresy - ±(1,2%+3 poziomy kwantyzacji)
Pojemność	Zakresy: 6 nF, 60 nF, 600 nF, 6 μF, 60 μF, 600 μF, 6 mF Dokładność: na zakresie 6 nF - ±(4%+10 poziomów kwantyzacji) 6 mF - ±(5%+10 poziomów kwantyzacji) Pozostałe zakresy - ±(4%+10 poziomów kwantyzacji)
Inne	
Zasilanie	100...240 VAC, 45...440 Hz, CAT II
Pobór energii	<20 VA
Czas pracy na zasilaniu akumulatorowym	3 godz. (72-9355/72-9360) 2 godz. (72-9365)
Wymiary	268 mm×168 mm×60 mm
Masa całkowita	4,5 kg
Stopień ochrony	IP2X

że do ustawienia parametru *Hold Off* równego 10 ms należy wykonać... 160 obrotów (sic!). Na tyle tylko wystarczyło cierpliwości autorowi.

Niezależnie od pomiarów automatycznych użytkownik może włączyć opcję „Cymometer” wyświetlającą częstotliwość sygnału mierzonego w kanale A. Wynik pojawia się w lewym, górnym rogu ekranu.

Po włączeniu lupy czasowej uzyskuje się maksymalnie 10-krotne rozciągnięcie przebiegu w oknie Zoom (rysunek 7). Do lokalizacji fluktuacji sygnałów przydatna jest natomiast funkcja sztucznej poświaty („Persist.”), z czasami wygaszania: 2 s, 5 s i nieskończoność.

Do obserwowania zależności fazowych między dwoma sygnałami często wykorzystywany jest tryb XY. W oscyloskopach analogowych krzywe Lissajous były jedną z częściej stosowanych metod pomiaru przesunięć fazowych. W oscyloskopach cyfrowych użytkownika wyręczają w tym pomiary automatyczne, ale tryb XY nadal jest implementowany. Jest on wykorzystywany do badania wzajemnych relacji między dwoma sygnałami, np. $U_A = f(U_B)$. Można go też użyć... choćby do twórczości artystycznej (rysunek 8).

Wraz z oscyloskopem jest dostarczane oprogramowanie Waveform Analysis Software, z tym że oscyloskop wyposażono wyłącznie w gniazdo USB Host. Pozostaje więc jedynie eksport danych do programu przez pamięć Flash-USB.

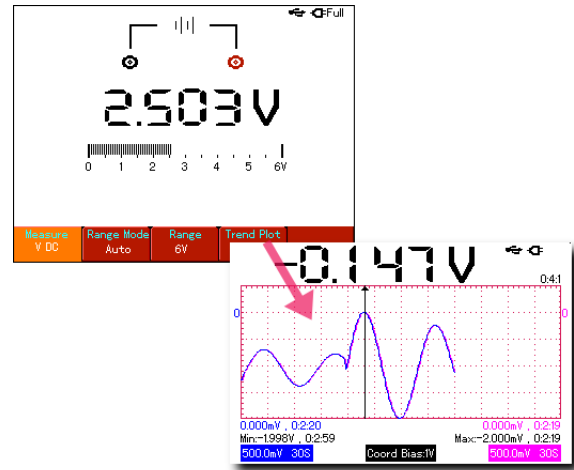
Miernik

Przejście do trybu miernika uniwersalnego następuje po naciśnięciu przycisku *Meter*. Dostępnych jest tu 8 funkcji pomiarowych.

Miernik napięcia stałego. Pomiar może być prowadzony z automatycznym lub ręcznym wyborem zakresu. Pod 4-cyfrowym polem odczytowym umieszczono bargraf. Stan wskaźnika cyfrowego i bargrafu



Rysunek 5. Wpływ doboru czułości kanału na pomiar napięcia RMS



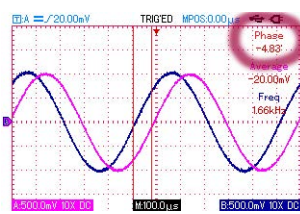
Rysunek 9. Wykres „Trend Plot” przedstawiający przebieg zmian napięcia w trybie pomiaru V DC

jest odświeżany co ok. sekundę. W trybie pomiaru napięcia DC można uruchomić funkcję „Trend Plot”, która jest przydatna do obserwacji bardzo wolnozmiennych sygnałów. Na rysunku 9 przedstawiono przykładową rejestrację. Napięcia w poszczególnych punktach przebiegu są mierzone za pomocą kursora przesuwanego pokrętelem. Bieżąca wartość jest natomiast wyświetlana nad wykresem. Na ekranie mieści się 6 minut przebiegu. **Miernik napięcia zmiennego.** Charakterystykę częstotliwościową miernika przedstawiono na rysunku 10. Poniżej częstotliwości 5..7 Hz pomiar nie jest wiarygodny. Względnie stabilne odczyty zaczynają się powyżej tych częstotliwości. Biorąc pod uwagę charakterystykę częstotliwościową toru, należy uznać, że zakres pomiarowy obejmuje częstotliwości od 20 Hz do 2 kHz. W trybie miernika napięcia AC można też korzystać z rejestratora trendu (rysunek 11). Na ekranie jest wyświetlana ok. 6-minutowa historia pomiarów. Miernik V AC mierzy napięcia skuteczne bez składowej stałej.

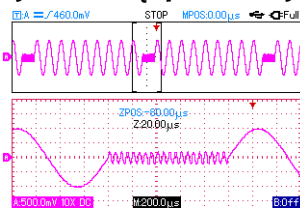
Omiernierz. W tym trybie miernik mierzy rezystancję do 60 MΩ z automatycznym lub ręcznym wyborem zakresów. Możliwa jest również rejestracja trendu zmian rezystancji.

Miernik ciągłości obwodu elektrycznego. Można uznać, że jest to nieco zmodyfikowany omiernierz, który mierzy rezystancję nie większą niż 600 Ω. Wykrycie rezystancji poniżej 30 Ω jest sygnalizowane dźwiękiem. Ważną cechą takiego przyrządu powinna być jak najszybsza reakcja na wykrycie zwarcia. W mierniku 72-9355 jest ona równa ok. 180 ms. Rezystancja zwarcia jest wyświetlana w sposób ciągły na wyświetlaczu. Funkcja „Trend Plot” jest czynna w tym trybie.

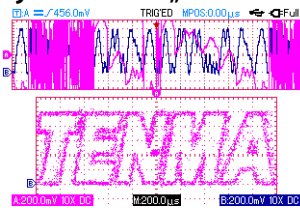
Test diody. Typowy dla większości mierników uniwersalnych tryb pracy wykorzystywany do sprawdzania elementów



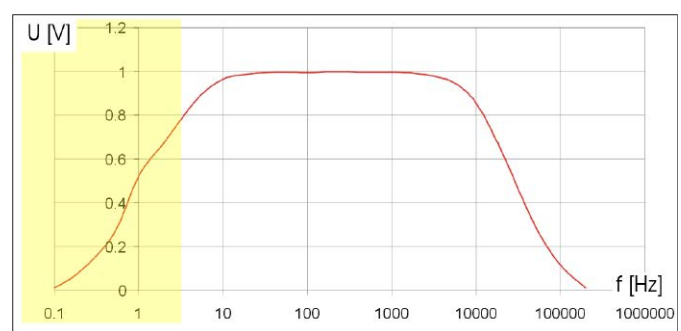
Rysunek 6. Błąd pomiaru fazy



Rysunek 7. Okno „Zoom”

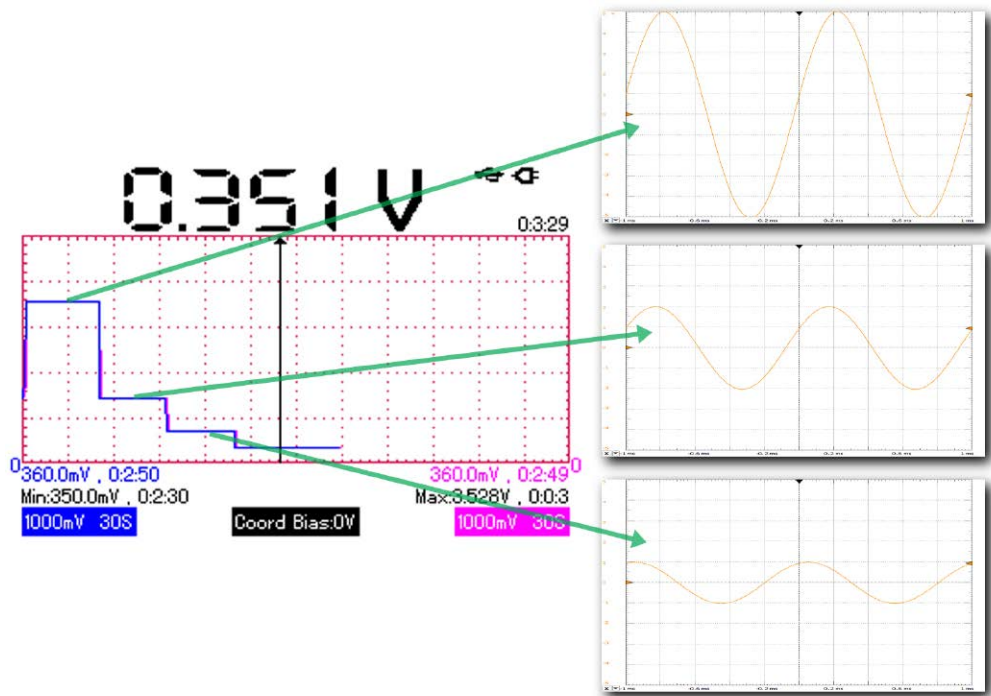


Rysunek 8. Praca w trybie XY



Rysunek 10. Charakterystyka częstotliwościowa miernika napięcia AC

półprzewodnikowych. Po przyłożeniu końcówek przyrządu do wyprowadzeń złącza półprzewodnikowego w kierunku przewodzenia („+” do anody, „-” do katody) na ekranie jest wyświetlane napięcie przewodzenia. Przy odwrotnej polaryzacji lub w stanie rozwarcia pojawia się stan „0LV”. W przypadku zwarcia złącza emitowany jest sygnał dźwiękowy, tak jak w poprzednim trybie pracy. Złącze jest testowane prądem o natężeniu ok. 1 mA, natomiast maksymalne napięcie testowania jest równe 3,25 V. Oczywiście wyjście w tym trybie ma charakter prądowy i dlatego po przyłożeniu do końcówek diody na zaciskach występuje napięcie złączone. Funkcja „Trend Plot” może być wykorzystywana w tym trybie.



Rysunek 11. Wykres „Trend Plot” tworzony podczas pomiaru napięcia AC

Miernik pojemności. Bardzo przydatna funkcja pomiarowa dla każdego elektronika wykonującego różnorodne prace, czy to montażowe, czy serwisowe. Pomiar może być dokonywany z ręcznym lub automatycznym wyborem zakresu (od 6 nF do 6 mF). Górne zakresy są wykorzystywane zwykle podczas badania kondensatorów elektrolitycznych, ale pomiar odbywa się bez polaryzacji. Funkcja „Trend Plot” jest dostępna w tym trybie.

Miernik prądu stałego. W tym i w następnym trybie pomiarowym konieczne jest dołączenie do miernika specjalnego adaptera przetwarzającego mierzony prąd na napięcie. Adapter ma z jednej strony wtyki pasujące do gniazd pomiarowych przyrządu, z drugiej strony natomiast znajdują się gniazda, do których dołączane są przewody. Nie jest to zbyt wygodne, ale w typowych multimetrach też najczęściej konieczne jest przełączenie co najmniej jednego przewodu przy przechodzeniu z pomiarów napięć na pomiary prądów. W standardowym wyposażeniu znajdują się dwa adaptory. Jeden na zakres 4 A/6 A, drugi ma przełączane zakresy: 4 mA/6 mA, 40 mA/60 mA i 400 mA/600 mA (fotografia 12). Niestety i w tym trybie ujawnił się błąd oprogramowania firmowego, podobny do opisywanego wcześniej. Błąd polega na nieprawidłowym umieszczeniu znaku dziesiętnego na różnych zakresach pomiarowych. Problem jest jednak o tyle poważny, że nie znając przynajmniej szacunkowego natężenia mierzonego prądu, trudno osądzić, który odczyt jest prawdziwy. Na przykład czy jest to 300 mA, czy 30 mA. W pomiarze prądu nie można korzystać z automatycznego wyboru zakresów, działa natomiast funkcja „Trend Plot”.

Uwagi ogólne

Oscyloskopu ręcznego Tenma 72-9355 nie można zakwalifikować do wyrobów z górnej półki. Jest to dość prosty przyrząd, który powinien spełnić oczekiwania inżynierów produkcji,

elektryków motoryzacyjnych i pewnej grupy serwisantów. Konstruktorzy i projektanci mogą już mieć wyższe wymagania. Nie można jednak nie zauważyć, że cena tego przyrządu jest ok. 6-krotnie niższa od ceny podobnego miernika jednego z prawdziwych liderów światowych.

Na wielkie uznanie zasługuje bardzo solidna walizka, w której mieszczą się wszystkie akcesoria wykorzystywane podczas pomiarów. Patrząc na nią, można z przekonaniem uznać, że 72-9355 jest przeznaczony do pracy w terenie.

JAROSŁAW DOLIŃSKI, EP



Fotografia 12. Adaptery wykorzystywane w pomiarach prądów