



miernik małych rezystancji Megger DLRO10HD

Tomasz Koczorowicz – TOMTRONIX

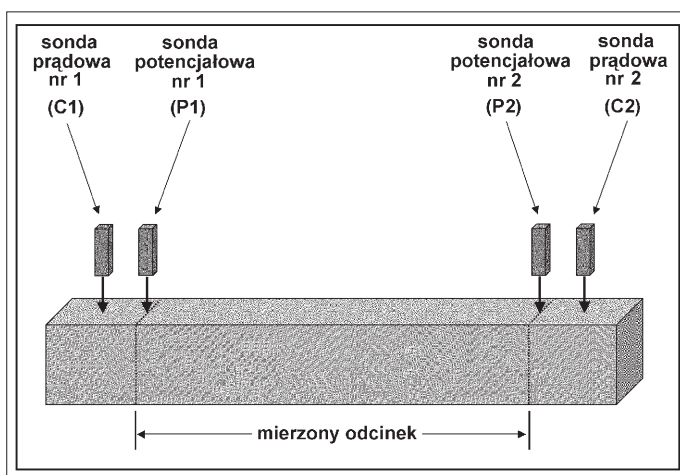
Brytyjska firma Megger Limited wprowadziła do sprzedaży nowy model miernika małych rezystancji DLRO10HD. Konstrukcja przyrządu uwzględnia wieloletnie doświadczenia firmy związane z produkcją i eksploatacją tego typu urządzeń. Premiera nowego przyrządu to dobra okazja do przypomnienia podstawowych zagadnień związanych z pomiarami małych rezystancji.

specyfika pomiarów małych rezystancji

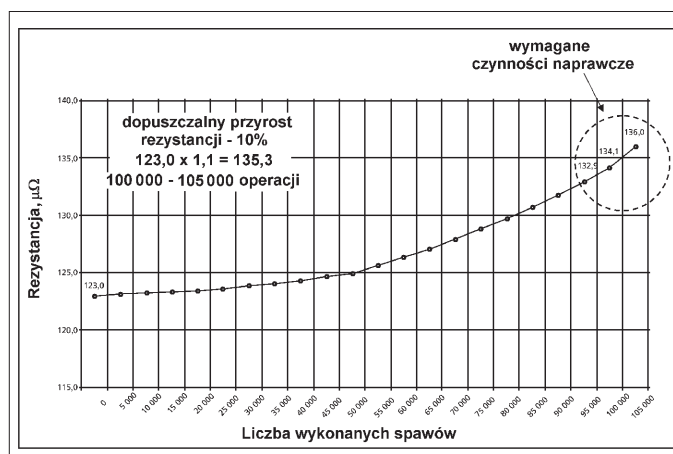
Małymi rezystancjami nazywamy umownie rezystancje o wartości mniejszej niż 1 W. Pomiary takich wartości wymagają użycia aparatury, która zmniejsza do minimum wpływ czynników będących źródłem błędów pomiarowych. Procedura badania powinna eliminować z wyniku próby rezystancję przewodów pomiarowych oraz rezystancję połączeń sond z badanym obiektem. Przyrząd musi uwzględniać wpływ czynników zewnętrznych na pomiar, np. sił elektrotermicznych, które powstają w miejscach połączeń różnych materiałów (jeżeli badany obiekt nie stanowi jednolitej struktury). Miernik powinien być również odporny na zakłócenia interferencyjne pocho-

dzące od silnych pól elektromagnetycznych, gdyż inaczej jego wskazania będą niestabilne, a czułość niezadowalająca. Układy pomiarowe współczesnych mierników rozpoznają zakłócenia, a niektóre z urządzeń sygnalizują przekroczenie progu, przy którym błąd wyniku badania jest większy od znamionowego. Pomiary małych rezystancji niektórych obiektów wymagają indywidualnych procedur. Tak jest na przykład w przypadku pomiarów uzwojeń transformatorów. Duża indukcyjność obciążenia wymaga wymuszenia prądu o specjalnej charakterystyce w pierwszej fazie pomiaru, w celu szybkiego namagnesowania rdzenia i ustabilizowania układu pomiarowego.

Pomiary obiektów pozbawionych energii nie przysparzają tyłu kłopotów jak ma to miejsce w przypadku



Rys. 2. Metoda czteroprzewodowa pomiaru



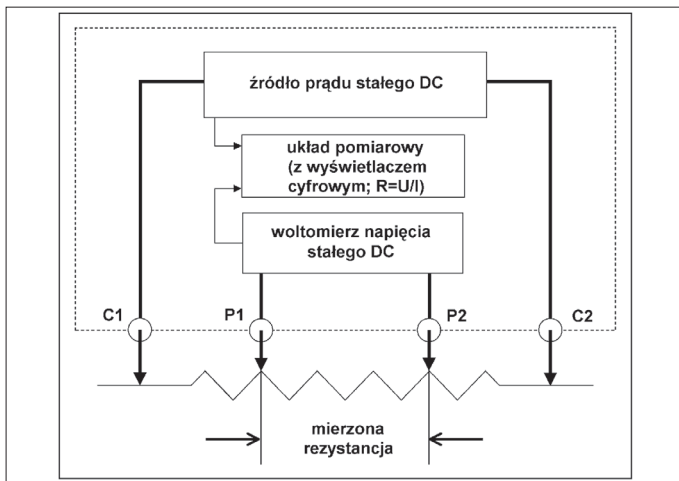
Rys. 1. Rezystancja toru prądowego spawarki w funkcji wykonanych spawów

urządzeń znajdujących się pod napięciem. Miernik, np. podczas pomiarów połączeń akumulatorów z mostkami w systemie zasilania awaryjnego, musi być odporny na obecność prądów ładowania i rozładowania. Najbardziej wiarygodne wyniki badania otrzymuje się stosując czteroprzewodową metodę badania z dwukrotnym pomiarem dla różnych kierunków przepływu prądu.

dlaczego mierzymy małe rezystancje?

Pomiar małych rezystancji pomaga w wykryciu tych elementów, których rezystancja zwiększa się powyżej możliwych do zaakceptowania wartości. Funkcjonowanie urządzeń polega na kontrolowanym przepływie prądu o określonych parametrach przez obwód elektryczny. Współcze-

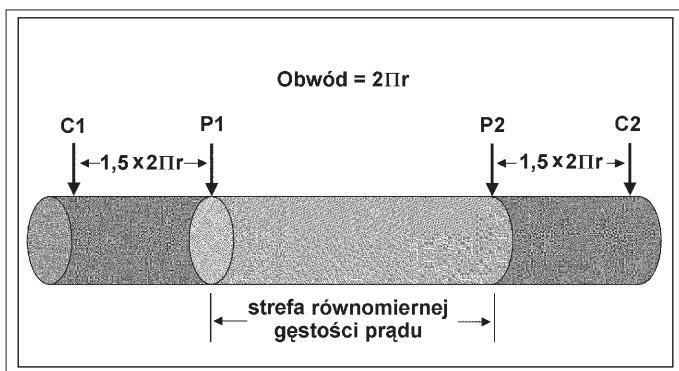
sna elektronika zwiększa wymagania dotyczące obwodów elektrycznych. Kilka lat temu były akceptowane pomiary wartości rezystancji rzędu 10 mW. Obecnie oczekuje się, aby wyniki pomiarów były powtarzalne dla rezystancji rzędu kilka mikroomów lub jeszcze mniejszych. Spełnienie takich oczekiwań wymaga stosowania zaawansowanej technologii badania. Mała wartość rezystancji zapobiega długookresowemu starzeniu urządzeń oraz stratom energii na grzanie. Małe rezystancje stanowią ograniczenie dla przepływu prądu, tym samym decydują o mocy wyjściowej urządzeń. Są powodem zadziałania zabezpieczeń przy niepożądanych wartościach prądów zwarciovych. Niewłaściwy montaż urządzeń, zmiany temperatury, zmęczenie materiałów, wibracje oraz korozja są najczęstszymi przyczynami stopniowego wzrostu



Rys. 3. Schemat blokowy miernika małych rezystancji

rezystancji obwodów elektrycznych. Wpływ czynników atmosferycznych i chemicznych jest nieubłagany. Postępuje proces utleniania powierzchni materiałów organicznych. Obecność wilgoci, oleju lub soli jeszcze bardziej to zjawisko przyspiesza. Korozja chemiczna szczególnie atakuje miejsca połączeń, zmniejsza objętość połączeń, tym samym zwiększa ich rezystancję. Zjawiska elektryczne, szczególnie przepięcia i impulsy, powodują uszkodzenia połączeń zgrzewanych i spawanych. W następstwie wzrostu rezystancji rośnie ilość ciepła wydzielanego podczas przepływu prądu. Dla przykładu przepływ prądu o natężeniu 6000 A przez odcinek szynoprzewodu o rezystancji 100 mΩ powoduje wydzielanie energii o wartości 3600 W. Jeżeli miejsca o zwiększonej rezystancji nie są w porę identyfikowane, ich ciągłe przegrzanie przyspiesza degradację i prowadzi do awarii. Dobrym praktycznym przykładem na to, jak w następstwie wzrostu re-

zystancji mogą pogarszać się warunki pracy urządzeń, są systemy zasilania awaryjnego. W wyniku zmian wartości i kierunku przepływu prądu na zmianę kurczą się i rozszerzają połączenia zacisków akumulatorów z mostkami, tracąc swoje właściwości elektryczne i mechaniczne. Jeżeli jednocześnie ma to miejsce w trudnych warunkach zewnętrznych, np. w środowisku kwaśnym, wówczas proces degradacji przyspiesza. Najlepszą praktyką, jak zawsze, są badania okresowe. Pozwalają one ocenić tendencję zmian oraz wykryć miejsca potencjalnych awarii. Ważne jest, aby wyniki pomiarów oraz warunki, w jakich były przeprowadzane, były archiwizowane i stanowiły materiał do analizy porównawczej w przyszłości. Na **rysunku 1.** przedstawiono, w jaki sposób tendencje zmian uzyskane na podstawie okresowych badań mogą pomóc personelowi nadzorującemu w podjęciu decyzji. Przedstawiono na nim wyniki pomiarów rezystan-



Rys. 5. Konfiguracja połączeń zgodnie z normą ASTM B193-65



Rys. 4. Przewody pomiarowe typu „duplex”

cji toru prądowego spawarki. Pierwszy wynik badania był zgodny ze specyfikacją producenta. Firma w dokumentacji technicznej jako dopuszczalny uznała wzrost rezystancji toru prądowego o 10% w stosunku do wyniku badania poprodukcyjnego. Na rysunku oznaczono moment, w którym powinny być przeprowadzone czynności naprawcze.

czteroprzewodowa metoda pomiaru

Jest to metoda pomiaru stosowana we współczesnych miernikach małych rezystancji. Zakłada użycie czterech przewodów pomiarowych, dwóch prądowych i dwóch napię-

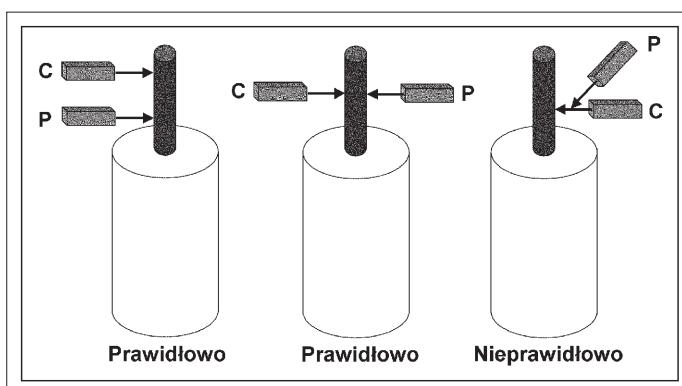
wych (**rys. 2.**) Gwarantuje największą dokładność pomiaru dla rezystancji mniejszych od 10 mΩ, gdyż uwzględnia wpływ rezystancji przewodów pomiarowych oraz rezystancji połączeń sond pomiarowych z badanym obiektem na wynik próby. Miernik małych rezystancji zawiera dwa wewnętrzne układy pomiarowe (**rys. 3.**). Prąd pomiarowy jest doprowadzany do badanego obiektu za pośrednictwem sond prądowych C1 i C2. Wartość prądu jest ograniczana całkowitą rezystancją pętli i mocą wyjściową miernika. Biorąc pod uwagę to, iż miernik w swoich obliczeniach uwzględnia wartość prądu, nie jest istotne, jaka jest rezystancja pętli, w tym rezystancja połączeń sond C1 i C2 z obiek-

reklama

TOMTRONIX
APARATURA POMIAROWA

www.tomtronix.com.pl
tomtronix@tomtronix.com.pl
tel. fax. (42) 6747455
tel. (42) 6760633

Mierniki małych rezystancji
(wielu użytkowników w kraju)



Rys. 6. Sposoby podłączenia sond pomiarowych do obiektu

tem oraz przewodów prądowych C1 i C2. W wyniku przepływu prądu pomiarowego powstaje spadek napięcia na mierzonej rezystancji. Jego wartość jest kontrolowana przez sondy potencjałowe P1 i P2 w układzie pomiaru napięcia. Voltomierz miernika charakteryzuje się dużą impedancją wejściową, dzięki czemu przez miejsca styku sond P1 i P2 z obiektem nie płynie żaden prąd i w konsekwencji nie pojawia się na nich spadek napięcia, który mógłby mieć wpływ na wartość mierzonego napięcia. Jeżeli mierzone wartości znajdują się w pobliżu dolnej granicy zakresu pomiarowego, wówczas na dokładność pomiaru może mieć wpływ obecność sił elektrotermicznych. Powodowane przez nie miliwoltowe spadki napięcia są przyczyną niestabilnych wskazań miernika. Jeżeli taka sytuacja ma miejsce, wówczas idea precyzyjnego pomiaru małej wartości rezystancji

traci sens. Dodatkową trudność stanowią zakłócenia interferencyjne pochodzące od pobliskich pól elektrycznych lub magnetycznych. Tym zjawiskom można zapobiec wykonując dwa badania, dla dwóch kierunków przepływu prądu, a następnie uśredniając wyniki pomiarów. Dobrej jakości przyrządy gwarantują powtarzalność pomiarów i dokładność na poziomie 1,0% wartości odczytanej.

przewody i sondy pomiarowe

Połączenia z obiektem realizuje się jednożyłowymi przewodami pomiarowymi zakończonymi sondami lub dwużyłowymi przewodami zakończonymi zespoloną sondą z dwoma stykami typu „duplex” (sonda prądowa i potencjałowa) (rys. 4.). Sondy potencjałowe są oznaczane literką „P”. Miejsca styku tych sond z obiektem

powinny znajdować się wzdłuż linii łączącej miejsca połączenia sond prądowych „C” z obiektem. Taki sposób połączenia powoduje, że gęstość prądu pomiarowego, który płynie przez badany obiekt, jest najbardziej równomierna. Do wykonania precyzyjnych pomiarów używa się jednożyłowych przewodów pomiarowych. Sondy prądowe podłącza się w pewnej odległości od sond potencjałowych. Według normy ASTM B193-65 (*American Society for Testing and Materials*), która zawiera instrukcje, w jaki sposób konfigurować układ pomiarowy, aby gęstość prądu pomiarowego była równomierna, odległość ta powinna być 1,5 raza większa od obwodu badanego obiektu (rys. 5.). To, jakich sond używamy – dotykowych, zaczepów krokodylkowych czy zacisków śrubowych, w dużej mierze zależy od specyfiki danego układu pomiarowego. Jeżeli używamy sond dotykowych, wskazane jest, aby końcówki były odpowiednio ostre i powodowały lekkie naruszenie powierzchni badanego obiektu. Nie wolno stosować przewodów pomiarowych innych niż miedziane, gdyż zdarza się, że inny przewodnik charakteryzuje się dużym współczynnikiem temperaturowym rezystancji. Jeżeli pomiary są wykonywane dużym prądem, należy zwrócić uwagę na rezystancję własną przewodów pomiarowych, gdyż jej wartość może sku-

tecznie ograniczać przepływ prądu. W przypadku instalacji silnoprądowych ograniczenie prądu pomiarowego będzie skutkowało gorszym stosunkiem sygnału do szumu i większym błędem pomiarowym. Nie wolno mocować sond potencjałowych na sondach prądowych, gdyż spadek napięcia na zaciskach prądowych będzie wprowadzał dodatkowy błąd do wyniku badania. Na rysunku pokazano przykłady prawidłowego i nieprawidłowego połączenia sond pomiarowych z obiektem (rys. 6.).

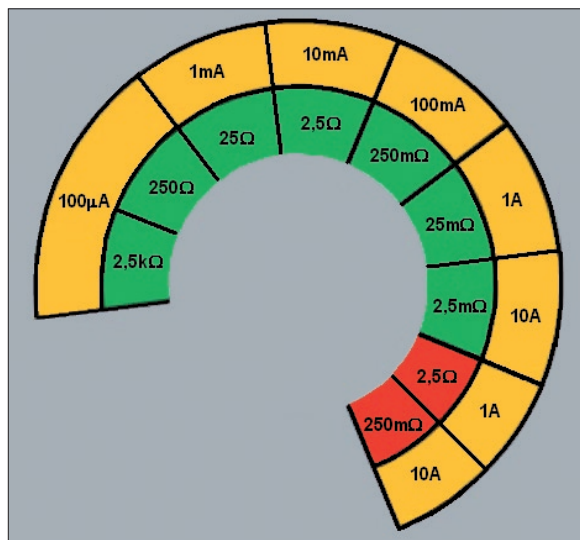
miernik Megger DLRO10HD

Przyrząd Megger DLRO10HD (rys. 7.) wykonuje pomiary maksymalnym prądem 10 A. Taką wartość prądu pomiarowego można osiągnąć dla obciążeń do 250 mΩ. Urządzenie mierzy rezystancję metodą cztero-przewodową z maksymalną rozdzielczością 0,1 mΩ i dokładnością $\pm 0,2\% \pm 20 \mu\Omega$. Megger DLRO10HD posiada duży, czytelny, podświetlany wyświetlacz LCD z funkcją regulacji kontrastu. Przyrząd jest zasilany z wewnętrznego akumulatora lub z sieci, co umożliwia wykorzystanie na liniach produkcyjnych w warunkach ciągłego powtarzania pomiaru. Dysponując w pełni naładowanym akumulatorem można wykonać około 1000 pomiarów 10 A prądem. Układ automatycznego wyłączania zasilania pomaga wydłużyć czas pracy przyrządu zasilanego z akumulatora. Miernik ma wbudowaną ładowarkę akumulatora oraz został wyposażony w sygnalizację rozładowania akumulatora. Akumulator jest ładowany również wówczas, gdy przyrząd jest zasilany z sieci i wykonuje pomiary. Przyrząd wyposażono w wytrzymałą obudowę o stopniu szczelności IP54 przystosowaną do pracy w ciężkich warunkach przemysłowych i dostosowaną do transportu, z paskiem na ramię i torbą na przewody pomiarowe.

Megger DLRO10HD jest zabezpieczony przed uszkodzeniem na wypadek doprowadzenia do jego wejść napięcia zewnętrznego do 600 V. Przy-



Rys. 7. Miernik Megger DLRO10HD



Rys. 8. Przełącznik zakresów DLRO10HD

padkowe podłączenie przewodów pomiarowych do sieci lub do UPS nie powoduje przepalenia bezpiecznika. Miernik sygnalizuje przepływ prądu w badanym obwodzie po zakończeniu próby. Obecność prądu sugeruje, że obciążenie ma charakter indukcyjny i trwa proces rozładowania energii pola magnetycznego. Nie wolno wówczas przerywać pętli prądowej w układzie pomiarowym, gdyż spowoduje to powstanie przepięć, które mogą uszkodzić układy wyjściowe miernika. Miernik kontroluje poziom szumu elektromagnetycznego, który indukuje się w przewodach i interferuje z sygnałem pomiarowym. Obecność symbolu szumu na wyświetlaczu informuje użytkownika o przekroczeniu dopuszczalnego poziomu sygnału pasożytniczego. Jeżeli pomiary są wykonywane nieprzerwanie dużym prądem i w konsekwencji dochodzi do znacznego wzrostu temperatury wewnątrz przyrządu, wówczas włączana jest sygnalizacja przegrzania, a funkcjonowanie przyrządu zostaje przerwane do chwili obniżenia temperatury.

Przyrząd wyposażono w osiem zakresów pomiarowych, które wybierane są przełącznikiem obrotowym (rys. 8.). Użytkownik może skorzystać z zakresu pomiarowego z małą (kolor zielony na skali) lub z dużą (kolor czerwony na skali) mocą wyjściową. Zbyt duży prąd pomiarowy powoduje wydzielanie mocy w badanym obiekcie i w rezultacie jego nagrzewanie. Nagrzewanie zmienia rezystancję badanego obiektu. Jednak występują sytuacje, w których większa moc wyjściowa przyrządu pomiarowego jest nieodzowna. Megger DLRO-10HD posiada dwa zakresy ze zwiększoną mocą wyjściową: 2,5 Ω/1 A oraz 250 mΩ/10 A.

Użytkownik może skorzystać z pięciu trybów pomiarów, które wybierane są przełącznikiem obrotowym (rys. 9.).

tryb normalny

Tryb normalny uruchamia się naciśnięciem przycisku „test”, po podłączeniu przewodów pomiarowych do

badanego obiektu. W pierwszej kolejności sprawdzany jest poziom napięcia obcego na zaciskach oraz ciągłość wszystkich czterech połączeń, a następnie jest przykładany prąd pomiarowy w obu kierunkach przewodzenia i wyświetlane zmierzone wartości rezystancji dla obu kierunków przepływu prądu oraz wartość średnia z tych wyników.

tryb automatyczny

W trybie automatycznym przyrząd znajduje się w fazie czuwania do momentu podłączenia obu przewodów pomiarowych (napięciowego i prądowego) do badanego obiektu. Po podłączeniu, w pierwszej kolejności, sprawdzany jest poziom napięcia obcego na zaciskach oraz ciągłość wszystkich czterech połączeń, a następnie inicjowany jest przepływ prądu w obu kierunkach przewodzenia i wyświetlane wyniki pomiarów dla obu kierunków przepływu prądu oraz wartość średnia z tych wyników. Kolejny pomiar nie wymaga naciśnięcia przycisku „test” i jest uruchamiany z chwilą podłączenia sond do następnego obiektu. W tym trybie pracy najlepiej sprawdzają się przewody pomiarowe typu „duplex” z dwoma końcówkami ostrzowymi.

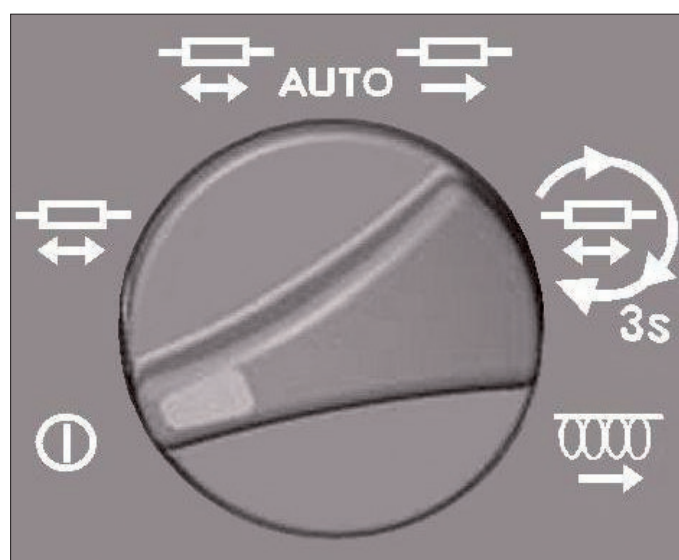
tryb automatyczny jednokierunkowy

Tryb automatyczny jednokierunkowy różni się od automatycznego tym, że pomiar wykonywany jest tylko dla jednego kierunku przepływu prądu. W ten sposób czas trwania pomiaru ulega skróceniu, jednakże należy brać pod uwagę to, że siły elektrotermiczne, które powstają w miejscach połączeń różnych metali, mogą powodować gorszą dokładność.

tryb pracy ciągłej

W trybie pracy ciągłej przed rozpoczęciem badania należy wykonać wszystkie połączenia miernika z układem pomiarowym. Przyrząd powtarza sekwencję pomiarową co trzy sekundy. Zakończenie próby następuje z chwilą przerwania obwodu pomiarowego lub naciśnięcia przycisku „test”.

tryb indukcyjny



Rys. 9. Przełącznik trybów pracy DLRO10HD

W trybie indukcyjnym mierzona jest rezystancja, na przykład, uzwojeń silników lub generatorów. Pomiar uruchamiany jest naciśnięciem przycisku „test”, po podłączeniu na stałe przewodów pomiarowych do badanego obiektu. Obciążenia o charakterze indukcyjnym wymagają dłuższego czasu, który potrzebny jest na ustabilizowanie się napięcia w układzie pomiarowym. Przyrząd wymusza przepływ prądu pomiarowego tylko w jednym kierunku przewodzenia. W trakcie trwania pomiaru odpowiednio zwiększana jest moc wyjściowa miernika, w celu skrócenia czasu potrzebnego na ustabilizowanie napięcia.

Użytkownik wraz z przyrządem otrzymuje komplet przewodów pomiarowych „duplex”. Każda z dwóch sond wyposażona jest w dwie osadzone na sprężynach końcówki ostrzowe (obwód prądowy i napięciowy). Dodatkowo na jednej z sond umieszczono dwie diody sygnalizacyjne informujące operatora o aktualnym stanie połączeń wyprowadzeń przyrządu z badanym obiektem. Informacje te są również wyświetlane na ekranie miernika. Dzięki ciągłej kontroli prawidłowości połączeń uniknięto występowania iskrzeń powodujących erozję końcówek sond.

Miernik DLRO10HD spełnia wymagania dyrektyw nowego podejścia 73/23/EEC, 93/68/EEC Unii Europej-

skiej, w tym m.in. norm PN-EN 61010, PN-EN 61326 Aneks A w zakresie bezpieczeństwa i kompatybilności elektromagnetycznej. Miernik został oznaczony symbolem zgodności CE. Każdy przyrząd posiada certyfikat, który potwierdza wykonanie w systemie jakości ISO 9001, zgodność z odpowiednimi normami Unii Europejskiej oraz zgodność wszystkich parametrów z podanymi w instrukcji obsługi.