



Przyrządy pomiarowe w utrzymaniu ruchu

Diagnostyka urządzeń elektrycznych i systemów automatyki nie obejdzie się bez odpowiednich przyrządów pomiarowych.

Damian Żabicki

Tematyka obejmująca kwestię przyrządów pomiarowych stanowi bardzo obszerne zagadnienie. Ograniczając się do wybranych mierników warto przybliżyć urządzenia przeznaczone do wykrywania usterek w kablach i przewodach, a także mierniki cęgowe, mierniki rezystancji izolacji, kalibratory, oscyloskopy i mierniki rezystancji uziemień.

Wykrywanie usterek w kablach

Do wykrywania uszkodzeń w kablach światłowodowych znajdują zastosowanie mierniki mocy optycznej. Urządzenia tego typu są w stanie mierzyć poziom mocy źródła światła laserowego oraz lokalizować uszkodzenia w kablu światłowodowym, dzięki czemu zyskuje się pełny obraz jakości sieci. Typowy przyrząd współpracuje z kablami SMF i obsługuje długości fali 1310 nm, 1490 nm, 1550 nm i 1625 nm z możliwością obsługi długości z zakresu, który jest zdefiniowany przez użytkownika. Istotny pozostaje również zakres pomiaru mocy. Mieści się on najczęściej pomiędzy -55 dBm a 10 dBm.

W dostępnych na rynku urządzeniach przeznaczonych do lokalizowania uszkodzeń w kablach dąży się do uzyskania prostej a zarazem wygodnej obsługi. Stąd też do wymiany danych z użytkownikiem przeznaczony jest wyświetlacz. To właśnie dzięki niemu operator jest informowany o odległości do miejsca uszkodzenia. Najczęściej przewiduje się dwa tryby wyświetlania reflektogramów. W trybie pierwszym na całości ekranu wyświetlany jest badany przebieg. Naciskając odpowiedni przycisk pojawiają się dwa obrazy tego samego przebiegu. Na górnym przedstawiany jest cały reflektogram, zaś na dolnym, wybrany fragment, który może być powiększany celem analizowania detali. W niektórych modelach przewidziano możliwość kompensowania impulsu wejściowego. Tym sposobem zyskuje się optymalne dostosowanie reflektometru do impedancji mierzonego kabla, dzięki czemu bez problemu wykrywane są uszkodzenia znajdujące się w niewielkiej odległości od lokalizatora.

Z oferty firmy Sonel wybrać można między innymi lokalizator LKZ-1000 przeznaczony do wyszukiwania kabli i innych infrastruktur podziemnych. Zestaw w postaci nadajnika, odbiornika i akcesoriów pozwala na lokalizację zarówno obiektów metalowych (kable), jak i nieprzewodzących prądu (rury

PVC, betonowe, itp). Można używać tylko odbiornika lub odbiornika i nadajnika (tryby selektywne), podczas pracy z nadajnikiem dodatkowo mierzona jest głębokość położenia obiektu.

Mierniki cęgowe

Zaletą mierników cęgowych jest możliwość wykonania pomiaru prądu bez przerywania mierzonego obwodu. Jak wiadomo w tradycyjnym pomiarze trzeba przerwać obwód i szeregowo podłączyć amperomierz a w wielu aplikacjach jest to niewygodne, niebezpieczne a nawet niemożliwe. Na rynku nie brakuje mierników cęgowych bazujących na konstrukcji cęgów bez rdzenia magnetycznego, przy czym cęgi mają wtedy specjalną cewkę powietrzną. Takie rozwiązanie zapewnia niewielką masę cęgów.

Nowoczesne mierniki są w stanie bardzo dokładnie mierzyć prądy o niewielkiej wartości. Skorzystać można przy tym z funkcji pomiaru prądu stałego lub przemiennego ze składową stałą, przy czym pomiar prądów o małych wartościach można wykonać za pomocą przewodów. Niektóre przyrządy są w stanie wykonać testy wirowania faz uwzględniając dwa poziomy czułości. Przy dużej czułości wykonywane są testy silników 3-fazowych w stanie beznapięciowym, natomiast uwzględniając zwykły poziom czułości można sprawdzać kierunek wirowania faz elektrycznej sieci 3-fazowej.

Wiele mierników cęgowych zebrane dane przesyła bezprzewodowo. Zastosowanie znajdują przy tym specjalne moduły odczytujące wyniki pomiarów na urządzeniu zdalnym, którym może być smartfon. Warto podkreślić, że takie rozwiązanie bardzo często znajduje zastosowanie chociażby przy diagnozowaniu sieci elektroenergetycznych. Specjalne moduły są bowiem podłączane w rozdzielnicach a zbierane dane są przesyłane i rejestrowane zdalnie z uwzględnieniem dowolnych przedziałów czasowych.

Przykładem może być miernik cęgowy CMP-2000 z oferty firmy Sonel umożliwia wykonywanie pomiarów prądu do 2000 A za pomocą cęgów na przewodach o średnicy do 57 mm i szynoprzewodach o przekroju do 70x18 mm. Oprócz tego jest możliwy pomiar początkowego prądu rozruchowego, napięcia stałego do 1000 V i przemiennego (TRUE RMS) do 750 V, a także rezystancji, ciągłości połączeń, pojemności, temperatury i cyklu roboczego.



Źródło: Fluke

Z kolei jako najważniejsze cechy miernika cęgowego KEW2009R firmy Kyoritsu (dostępne są u wyłącznego importera – BIALL) należy wymienić automatyczną zmianę zakresów pomiarowych, pomiar metodą cęgową przewodów o średnicy do 55 mm, pomiar rzeczywistej wartości skutecznej (TrueRMS), a także zatrzymanie bieżącego wyniku pomiaru na wyświetlaczu (Data Hold) i wyświetlanie wartości średniej pomiarów (AVG). Oprócz tego przyrząd mierzy wartości szczytowe. Miernik można wykorzystać jako przystawkę cęgową z możliwością współpracy z innym urządzeniem rejestrującym przebiegi prądów ACA i DCA.

Pomiar rezystancji izolacji

Mówiąc o urządzeniach przeznaczonych do pomiaru rezystancji izolacji należy mieć na uwadze mierniki indukcyjne oraz przyrządy elektroniczne. Mierniki elektroniczne są dostępne również w wersjach z odczytem analogowym.

Nowoczesne mierniki cechuje pomiar rezystancji małym prądem z sygnalizacją akustyczną i optyczną. Zakres pomiarowy przyrządów niejednokrotnie przekracza 100 GΩ. Napięcia pomiarowe są wybierane w zakresie 50, 100, 250, 500 oraz 1000 V. W niektórych przyrządach przewidziano płynną regulację pomiędzy 50 a 1000 V z dokładnością do 10 V. Pomiar przeprowadza się metodą dwu- oraz trójprzewodową. Niektóre modele pozwalają na pomiar za pomocą adaptera w gnieździe sieciowym. Jest przy tym przeprowadzana automatyczna analiza kombinacji pomiarowych ze wskazaniem prądu upływu. Istotne pozostaje samoczynne rozładowanie pojemności mierzonego obiektu po zakończeniu



Źródło: Atel

pomiaru rezystancji izolacji. Wykonuje się bezpośredni pomiar jednego lub dwóch współczynników absorpcji. Przyrząd zapamiętuje ustalenia wartości napięcia i czasów. Z pewnością przydatne rozwiązanie stanowi pomiar napięcia stałego i przemiennego oraz pomiar pojemności badanego obiektu. W sposób akustyczny są wyznaczane pięciosekundowe odcinki czasu, które ułatwiają zdjęcie charakterystyk czasowych przy pomiarze rezystancji izolacji. W niektórych modelach przewidziano możliwość pomiaru ciągłości połączeń ochronnych i wyrównawczych prądem $\geq 200\text{mA}$ (zgodnie z normą PN-EN 61557-4) z jednoczesnym przeprowadzeniem autokalibracji przewodów pomiarowych.

Kalibratory

Kalibratory są urządzeniami pomiarowymi, które generują odpowiedni sygnał wzorcowy pozwalający na wykonanie kalibracji innego urządzenia. W praktyce najczęściej zastosowanie znajdują kalibratory: prądu, napięcia, mocy, rezystancji, częstotliwości, energii, pojemności, indukcyjności.

Typowym podzespołem kalibratora jest wyjściowy układ regulacji umożliwiający nastawianie wielkości wyjściowej oraz źródło odniesienia będące źródłem wielkości elektrycznej przeznaczonej do porównywania w stosunku do wielkości stabilizowanej. Z kolei komparator porównuje wartości wielkości wyjściowej z wartością odniesienia. Generowany jest przy tym sygnał błędu, natomiast wzmacniacz błędu zapewnia wzmocnienie różnicy sygnałów komparatora. Ostatni element stanowi końcowy układ regulacji sterujący wielkością wartości wyjściowej.

Czym kierować się przy wyborze mierników do diagnostyki w utrzymaniu ruchu?

Przy wyborze mierników do diagnostyki w utrzymaniu ruchu należy przede wszystkim wziąć pod uwagę konkretną specyfikę zakładu, w którym wykonywane będą pomiary i czynności diagnostyczne. W pewnych zastosowaniach urządzenia o zaawansowanych parametrach i bogactwie funkcji będą musiały ustąpić miejsca miernikom prostym, wyposażonym w podstawowe funkcje, ale przede wszystkim trwałym, niezawodnym i odpornym na uszkodzenia.

Biorąc pod uwagę powyższe uwagi należy dokonać wyboru miernika kierując się jego:

- uniwersalnością – ponieważ wygodniej posługiwać się jednym miernikiem do pomiaru kilku wartości, niż kilkoma o ograniczonej funkcjonalności,
- możliwościami pomiarowymi i dodatkowymi funkcjonalnościami (np. odpowiednie zakresy pomiarowe, dodatkowe funkcje takie jak np. podświetlenie ekranu, auto-wyłączenie),
- możliwościami rejestracji danych, w tym np. zapisu i wyświetlania wartości maksymalnych, minimal-

nych, średnich. Istotna jest również pamięć do przechowywania danych, którą dysponuje miernik oraz sposobu przesyłu danych i raportowania na skomunikowanych urządzeniach,

- łatwością konfiguracji i wygodą obsługi, dostępnością dokumentacji i wsparcia technicznego,
- kompaktowymi rozmiarami, ergonomią, trwałością i niezawodnością, (tu należy przede wszystkim dobrać sprzęt pod kątem, tego w jakich warunkach będzie on miał pracować, jak wspomniano wyżej w niektórych przypadkach lepszym wyborem będzie prosty, ale trwały i solidny miernik niż mierniki z zaawansowanymi układami elektronicznymi, które mogą być bardziej podatne na uszkodzenia),
- możliwością komunikacji (wygodnym rozwiązaniem jest np. łączność Bluetooth, dzięki której nowoczesne mierniki, np. firmy Kyoritsu oferują możliwość połączenia bezprzewodowego z urządzeniami z systemem Android).



Mateusz Michno
BIALL



Kalibrator Metracal MC z oferty firmy Astat jest kalibratorem wartości procesowych prądu (mA), napięcia (mV, V), rezystancji, symulacji temperatury (PT100/1000, termoelementów typu: J, L, T, U, K, E, S, R, B, N). Urządzenie wyposażono w funkcję rampy i w funkcję stopniową, a także generator impulsów i grup impulsów. Przyrząd może symulować źródło prądu w zakresie 0–24 mA z jednoczesnym wysłaniem i pomiarem sygnału. Z kolei kalibrator Beamex MC6 z oferty firmy Introl jest kalibratorem ciśnienia, temperatury i sygnałów elektrycznych. Należy zwrócić uwagę na pełny komunikator multi-bus dla przyrządów HART, FOUNDATION Fieldbus oraz Profibus PA. W urządzeniu przewidziano pięć trybów pracy – miernik, kalibrator, kalibrator dokumentujący, rejestrator danych, komunikator. Ważny jest czuły trwały ekran dotykowy, co umożliwia obsługę w rękawicach.

Testery wyłączników RCD

W przyrządach przeznaczonych do pomiaru parametrów wyłączników różnicowoprądowych, niejednokrotnie wyświetlacz zajmuje aż połowę wielkości płyty czołowej przyrządu dla zapewnienia komfortu obsługi. Podczas pomiarów pierwszą czynnością jest konfiguracja miernika, po której wtyk może być włożony do gniazda wtyczkowego. Urządzenie uruchomi się samoczynnie, a ekran zostanie podświetlony. Istotne jest automatyczne sprawdzenie konfiguracji przewodów, które przewidziano w instalacji elektrycznej gniazdka. Oczywiście o wszystkich zadaniach realizowanych przez urządzenie użytkownik jest informowany za pomocą wyświetlacza. Na przykład zaciemniony symbol kołka może wskazywać na dołączone uziemienie ochronne. Jeżeli wszystkie wymagania są spełniane można zainicjować sprawdzenie wyłącznika a po jego zakończeniu na wyświetlaczu pojawią się wyniki pomiarów. Gdy podczas wysyłania do instalacji prądu pomiarowego przyrząd wykryje obecność w niej napięcia dotykowego, które jest większe od 50 V, test zostanie przerwany.

Dużym uznaniem cieszą się testery wyłączników RCD. W porównaniu z przyrządami pomiarowymi testery są prostsze i mniej rozbudowane. Sprawdzenie jest przeprowadzane prądem o wartości mieszczącej się pomiędzy 5 a 1585 mA. Za pomocą diody LED sygnalizuje się zarówno prawidłowe podłączenie jak i przepływ prądu testującego. Sprawdzeniu można poddać również wyłączniki selektywne. W typowym urządzeniu przewidziano napięcie probiercze o wartości 3 kV. Prąd pomiarowy przy napięciu znamionowym jest generowany co 40, 150, 200 i 500 ms. Dokładność natężenia prądu wynosi $\pm 2\%$. Niejednokrotnie przewiduje się automatyczne przeprowadzenie pomiaru co 5 sekund przy czasach 40, 150 i 200 ms oraz co 12,5 sekundy dla czasu 500 ms.

Oscyloskopy

Elektrykom pracującym przy diagnostyce urządzeń elektroenergetycznych z pewnością przydadzą się



Źródło: Merserwis

oscyloskopy. Modele przenośne nie odbiegają funkcjonalnością od stacjonarnych wersji urządzeń. Nowoczesne oscyloskopy niejednokrotnie mają wbudowany multimetr. W typowym przyrządzie uwzględnia się dwa lub cztery wejścia, które są izolowane elektrycznie. W dostępnych na rynku przyrządach przewiduje się kategorie bezpieczeństwa: CAT III 1000 V/CAT IV 600 V. Standardowo jest możliwa praca w paśmie 60 MHz, 100 MHz lub 200 MHz. Na uwagę zasługuje szybkość próbkowania, wynosząca do 2,5 GS/s, przy rozdzielczości do 400 ps. Przydatne rozwiązanie stanowi tryb przewijania, który pozwala na próbkowanie danych przebiegu nawet przez 48 godzin.

W warunkach przemysłowych sprawdzi się jednoczesna analiza sygnału wejściowego i wyjścia pętli sprzężenia zwrotnego oraz blokady bezpieczeństwa. Zyskuje się więc diagnozowanie przeciążeń napięciowo-prądowych w obwodzie i problemów z przebiegami czasowymi sygnałów, a także z synchronizacją. Za pomocą oscyloskopów mogą być diagnozowane niedopasowania impedancji wejścia lub tłumienia. Na uwagę zasługuje funkcja badania harmonicznych, stanów nieustalonych i obciążeń w wejściowych obwodach zasilania trójfazowego. Niektóre modele oscyloskopów pozwalają na diagnozowanie problemów z uszkodzonymi bramkami tranzystorów IGBT lub obwodów filtrów w konwerterach DC/AC. Istotną rolę odgrywa możliwość testowania wyjścia PWM pod kątem odbici, stanów nieustalonych i asymetrii napięcia.

Przyda się funkcja wyświetlania stabilnego obrazu na ekranie. Stąd też, w sposób automatyczny, są konfigurowane prawidłowe ustawienia wyzwalania, poprzez rozpoznawanie wzorców sygnałów. Pozytywne dane, łącznie z tymi, które obejmują sygnały sterowania i zasilania silnika, nie są więc zakłócone. Nowoczesne oscyloskopy na naładowanym komplecie akumulatorów pracują przez 7 godzin (wersje 4-kanałowe) oraz przez 4 godziny (modele 2-kanałowe).

Np. przyrząd testujący Fluke ScopeMeter 190 Series II bazuje na dwóch lub czterech elektrycznie izolowanych wejściach. W urządzeniu przewidziano



Źródło: BIALI

kategorię bezpieczeństwa CAT III 1000 V / CAT IV 600 V. Istotna jest Wysoka częstotliwość próbkowania do 5 GS/s oraz rozdzielczość do 200 ps (w zależności od modelu oraz używanych kanałów). Przydatne rozwiązanie stanowi ciągłe automatyczne wyzwalanie Connect-and-View, pojedyncze wyzwalanie, szerokość impulsu i wyzwalanie sygnałów wideo.

Pomiar rezystancji uziemień

Proste mierniki, dzięki którym jest możliwy pomiar uziemień są w stanie przeprowadzić badanie metodą techniczną. Jest również możliwe wykonanie pomiaru ciągłości połączeń ochronnych i wyrównawczych. Pomiar rezystancji uziemień jest przeprowadzany przy użyciu elektrod pomocniczych metodą 3p. Za pomocą sond pomocniczych pomiar można przeprowadzić do wartości maksymalnej 50 k Ω . Pomiar rezystancji jest przeprowadzany metodą 2p. W niektórych modelach przewidziano pomiar ciągłości połączeń wyrównawczych i ochronnych prądem 200 mA z funkcją autozerowania. Dodatkowo można przeprowadzić pomiar rezystancji elektrod pomocniczych i napięcia zakłócającego. Jest również możliwe wykonanie pomiaru w obecności napięć zakłócających sieci. Napięcie pomiarowe wybiera się pomiędzy 25 V a 50 V.

Nieco bardziej zaawansowane modele pozwalają na pomiar uziemień metodą techniczną (3p, 4p). W niektórych modelach pomiar jest przeprowadzany

prądem o częstotliwości 125 Hz dzięki czemu zyskuje się wysoki poziom odporności na zakłócenia pochodzące od sieci elektroenergetycznej. Niejednokrotnie przewiduje się funkcje pomiaru rezystywności gruntu i niskich rezystancji. Przydatne rozwiązanie stanowi pomiar metodą dwucęgową a w niektórych sytuacjach pomiar bez konieczności stosowania sond pomocniczych wbijanych do gruntu. Na rynku nabyć można przyrządy przeznaczone do pomiarów uziemień w energetyce, w których zakres pomiarowy, zgodnie z normą PN-EN 61557, wynosi od 0,30 Ω .

Dużym uznaniem cieszą się mierniki zaawansowane. W niektórych urządzeniach tego typu przewidziano wszystkie znane metody pomiaru rezystancji uziemień. Stąd też badania mogą być przeprowadzane metodą techniczną również z użyciem dodatkowych cęgów (uziemienia wielokrotne). Istnieje możliwość wykonania pomiaru metodą dwucęgową oraz udarową. ■



Źródło: LŁ

Dobór urządzeń pomiarowych do diagnostyki w utrzymaniu ruchu

Dobór urządzeń pomiarowych do diagnostyki w utrzymaniu ruchu jest uzależniony przede wszystkim od rodzaju wykonywanego pomiaru: czy jest to pomiar wielkości elektrycznych czy nieelektrycznych. Niezależnie od powyższego niezmienna pozostaje kwestia wytrzymałości samego przyrządu, dokładności pomiarowej, jak i jego kategoria bezpieczeństwa, związana szczególnie z przyrządami do pomiarów typowych parametrów elektrycznych.

Przyrządy pomiarowe często wykorzystywane są w miejscach od dużym stopniu zanieczyszczenia wszelkiego rodzaju substancjami takimi jak pyły czy kwasy. Ponadto ważnym aspektem jest odporność na upadki urządzenia, jako że jest to powszechne zagrożenie występujące podczas dokonywania pomiarów, które może spowodować utratę dokładności pomiarowej przyrządu lub nawet jego trwałe zepsucie. Stąd też niezmiernie istotnym jest, aby dobierać przyrządy z tzw. „drop-test”, w którym producent potwierdza jego wytrzymałość.

Poruszając kwestię bezpieczeństwa warto pamiętać, że urządzenia pomiarowe wykorzystywane są często w procesie lokalizacji wszelkiego rodzaju awarii. Tego typu czynności przeprowadzane są w dużym pośpiechu, tak aby jak najszybciej zlokalizować i usunąć usterkę. W tego typu warunkach bardzo łatwo o po-

myłkę, która może mieć daleko idące konsekwencje, mogące skutkować uszczerbkiem na zdrowiu ekipy zajmującej się utrzymaniem ruchu. Wynika stąd potrzeba wykorzystania przyrządów pomiarowych mających najwyższe kategorie bezpieczeństwa tj. CAT III, CAT IV. W przyrządach takich wykorzystywanych jest wiele rozwiązań niewidocznych na pierwszy rzut oka, bowiem są to rozwiązania związane głównie z projektem układów elektronicznych znajdujących się wewnątrz urządzenia.

– *Jakie nowatorskie rozwiązania uwzględnia się w miernikach?*

Na rynku aparatury pomiarowej dość powszechnym trendem jest dodawanie funkcjonalności umożliwiających połączenie urządzenia pomiarowego ze smartfonem lub tabletem. Tego typu rozwiązania z całą pewnością przekładają się na zwiększenie wspomnianego już bezpieczeństwa ze względu na możliwość przeprowadzania odczytu z większej odległości. Funkcjonalności komunikacyjne pozwalają również na transfer danych pomiędzy urządzeniem mobilnym a aplikacją zainstalowaną w smartfonie. Dane te dalej mogą zostać przesłane mailem lub nawet zintegrowane z systemem CMMS co definitywnie zwiększa efektywność korzystania z tego typu oprogramowania.



Karol Bielecki
Technical Sales Manager
CEE, FLUKE