Przewodnik po pomiarach

BADANIE BEZPIECZEŃSTWA URZĄDZEŃ ELEKTRYCZNYCH

Michał Cichoń | Mateusz Filipek



Mierzymy globalnie

Sonel S.A. 2024
Wszelkie prawa zastrzeżone

Badanie bezpieczeństwa urządzeń elektrycznych

Michał Cichoń | Mateusz Filipek

Spis treści

1 Wstęp . . . 5
2 Klasyfikacja urządzeń . . . 6
3 Przepisy, normy, wymagania . . . 7
4 Okresy badań . . . 8
5 Kategorie urządzeń . . . 10
6 Pomiary ochronne . . . 11
6.1 Test wizualny . . . 11
6.2 Pomiar przewodu ochronnego PE . . . 11
6.3 Pomiar rezystancji izolacji . . . 13
6.4 Pomiar prądu upływu . . . 15
6.5 Test funkcjonalny . . . 17
6.6 Dodatkowe środki ochrony . . . 17
6.7 Badanie przedłużaczy IEC . . . 17
7 Badanie urządzeń spawalniczych . . . 19
7.1 Test wizualny . . . 20
7.2 Badanie przewodu PE . . . 20
7.3 Badanie rezystancji izolacji . . . 20
7.4 Badanie prądów upływu . . . 21
7.4.1 Pomiar prądu upływu obwodu zasilania (I_P) . . . 21
7.4.3 Pomiar dotykowego prądu upływu . . . 21
7.5 Pomiar napięcia obwodu spawania w stanie bez obciążenia . . . 21
7.6 Test funkcjonalny . . . 22
8 Dokumentacja . . . 23
9 Przyrządy pomiarowe Sonel PAT . . . 23
9.1 Sonel PAT-95, PAT-96 . . . 23
9.1.1 Możliwości pomiarowe . . . 24
9.1.2 Test wizualny . . . 24
9.1.3 Pomiar rezystancji przewodu ochronnego (R_{PE}) . . . 24
9.1.4 Pomiar rezystancji izolacji (R_{ISO}) . . . 25
9.1.5 Pomiar prądu upływu . . . 25
9.1.6 Pomiar napięcia spawarki w stanie bez obciążenia (U_0) . . . 26
9.1.7 Test funkcjonalny . . . 26
9.1.8 Badanie wyłączników RCD/PRCD . . . 26
9.1.9 Test przewodów IEC i przedłużaczy . . . 26
9.1.10 Interfejs i wysoka automatyzacja pomiarów . . . 26
9.1.11 Pamięć i komunikacja . . . 27
9.1.12 System kodów QR i drukowanie raportów . . . 27
9.2 Sonel PAT-2, PAT-2E, PAT-10 . . . 28
9.2.1 Możliwości pomiarowe . . . 28
9.2.2 Pomiary automatyczne i manualne . . . 28
9.2.3 Pamięć i komunikacja . . . 28
9.2.4 Drukowanie raportów . . . 29
10 Raportowanie . . . 30
11 Akcesoria . . . 33
12 Laboratorium Badawczo-Wzorcujące . . . 34
13 Studium przypadków . . . 34
13.1 Przypadek 1 . . . 34
13.2 Przypadek 2 . . . 35
13.3 Historia badań . . . 37
13.4 Podsumowanie . . . 38

1 Wstęp

Pierwsza rewolucja przemysłowa miała miejsce w XVIII wieku, a jej osiągnięciem było okiełznanie energii pary i mechanizacja produkcji. Technologie rozwijały się, a wraz z rozwojem pojawiały się nowe zagrożenia. Obecnie jesteśmy w etapie przejścia z trzeciej rewolucji przemysłowej (nazywanej inaczej rewolucją naukowo-techniczną), która przyszła po drugiej wojnie światowej, i wchodzimy czwartą. Głównym celem trzeciej rewolucji było znalezienie i wprowadzenie nowych źródeł energii, w tym źródeł energii elektrycznej, która niesie śmiertelne niebezpieczeństwo w momencie, kiedy nieumiejętnie się z nią obchodzimy. Celem czwartej rewolucji jest cyfryzacja procesów, co doprowadziło nas do powstania m.in. przemysłu 4.0 i internetu rzeczy.

Do porażenia prądem elektrycznym może dojść w konsekwencji niewłaściwego użytkowania sprzętu elektrycznego, jego uszkodzenia lub wady fabrycznej. Przepływ energii elektrycznej przez organizm może skutkować uczuciem bólu i mrowieniem, zaciśnięciem mięśni, trudnościami w poruszaniu się, utratą przytomności, a nawet śmiercią. Wszystko zależy od:

1) wartości prądu rażeniowego i jego rodzaju,
2) czasu przepływu prądu rażeniowego,
3) drogi przepływu prądu rażeniowego.

Wszyscy producenci sprzętu elektrycznego są zobowiązani projektować i produkować urządzenia zgodnie z obowiązującymi przepisami gwarantującymi bezpieczeństwo użytkowania. Zanim wyrób zostanie wprowadzony na rynek, konieczne jest przeprowadzenie serii testów i badań, które mają potwierdzić jego zgodność z aktualnymi standardami bezpieczeństwa. W związku z tym istnieje domniemanie, iż nowe urządzenie nie stwarza zagrożenia dla użytkownika, jednak takie założenie może być przecież błędne. Co więcej, w wyniku długotrwałej eksploatacji czy nawet niewielkiego uszkodzenia tracimy gwarancję bezpieczeństwa oraz pewność co do bezpieczeństwa eksploatacji.

Należy pamiętać, że każda naprawa urządzenia elektrycznego musi zakończyć się testami, które pozwolą ocenić stan techniczny. Testy bezpieczeństwa odgrywają kluczową rolę w ochronie zdrowia i życia użytkownika. Należy je wykonywać w ustalonych czasookresach, zwłaszcza, gdy urządzenia są poddawane intensywnej eksploatacji – jak np. elektronarzędzia w zakładach przemysłowych. Brak wiedzy i obycia w tym zakresie wciąż jest źródłem wielu wątpliwości co do wymagań oraz sposobów wykonywania testów bezpieczeństwa urządzeń zasilanych energią elektryczną.

To właśnie dlatego postanowiliśmy, że podzielimy się naszym doświadczeniem. Na Państwa ręce składamy publikację, która gromadzi informacje pozwalające usystematyzować wiedzę osobom na co dzień zajmującym się kontrolą stanu technicznego urządzeń elektrycznych. Niniejsze opracowanie umożliwi Państwu również wcielenie w życie dobrych praktyk, które pozwolą na wyeliminowanie zagrożeń związanych z użytkowaniem uszkodzonego sprzętu elektrycznego – a to dlatego, że temat dotyczy wszystkich urządzeń elektrycznych, a nie tylko elektronarzędzi.

Publikacja zawiera opis zagrożeń wynikających ze złego stanu technicznego urządzeń elektrycznych, klasyfikację tych urządzeń, metodykę oraz okresy badań, jak również wymogi prawne dotyczące obowiązku prowadzenia tego typu testów. W ostatnim rozdziale przedstawione zostały przyrządy pomiarowe wraz z narzędziami do wykonania stosownej dokumentacji oraz do zarządzania bazą sprawdzanych urządzeń.

2 Klasyfikacja urządzeń

Poniższa tabela klasyfikuje urządzenia elektryczne pod kątem ich przeznaczenia oraz przyporządkowuje je do właściwych norm, na podstawie których dokonuje się adekwatnych czynności sprawdzających.

tab. 1. Typy urządzeń testowanych – regulacje prawne

	Testy po uruchomieniach i modyfikacjach	Testy po naprawie					Testy okresowe								Testy typu / testy proceduralne				
Urządzenia testowane zgodnie z normami	DIN VDE 0751:2015	PN-EN 50678	DIN VDE 0701-0702	DIN VDE 0751:2015	EN 62353	IEC 60601	PN-EN 60974-4	PN-EN 50699	PN-88/E-08400:1998	DIN VDE 0701-0702	DIN VDE 0751:2015	Normy brytyjskie	EN 62353	IEC 60601	PN EN 607451	DIN EN 60950/50116	DIN EN 61010	DIN EN 60335/50106	IEC 60601
Przyrządy laboratoryjne			•							•		•							
Przyrządy pomiarowe i kontrolne			•							•							•		
Urządzenia generujące napięcie			•							•		•							
Narzędzia elektryczne		•	•			•		•	•	•	•							•	
Urządzenia grzewcze		•	•			•		•		•		•			•			•	
Urządzenia o napędzie elektrycznym		•	•			•		•	•	•	•	•			•			•	
Lampy oświetleniowe			•							•		•						•	
Urządzenia multimedialne, telekomunikacyjne			•							•		•						•	
Szpule kablowe, przedłużacze, kable połączeniowe			•							•		•						•	
Urządzenia do przetwarzania danych i wyposażenie biurowe			•							•						•			
Urządzenia elektryczne dla medycyny, części aplikacji	•			•	•	•					•		•	•					•
Urządzenia spawalnicze							•												

3 Przepisy, normy, wymagania

Prawo – a konkretnie Kodeks Pracy – jasno określa, iż pracodawca jest zobowiązany do tego, aby stosowane maszyny oraz inne urządzenia techniczne gwarantowały bezpieczne i higieniczne warunki pracy. W szczególności powinny one zabezpieczać pracownika przed urazami, niebezpiecznymi substancjami chemicznymi, porażeniem prądem elektrycznym, nadmiernym hałasem czy działaniem drgań mechanicznych i promieniowania.

Informacji na temat eksploatacji, konserwacji i badań powinniśmy szukać przede wszystkim w instrukcji obsługi danego urządzenia. Praktyka podpowiada jednak, że takie podejście nie zawsze działa. W sytuacji, kiedy do czynienia mamy z niewielką liczbą maszyn i urządzeń, zapoznanie się z ich dokumentacją techniczną nie stanowi problemu; problemem mogą być jedynie lakoniczne informacje zawarte w dokumencie. Kłopoty może sprawić za to skala. Jeżeli urządzeń i instrukcji są setki, a nawet tysiące, to systematyzacja takiego zbioru staje się pomocna, a czasami wręcz niezbędna.

Gdy chcemy ustandaryzować kontrole po naprawie oraz okresowe, możemy szukać oparcia w normach. W Polsce od pewnego czasu sytuacja testowania urządzeń oraz maszyn była niejasna. Po wycofaniu normy PN-88/E-08400/10:1988 opisującej badania typu, naprawcze oraz okresowe przez długi czas nie pojawiły się normy zastępujące ją w pełni. Aby radzić sobie z tym stanem rzeczy, zaczęto używać standardów niemieckich oraz brytyjskich. W latach 2020 oraz 2021 wprowadzono do użytku dwie normy stworzone na podstawie norm europejskich, które były następnie aktualizowane. Owe normy określają wymagania testowe dla urządzeń w Polsce.

W niniejszym przewodniku będziemy powoływać się głównie na cztery standardy polskie:

1) **dla testów po naprawie** – PN-EN 50678:2020-11 Wymagania ogólne do badań bezpieczeństwa urządzeń elektrycznych po naprawie,
2) **dla testów okresowych** – PN-EN 50699:2021-07 Badania okresowe urządzeń elektrycznych,
3) **dla klasyfikacji urządzeń oraz ustalenia czasookresów testów** – PN-88/E-08400/10:1988 Narzędzia ręczne o napędzie elektrycznym - Badania kontrolne w czasie eksploatacji,
4) **dla badań okresowych urządzeń spawalniczych** – PN-EN 60974-4 Sprzęt do spawania łukowego. Część 4: Kontrola i badanie w eksploatacji.

Wspomniana norma PN-88/E-08400/10:1988 Narzędzia ręczne o napędzie elektrycznym - Badania kontrolne w czasie eksploatacji wciąż **nie została zastąpiona w zakresie klasyfikacji urządzeń i ponownych terminów badań**, dlatego nadal można się na nią powoływać. Standardy brytyjskie oraz niemieckie zostały przywołane w celach porównawczych w tab. 1 i tab. 2

4 Okresy badań

Częstotliwość wykonywania badań powinna być zawarta w procedurze związanej z ewidencją i kontrolą bezpieczeństwa urządzeń elektrycznych. Aby prawidło określić czasookresy badań, należy posiłkować się dokumentacją techniczną producenta. Niestety, rzadko kiedy zawiera ona przydatne informacje.

W momencie tworzenia procedury testowej dla urządzeń, elektronarzędzi i maszyn czas, po którym pomiarowiec dokona ponownego sprawdzenia, można określić na bazie normy PN-88/E-08400/10:1988. Jak już wspomnieliśmy w rozdz. 3 , norma ta została wycofana i zastąpiona w zakresie wymagań co do testów przez normy PN-EN 50678:2020-11 oraz PN-EN 50699:2021-07, jednak nie w zakresie czasookresów.

Czasookresem nazywamy przedział czasowy między testowaniami urządzenia w ramach jego cyklicznych badań. Dla przykładu czasookres 6 miesięcy oznacza, że obiekt sprawdza się dwa razy do roku z interwałem czasowym co 6 miesięcy – oczywiście jeżeli nie wystąpiło żadne zdarzenie mogące mieć wpływ bezpieczeństwo użytkowania.

Norma PN-88/E-08400/10:1988 wyróżnia dwa rodzaje badań.

1) Badania bieżące. Należy je wykonywać każdorazowo przed rozpoczęciem pracy na danej zmianie: przed wydaniem elektronarzędzia do eksploatacji oraz w przypadku elektronarzędzi zaliczanych do II i III kategorii użytkowania (opisujemy je w rozdz. 2). Zakres badania bieżącego obejmuje oględziny zewnętrzne oraz sprawdzenie biegu jałowego.
2) Badania okresowe. Należy je wykonywać nie rzadziej niż:
    a) co 6 miesięcy dla elektronarzędzi I kategorii użytkowania,
    b) co 4 miesiące dla elektronarzędzi II kategorii użytkowania,
    c) co 2 miesiące dla elektronarzędzi III kategorii użytkowania,
    d) po każdym zdarzeniu mogącym mieć wpływ na użytkowanie.

tab. 2. Klasyfikacja urządzeń oraz terminy badań opracowane przez brytyjską organizację Institution of Electrical Engineers

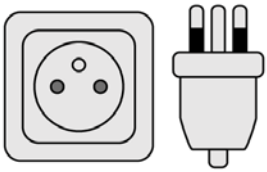
Miejsce użytkowania	Typ urządzeń	Sprawdzenie przez użytkownika – Nota 2	Klasa I		Klasa II - Nota 4	
			Oględziny - Nota 3	Sprawdzenie i pomiary - Nota 5	Oględziny - Nota 3	Sprawdzenie i pomiary - Nota 5
Przemysł, obiekty komercyjne, kuchnie	S	co tydzień	-	co rok	-	co rok
	IT	co tydzień	-	co rok	-	co rok
	M	przed użyciem	co miesiąc	co rok	co kwartał	co rok
	P	przed użyciem	co miesiąc	co pół roku	co kwartał	co pół roku
	H	przed użyciem	co miesiąc	co pół roku	co kwartał	co pół roku
Sprzęt użytkowany publicznie	S	Nota 6+	co miesiąc	co rok	co kwartał	co rok
	IT	Nota 6+	co miesiąc	co rok	co kwartał	co rok
	M	Nota 6+	co tydzień	co pół roku	co miesiąc	co rok
	P	Nota 6+	co tydzień	co pół roku	co miesiąc	co rok
	H	Nota 6+	co tydzień	co pół roku	co miesiąc	co rok
Szkoły	S	co tydzień +	-	co rok	co rok	co 4 lata
	IT	co tydzień +	-	co rok	co rok	co 4 lata
	M	co tydzień +	co 4 m-ce	co rok	co 4 m-ce	co 4 lata
	P	co tydzień +	co 4 m-ce	co rok	co 4 m-ce	co 4 lata
	H	przed użyciem +	co 4 m-ce	co rok	co 4 m-ce	co 4 lata
Hotele	S	-	co 2 lata	co 4 lata	co 2 lata	-
	IT	-	co 2 lata	co 4 lata	co 2 lata	-
	M	co tydzień	co rok	co 2 lata	co 2 lata	-
	P	co tydzień	co rok	co 2 lata	co 2 lata	-
	H	przed użyciem	co pół roku	co rok	co pół roku	-
Biura i sklepy	S	-	co 2 lata	co 4 lata	co 2 lata	-
	IT	-	co 2 lata	co 4 lata	co 2 lata	-
	M	co tydzień	co rok	co 2 lata	co 2 lata	-
	P	co tydzień	co rok	co 2 lata	co 2 lata	-
	H	przed użyciem	co pół roku	co rok	co pół roku	-

S - Sprzęt stacjonarny; IT - Sprzęt informatyczny; M - Urządzenia nie podłączone na stałe do 18 kg, np. spawarka; P - Przenośny sprzęt do 18 kg, np. toster, czajnik; H - Ręczne narzędzia, np. wiertarka, suszarka; Nota 2 - Wyniki oględzin nie są notowane, chyba że wystąpiło uszkodzenie; Nota 3 - Oględziny powinny wchodzić w skład badań, a wyniki oględzin i pomiarów powinny być zanotowane; Nota 4 - Jeżeli klasa urządzenia jest nieznana, urządzenie należy testować jak urządzenie w klasie I; Nota 5 - Wyniki sprawdzenia i pomiarów powinny być zapisane; Nota 6 - Dla niektórych urządzeń niezbędne są codzienne sprawdzenia; + - kontrolujący/nauczyciel/członek

5 Kategorie urządzeń

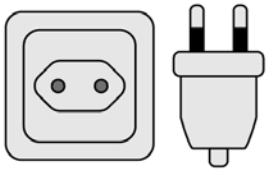
Odpowiednie przygotowanie procedur testowych oraz ustalenie ich cykliczności wymaga najpierw określenia kategorii danego sprzętu. Urządzenia możemy podzielić na dwa sposoby.

1) Według **kategorii użytkowania**, które zostały opisane w normie PN-88/E-08400/10:1988:
   a) **kategoria I**: elektronarzędzia eksploatowane dorywczo, kilkukrotnie w ciągu jednej zmiany, zwracane do wypożyczalni lub używane przez stałych pracowników,
   b) **kategoria II**: elektronarzędzia eksploatowane często, w ciągu jednej zmiany, przekazywane kolejnym zmianom bez zwracania do wypożyczalni,
   c) **kategoria III**: elektronarzędzia eksploatowane w sposób ciągły na więcej niż jednej zmianie lub zainstalowane na stałe, np. w linii produkcyjnej lub montażowej.
2) Według **klas ochronności**, które zostały opisane w normie PN-88/E-08400/10:1988. Klasy te stały się umownymi oznaczeniami urządzeń elektrycznych i elektrotechnicznych z punktu widzenia ochrony przeciwporażeniowej. Dzielą się na:
   a) **klasę I**: urządzenie posiada izolację podstawową, wszystkie dostępne części metalowe urządzenia połączone są z przewodem uziemiającym,



rys. 1. Gniazdo/wtyk I klasa ochronności

   b) **klasę II**: elektronarzędzia nie mają przewodu ochronnego PE, natomiast muszą posiadać izolację podstawową oraz podwójną/wzmocnioną. Dzięki odpowiedniej izolacji obudowa może być również metalowa,



rys. 2. Gniazdo/wtyk II klasa ochronności

   Na rynku są urządzenia w II klasie ochronności z 3 przewodami. W urządzeniach tych przewód PE pełni role żyły roboczej niezbędnej do prawidłowej pracy urządzenia i filtrów EMC. Urządzania takie badamy jak urządzenia w II klasie ochronności, ale wymagany jest odpowiedni komentarz na protokole.
   c) **klasę III**: elektronarzędzia tej klasy są zasilane z obwodów o bardzo niskim napięciu, którego wartość nie może przekraczać:
      - 50 V AC lub 120 V DC – w warunkach normalnych,
      - 25 V AC lub 60 V DC – w warunkach zagrożenia,
      - 12 V AC lub 30 V DC – w warunkach szczególnego zagrożenia.

6 Pomiary ochronne

6.1 Test wizualny

Pierwszym i najważniejszym krokiem podczas sprawdzenia jest test wizualny, czyli weryfikacja prawidłowości stanu urządzenia za pomocą zmysłów. Normy PN-EN 50678:2020-11 oraz PN-EN 50699:2021-07 zalecają, aby zwrócić uwagę na:

1) czytelność i kompletność całego oznakowania, etykiet i symboli,
2) brak uszkodzeń mechanicznych lub zanieczyszczeń mogących mieć wpływ na prawidłowe działanie bądź bezpieczeństwo,
3) prawidłowe podłączenie przewodów i ich oznaczenie, brak zamienienia kolejności faz, brak zamieniania polaryzacji oraz prawidłowe podłączenie przewodu uziemiającego,
4) mechaniczne sprawdzenie włączników, rozłączników itp.,
5) stan wtyczki sieciowej, złączy i przewodów zasilających,
6) stan mocowania przewodu,
7) stan i rodzaj bezpiecznika lub bezpieczników (czy zastosowane elementy są zgodne z wymaganiami producenta),
8) drożność kanałów wentylacyjnych,
9) oznaki przeciążenia lub przegrzania urządzenia, mogące mieć wpływ na jego znaczącą degradację,
10) oznaki korozji mogące mieć wpływ na bezpieczeństwo,
11) stan oleju,
12) stan akcesoriów (czy spełniają wymogi bezpieczeństwa),
13) stan izolacji (niedopuszczalne są jakiekolwiek jej przecięcia lub przetarcia!).

Oczywiście nie wszystkie z powyższych wymogów muszą znaleźć zastosowanie podczas testu wizualnego. Jego zakres należy wyznaczyć na podstawie wymagań dla danego urządzenia.

6.2 Pomiar przewodu ochronnego PE

Badanie ciągłości – lub też inaczej: pomiar rezystancji przewodu ochronnego – wykonuje się w celu weryfikacji poprawności połączenia elementów przewodzących dostępnych. Innymi słowy, mierzymy rezystancję pomiędzy stykiem ochronnym wtyczki (punktem podłączenia – w przypadku urządzeń podłączonych na stałe) a metalowymi elementami obudowy urządzenia, które powinny być połączone z przewodem PE. Test ten wykonuje się dla urządzeń w I klasie ochronności.

Jednocześnie należy zauważyć, że również w klasie II występują urządzenia, które posiadają przewód PE. Jest to uziemienie funkcjonalne. Najczęściej nie ma możliwości sprawdzenia jego ciągłości bez rozmontowania urządzenia. W takich sytuacjach wykonujemy tylko badania właściwe dla klasy II.
Rezystancja przewodu ochronnego to suma:

1) rezystancji żyły przewodu zasilającego,
2) rezystancji styków połączeniowych,
3) rezystancji połączeń metalicznych.

tab. 3. Wymagania dotyczące badania rezystancji przewodu PE według norm

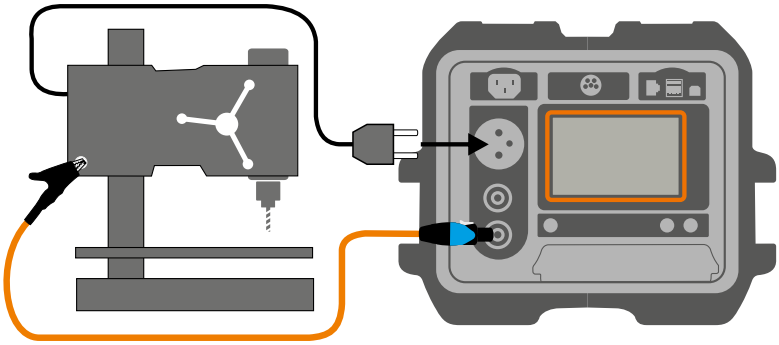
Norma	Prąd testowy	Dopuszczalna wartość R_{PE} dla przewodu ochronnego o długości do 5 m i przekroju 1,5 mm^2
VDE 0701-0702	200 mA	0,3 Ω
PN-88 E-08400/10	≥200 mA	0,3 Ω
PN-EN 50678	≥200 mA	0,3 Ω
Standard brytyjski	10 A, 25 A	0,2 Ω

Dla przekroju innego niż 1,5 mm^2 maksymalną rezystancję przewodu należy wyliczyć ze wzoru

$$R = p\frac{l}{A} + 0{,}1\ \Omega \qquad \text{lub} \qquad R = \frac{l}{kA} + 0{,}1\ \Omega$$

gdzie:
R – rezystancja (Ω)
p – wartość przewodności elektrycznej (konduktywność) (m/Ω mm^2) dla metalu użytego na przewód PE
l – długość przewodu w metrach
A – przekrój poprzeczny przewodu PE (mm^2)
k – konduktywność (S/m)

Dla przewodów dłuższych niż 7,5 m do limitu rezystancji należy doliczyć 1 mΩ na każde kolejne 5 m przewodu zasilającego. Całkowita rezystancja nie powinna jednak przekroczyć 1 Ω.



rys. 3. Pomiar rezystancji przewodu ochronnego metodą gniazdo-sonda miernikiem Sonel PAT-95/96

6.3 Pomiar rezystancji izolacji

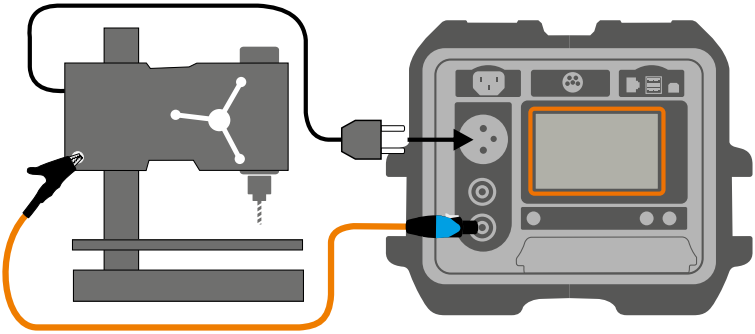
Izolacja stanowi ochronę podstawową i **decyduje o bezpieczeństwie użytkowania urządzenia w klasie I oraz II**. W zakresie tej kontroli musi znaleźć się przewód zasilający. Pomiar należy wykonywać napięciem **500 V DC.** Dla urządzeń z wbudowanymi ochronnikami przepięc, urządzeń SELV/PELV, czy urządzeń IT testować należy napięciem obniżonym do 250 V DC.

Badanie wykonuje się pomiędzy zwartymi przewodami L-N a dostępnymi, metalowymi częściami obudowy. Sprawdzać należy nie tylko główne elementy, ale także wszelkie śrubki, zaciski i inne metalowe elementy obudowy urządzenia. Może wystąpić sytuacja, że po złożeniu np. uchwytu w elektronarzędziu śruba przetrze izolację przewodu czynnego i tym samym znajdzie się pod napięciem. W celu sprawdzenia rezystancji elementów izolacyjnych, na całej badanej powierzchni obkłada się je folią aluminiową. Aby poprawić przewodzenie, między folią a obudową można umieścić wilgotny kawałek materiału.

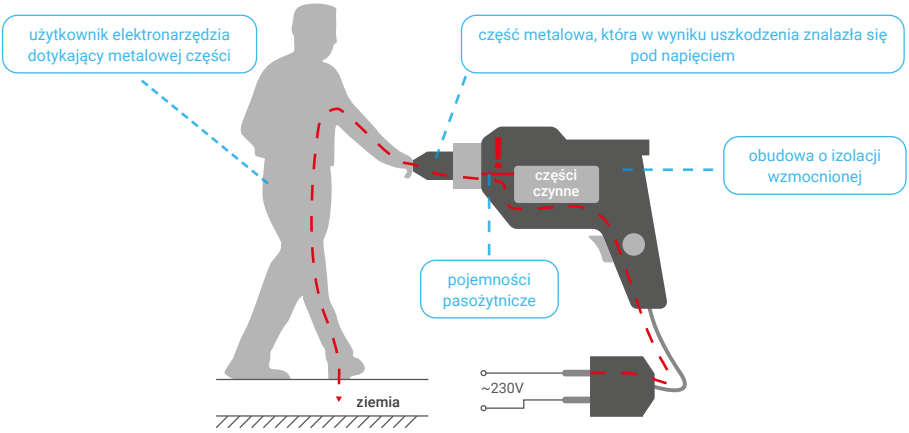
Należy zwrócić uwagę na wszystkie elementy załączające/rozłączające/odłączające, które mogą znaleźć się w układzie zasilania urządzenia – podczas pomiaru rezystancji izolacji muszą być w pozycji załączonej (przewodzącej). Na rynku są urządzenia, które mają zamontowany elektryczny łącznik mechanizmowy, np. stycznik. W takich przypadkach wykonanie omawianego badania jest niepełne – **w zastępstwie należy wykonać pomiar różnicowego prądu upływu** (rozdz. 6.4) . Czynimy tak również w sytuacji, kiedy pomiar może spowodować uszkodzenie urządzenia.

tab. 4. Wymogi pomiaru rezystancji izolacji dla urządzeń w ramach testów okresowych oraz po naprawie zgodnie z normami PN-EN 50699 oraz PN-EN 50678

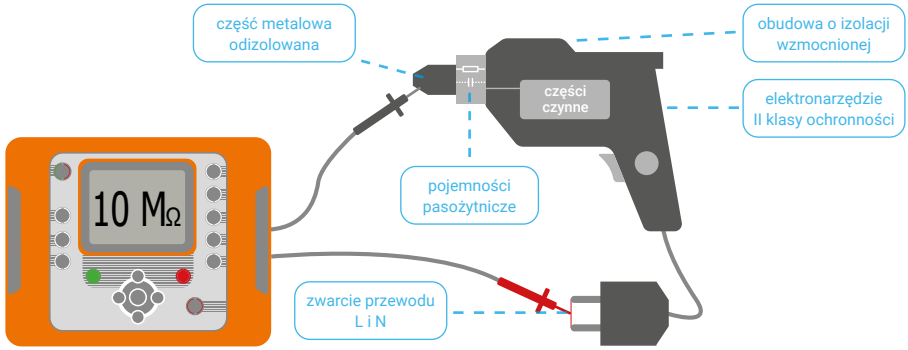
Zakres testowy		Klasa ochronności	Limit
Między częściami pod napięciem a dostępnymi dla dotyku częściami metalowymi podłączonymi do uziemienia	Ogólne	I	1,0 MΩ
	Z elementami grzewczymi	I	0,3 MΩ
	Z elementami o mocy powyżej 3,5 kW	I	0,3 MΩ
Między częściami pod napięciem a dostępnymi dla dotyku częściami metalowymi nie podłączonymi do uziemiania	-	I i II	2,0 MΩ
Między częściami pod napięciem a częściami metalowymi izolowanymi od części pod napięciem	-	I i II i III	2,0 MΩ
Między częściami pod napięciem ze środkiem ochrony SELV/PELV przed dostępnymi częściami przewodzącymi	-	III	0,25 MΩ



rys. 4. Pomiar rezystancji izolacji przewodu R_{iso} metodą gniazdo miernikiem Sonel PAT-95/96



rys. 5. Schemat układu uszkodzenia izolacji urządzenia w klasie II



rys. 6. Schemat układu uszkodzenia izolacji urządzenia w klasie II

6.4 Pomiar prądu upływu

Prąd upływu jest to prąd, który płynie z części czynnych urządzenia poprzez izolację do ziemi. Składa się na niego:

1) prąd upływający poprzez izolację,
2) prąd pojemnościowy, czyli prąd upływający przez występujące w urządzeniu pojemności (m.in. układów filtrujących lub sterujących).

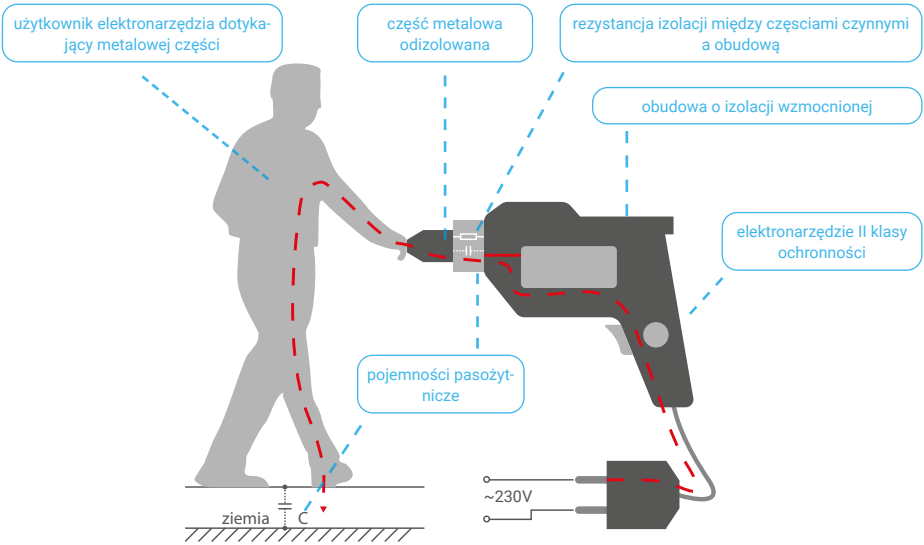
Wystąpienie prądu upływu rzutuje na bezpieczeństwo użytkowników, może również generować zakłócenia. Szczególny nacisk na jego badanie należy kłaść wówczas, gdy urządzenie pracuje w trudnym środowisku, np. przy dużym zapyleniu czy dużej wilgotności.

W normach rozróżnia się cztery typy prądów upływu.

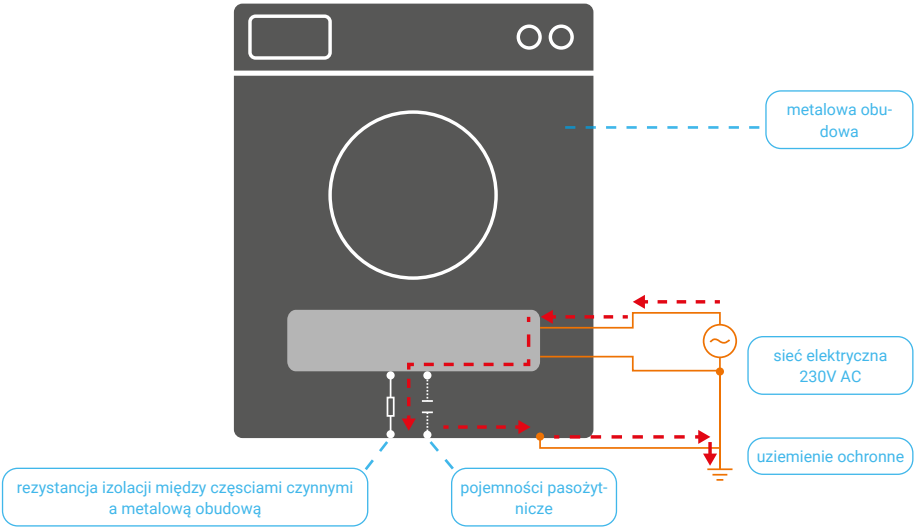
1) **Prąd zastępczy (alternatywny).** Jest to prąd teoretyczny. Badane urządzenie zasilane jest ze źródła o obniżonym napięciu bezpiecznym, a wynikowy prąd skalujemy w górę, wyliczając taki, jaki popłynąłby przy zasilaniu napięciem znamionowym (co jednocześnie sprawia, że pomiar ten jest dla operatora miernika najbezpieczniejszy). Pomiar prądu zastępczego nie znajdzie zastosowania dla urządzeń, które wymagają pełnego napięcia zasilania do uruchomienia.
2) **Prąd w przewodzie PE.** Jest to prąd, który płynie przez przewód ochronny, gdy urządzenie pracuje. Nie wolno go jednak utożsamiać z całkowitym prądem upływu – oprócz przewodu PE mogą istnieć jeszcze inne drogi upływu. Dlatego w czasie badania urządzenie testowane powinno być odseparowane od ziemi.
3) **Prąd różnicowy.** Jest to zgodna z I prawem Kirchhoffa różnica wartości prądów płynących w przewodach L i N badanego obiektu, gdy ten pracuje. Pomiar pozwala określić całkowity prąd upływu obiektu, czyli sumę wszystkich uciekających prądów, a nie tylko tego płynącego przez przewód ochronny (dla urządzeń klasy I). Pomiar wykonuje się w zastępstwie pomiaru rezystancji izolacji.
4) **Prąd dotykowy.** Jest to prąd spływający do ziemi z elementu odizolowanego od obwodu zasilania w sytuacji, gdy ten element zostaje doziemiony. Z tą wielkością powiązany jest skorygowany prąd dotykowy. Jest to prąd dotykowy, który spływa do ziemi przez sondę symulującą rezystancję człowieka. Norma PN-EN 60990 przytacza rezystancję człowieka o wartości 2 kΩ i tyle też wynosi rezystancja wewnętrzna sondy.

tab. 5. Wymagania dla pomiarów prądu upływu zgodnie z normami PN-EN 50699 oraz PN-EN 50678

Rodzaj prądu upływu	Limit	
	PN-EN 50699	PN-EN 50678
Zastępczy	3,5 mA	3,5 mA
Przewodu PE	3,5 mA	3,5 mA
Różnicowy	3,5 mA	3,5 mA
Dotykowy	0,5 mA	0,5 mA



rys. 7. Przykład dotykowego prądu upływu w urządzeniu klasy II



rys. 8. Przykład prądu uziomowego upływu (PE) w urządzeniu klasy I

6.5 Test funkcjonalny

Niezależnie od klasy ochronności, do zakończenia procedury testowej – **zwłaszcza po naprawie!** (zgodnie z normą PN-EN 50678) – wymagane jest wykonanie testu funkcjonalnego. Polega on na zmierzeniu następujących parametrów:

1) prąd biegu jałowego,
2) napięcie L-N,
3) współczynnik PF, cosφ, THD prądu, THD napięcia,
4) wartość mocy czynnej, biernej oraz pozornej.

Wartości zmierzone należy porównać z danymi tabliczki znamionowej, a następnie dokonać oceny badanego obiektu. Ponadto w trakcie pomiaru, tzn. gdy urządzenie pracuje, należy ocenić jego kulturę pracy. Doświadczony operator będzie w stanie ocenić stan komutatora (czy błyska), zużycie łożysk (dźwięk i wibracje) oraz wykryć inne usterki.

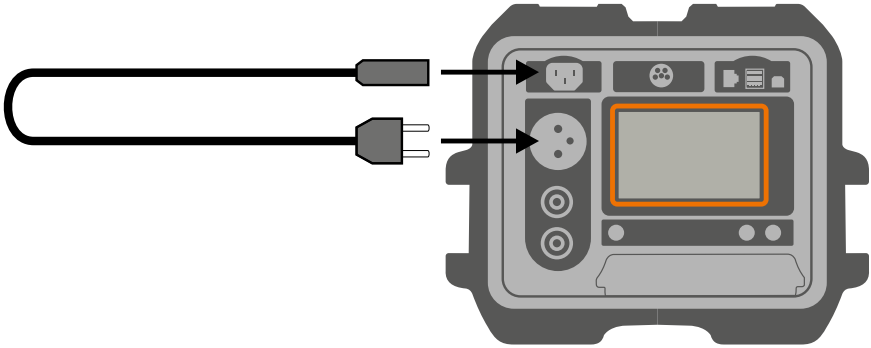
6.6 Dodatkowe środki ochrony

Zgodnie z normą PN-EN 50678 dla urządzeń posiadających dodatkowe środki ochrony w rodzaju wyłączników RCD lub PRCD należy wykonać test zadziałania wyłącznika zgodnie z jego specyfikacją i charakterystyką. Szczegółowych informacji należy szukać na obudowie lub w dokumentacji technicznej.

6.7 Badanie przedłużaczy IEC

Przedłużaczem nazywamy element przewodu elektrycznego, który służy jako element zasilający i ma na celu zwiększenie zasięgu pracy. Przedłużacze mogą ograniczać się do krótkiego przewodu zakończonego wtyczką lub gniazdem, ale występują też w formie bardziej złożonej – wykonane z kilkudziesięciometrowego przewodu, bębna, kasety gniazd i dodatkowo zwierające wyłącznik różnicowoprądowy czy układy filtrujące. Podobnie sytuacja wygląda z odłączanymi od urządzeń przewodami zasilającymi.

Przedłużacz jest urządzeniem ruchomym, a więc narażonym na uszkodzenia, szczególnie jeśli ma zastosowanie na budowie lub w innych ciężkich warunkach. Oprócz uszkodzeń mechanicznych pojawić się mogą usterki wynikające np. z oddziaływania temperatury zewnętrznej lub wysokiej temperatury spowodowanej przepływem dużego prądu. Skrajne temperatury mają istotny wpływ na degradację izolacji. Z tych powodów przedłużacze oraz przewody zasilające powinny być poddawane częstym przeglądom.



rys. 9. Badanie ciągłości przewodu PE (metoda sonda-sonda) – układ pomiarowy na przykładzie Sonel PAT-95/96

Tak jak w przypadku elektronarzędzi, istotnym elementem sprawdzenia przedłużaczy są oględziny. Należy zweryfikować stan izolacji przewodu, wtyczki i gniazd. Bardzo ważną czynnością jest kontrola styków wtyczki i gniazd wewnątrz urządzenia. Wskutek przepływu dużego prądu styki ulegają nagrzaniu i utlenieniu, a następnie dochodzi do ubytków materiału, z którego są wykonane. Przy tej okazji należy sprawdzić docisk śrub mocujących przewody.

Po oględzinach przychodzi kolej na testy bezpieczeństwa elektrycznego. Składają się na nie badania przewodu PE, pomiary rezystancji izolacji i sprawdzenie polaryzacji żył.

Maksymalna wartość rezystancji przewodu PE, zgodnie z normą DIN VDE 0701-0702, PN-EN 50678 lub PN-EN 50699, powinna wynosić 0,3 Ω dla przedłużaczy o długości do 5 m. W przypadku dłuższych rezystancję graniczną zwiększamy o 0,1 Ω na każde 7,5 m (powyżej 5 m). Nie powinna ona jednak sumarycznie przekroczyć 1 Ω.

Ponadto należy pamiętać, że:

1) wiele urządzeń posiada odłączalne przewody zasilające, które powinny być sprawdzane podobnie do przedłużaczy,
2) jeżeli przedłużacz posiada wyłącznik RCD, należy również sprawdzić parametry tego zabezpieczenia (prąd zadziałania, czas zadziałania),
3) warunki pomiarów rezystancji izolacji oraz prądów upływu są takie same jak w przypadku badania urządzeń (zob. rozdz. 6.3, 6.4).

7 Badanie urządzeń spawalniczych

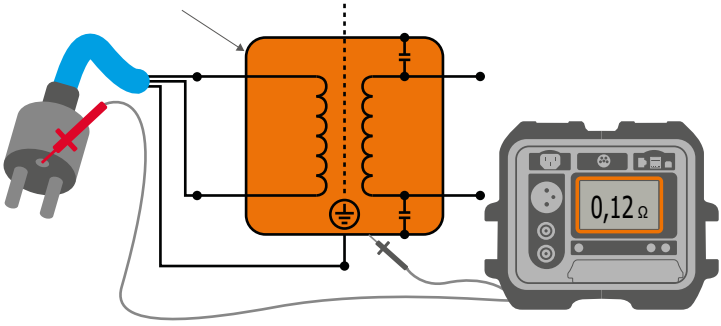


rys. 10. Przykład badania przy pomocy przyrządu Sonel PAT-96

Spawarką nazywamy urządzenie służące do spawania, czyli działające na zasadzie konwersji energii **elektrycznej w strumień energii cieplnej. Spawarki możemy podzielić pod względem sposobu przemiany** energii na:

1) spawarki łukowe,
2) spawarki plazmowe,
3) spawarki rezystancyjne,
4) spawarki laserowe,
5) spawarki elektronowe.

Norma PN-EN 60974-4:2017 Sprzęt do spawania łukowego. Część 4: Kontrola i badanie w eksploatacji szczegółowo opisuje wymagania w zakresie testów urządzeń spawalniczych będących w eksploatacji, konserwacji i po naprawie. Warto zauważyć, że wiele elementów jest wspólnych z badaniami urządzeń elektrycznych i maszyn.



rys. 11. Badanie rezystancji przewodu PE spawarki

Ze schematu zastępczego spawarki można porównać do schematu zastępczego transformatora – stąd często spotykane spawarki transformatorowe. Aby mieć pewność bezpieczeństwa, należy postępować zgodnie z wymogami normatywnymi oraz instrukcją producenta. Ważne jest, aby zwrócić uwagę na pomiary rezystancji izolacji pomiędzy uzwojeniami oraz uzwojeniami, a uziemieniem.

7.1 Test wizualny

Podczas oględzin spawarki należy zwrócić uwagę na stan:

1) oznakowania, etykiet i symboli,
2) elementów bezpieczeństwa oraz czytelność tabliczki znamionowej,
3) obudowy,
4) uchwytów elektrody oraz zacisku powrotnego prądu spawania,
5) przewodu zasilającego wraz z wtyczką,
6) obwodu spawania, przewodów spawalniczych,
7) regulatorów, wyłączników, wskaźników,
8) wentylatorów oraz kanałów chłodzących,
9) wszystkich innych aspektów mających wpływ na bezpieczeństwo eksploatacji.

7.2 Badanie przewodu PE

Czynności pomiarowe są analogiczne jak w przypadku testowania zwykłych urządzeń. Podczas badania należy sprawdzić ciągłość przewodu ochronnego między stykiem ochronnym wtyczki a elementami metalowymi spawarki. Rezystancja przewodu nie powinna przekroczyć 0,3 Ω dla urządzenia, którego przewód zasilający nie jest dłuższy niż 5 m. Dla przewodu dłuższego do górnego limitu rezystancji dodaje się 0,1 Ω na każde 7,5 m (powyżej 5 m). Całość nie może jednak przekroczyć 1 Ω.

7.3 Badanie rezystancji izolacji

Badanie rezystancji izolacji dzieli się na kilka etapów.

1) Pomiar rezystancji izolacji między obwodem zasilania a obwodem spawania.
2) Pomiar rezystancji izolacji między obwodem zasilania a obwodem ochronnym.
3) Pomiar rezystancji izolacji między obwodem spawania a obwodem ochronnym.
4) Pomiar rezystancji izolacji pomiędzy obwodem zasilania a elementami przewodzącymi dostępnymi (dla II klasy ochronności).

tab. 6. Wymagania graniczne dla pomiaru rezystancji izolacji zgodnie z PN-EN 60974-4

Rodzaj pomiaru	Oznaczenie	Limit
Obwód zasilania-obwód spawania	LN-S	5 MΩ
Obwód zasilania-obwód ochronny	LN-PE	2,5 MΩ
Obwód spawania-obwód ochronny	PE-S	2,5 MΩ
Obwód zasalania-elementy przewodzące dostępne (II klasa ochronności)	-	5 MΩ

7.4 Badanie prądów upływu

7.4.1 Pomiar prądu upływu obwodu zasilania (I_P)

Jest to prąd upływu w obwodzie pierwotnym (zasilania) spawarki. Prąd upływu nie powinien być większy niż:

1) 10 mA AC,
2) 5% znamionowego prądu wejściowego na fazę dla spawarek o podłączeniu stałym ze wzmocnionym przewodem ochronnym.

Podczas testu wymaga się, aby:

1) spawalnicze źródło energii było izolowane od ziemi,
2) spawalnicze źródło energii było zasilane napięciem znamionowym,
3) spawalnicze źródło energii było podłączone do uziemienia ochronnego wyłącznie przez układ pomiarowy,
4) obwód wejściowy był w stanie bez obciążenia,
5) kondensatory tłumiące zakłócenia były odłączone.

7.4.2 Pomiar prądu upływu obwodu spawania (I_L)

Jest to prąd upływu między uchwytami do spawania a przyłączem przewodu ochronnego. Nie powinien być większy niż 10 mA AC.

7.4.3 Pomiar dotykowego prądu upływu

Jest to pomiar prądu występującego na elementach odizolowanych od obwodu zasilania i niepodłączonych do przewodu ochronnego. Maksymalna wartość dotykowego prądu upływu to 0,5 mA.

7.5 Pomiar napięcia obwodu spawania w stanie bez obciążenia

Gdy spawarka jest zasilana znamionowym napięciem o znamionowej częstotliwości, to przy wszystkich możliwych nastawach urządzenia wartości szczytowe generowanego przez nie napięcia w stanie bez obciążenia U_0 nie powinny przekraczać wartości podanych na tabliczce znamionowej. Rozróżnia się pomiary dwóch wielkości: PEAK i RMS. Należy sprawdzić, czy wartość napięcia PEAK spełnia warunek ±15% wartości U_N spawarki, a ponadto - czy nie przekracza wartości podanych w tabeli 13 normy PN-EN IEC 60974-1_2018-11.

tab. 7. Wymagania graniczne dla pomiaru U_0 zgodnie z PN-EN IEC 60974-1

Rodzaj pracy spawarki	Rodzaj przetwornicy spawarki	Maksymalne napięcie U_0
W środowisku o podwyższonym ryzyku porażenia prądem elektrycznym	DC	113 V PEAK
	AC	68 V PEAK oraz 48 V RMS
W środowisku bez zwiększonego ryzyka porażenia prądem elektrycznym	DC	113 V PEAK
	AC	113 V PEAK oraz 80 V RMS
Z palnikami spawalniczymi o zwiększonej ochronie operatora	DC	141 V PEAK
	AC	141 V PEAK oraz 100 V RMS

7.6 Test funkcjonalny

Badanie wykonuje się w sposób podobny jak w rozdziale 6.5 Należy wprowadzić urządzenie w stan jałowy i sprawdzić, czy działa prawidłowo, a operator musi zwrócić uwagę na niepokojące zachowania (zapach, dźwięk itd.).

8 Dokumentacja

Po testach urządzeń, maszyn czy spawarek należy wykonać raport z badań. Powinny znajdować się w nim dane takie, jak:

1) dane pozwalające jednoznacznie zidentyfikować urządzenie (np. numer identyfikacyjny),
2) data wykonanej kontroli,
3) wyniki pomiarów,
4) końcowy wynik testów (pozytywny/negatywny),
5) rekomendowana data kolejnego testu,
6) dane urządzenia testującego oraz potwierdzenie jego sprawności metrologicznej,
7) dane osoby wykonującej pomiary (imię, nazwisko, numer uprawnień...),
8) podpis osoby odpowiedzialnej za wykonanie raportu i pomiarów,
9) komentarz – jeśli potrzebny. Wystawiona musi zostać ocena wyników testów, która odpowie na pytanie, czy zbadany obiekt nadaje się do dalszej eksploatacji.

9 Przyrządy pomiarowe Sonel PAT

Testery bezpieczeństwa sprzętu i urządzeń Sonel PAT zostały skonstruowane tak, aby ułatwić i zautomatyzować sprawdzanie elektronarzędzi, urządzeń, maszyn, sprzętu RTV, AGD, IT, urządzeń spawalniczych itd. – a zarazem spełnić wymagania stawianym przez normy polskie i zagraniczne w celu zapewnienia bezpieczeństwa użytkowania.

Funkcjonalność oraz parametry przyrządów pomiarowych firmy Sonel pozwalają w pełni kontrolować stan techniczny urządzeń i narzędzi elektrycznych jedno- oraz trójfazowych. Dla zapewnienia bezpieczeństwa pracy użytkownika i prawidłowych wyników badań PAT-y zaraz po włączeniu sprawdzają parametry sieci zasilającej (tj. napięcie, częstotliwość, ciągłość i napięcie na przewodzie ochronnym).

9.1 Sonel PAT-95, PAT-96



rys. 12. Mierniki Sonel PAT-95/96

Mierniki Sonel PAT-95 i PAT-96 zostały skonstruowane z myślą o wysokiej trwałości. Cechują się wysoką ergonomią użytkowania oraz rozbudowanym układem pomiarowym. Posiadają wiele funkcji, które ułatwią oraz przyśpieszą czas trwania badań, a jednocześnie zapewniają bezpieczeństwo użytkowania i rzetelne wyniki.

9.1.1 Możliwości pomiarowe

Sonel PAT-95 pozwala na:

1) pomiar rezystancji przewodu ochronnego,
2) pomiar rezystancji izolacji w trzech punktach,
3) pomiar zastępczego, różnicowego i dotykowego prądu upływu,
4) test funkcjonalny,
5) test wyłączników RCD oraz PRCD.

Sonel PAT-96 ma identyczny zakres funkcji jak Sonel PAT-95. Miernik dedykowany jest do kontroli urządzeń spawalniczych i mierzy:

1) znamionowe napięcie urządzeń spawalniczych w stanie bez obciążenia,
2) prąd upływu obwodu spawania,
3) pierwotny prąd upływu.

9.1.2 Test wizualny

Podczas testu wizualnego miernik wykonuje pomiar rezystancji obwodu L-N urządzenia, aby wykluczyć ewentualne zwarcie. Dokonuje także kontroli bezpiecznika.

Przed rozpoczęciem badania użytkownik może zaprogramować elementy, które należy sprawdzić dla danego urządzenia. Podczas testu PAT wymusi ocenienie każdego z nich.

9.1.3 Pomiar rezystancji przewodu ochronnego (R_{PE})

Aby zapewnić wysoką rozdzielczość oraz dokładność, pomiar wykonuje się metodą Kelvina tzn. czteroprzewodową . Otrzymanego rezultatu nie zniekształcają błędy związane z metodyką testu – wpływ rezystancji przewodów pomiarowych jest pomijalnie mały. Zastosowany zadajnik prądowy umożliwia generowanie prądu pomiarowego o natężeniu 200 mA, 10 A oraz 25 A. Co prawda polskie normy wymagają użycia prądu 200 mA (wykonanie badania z większą nastawą nie stanowi błędu!), jednak już np. brytyjskie standardy nakazują pomiary prądem o natężeniu 10 A i 25 A. Nie bez przyczyny.

Przewody ochronne urządzeń elektrycznych przeważnie wykonuje się z linki, co zapewnia m.in. lepszą elastyczność przewodu. Linka posiada jednak swoje wady, np. rozerwania pojedynczych splotów miedzi są częstym uszkodzeniem. Pomiar prądem o natężeniu 10 lub 25 A ma dwie funkcje. Pierwszą jest rzecz jasna pomiar rezystancji, drugą zaś – test obciążeniowy. Gdy badanie trwa długo (kilka-kilkanaście sekund), w miejscu uszkodzenia splotu linki dojdzie do jego dopalenia. Gdyby nastąpiło to nie w kontrolowanych warunkach testu, ale podczas normalnej eksploatacji urządzenia, to podstawowy środek ochrony w postaci przewodu PE nie spełniłby swojego zadania!

Dostępne są cztery metody pomiarowe.

1) **Gniazdo-sonda** – pomiar wykonywany jest pomiędzy wtyczką badanego urządzenia, wpiętą w gniazdo miernika, a sondą pomiarową miernika podłączoną do metalowego elementu urządzenia.
2) **Sonda-sonda** – pomiar wykonywany za pomocą dwóch sond. Jedna podpięta jest do metalowego elementu, a druga do przewodu ochronnego, np. w rozdzielni zasilania urządzenia (maszyny).
3) **IEC** – pomiar wykonywany jest pomiędzy dwoma wbudowanymi gniazdami pomiarowymi miernika.
4) **PRCD** – pomiar wykonywany jest dla urządzeń, w których wbudowany wyłącznik RCD rozłącza również przewód PE.

9.1.4 Pomiar rezystancji izolacji (R_{ISO})

W Sonel PAT-95 i PAT-96 dostępne cztery napięcia pomiarowe: 100 V, 250 V, 500 V i 1000 V. Umożliwia to dobranie odpowiednich parametrów testów dla szerokiej gamy sprzętu: od urządzeń SELV/PELV, gdzie pomiar wykonuje się napięciem 100 V, przez urządzenia IT, gdzie wymagane może być obniżone napięcie pomiarowe w celu zapobiegnięcia uszkodzenia sprzętu (np. ograniczników przepięć czy zasilaczy elektronicznych) do 250 V, po zakłady produkcyjne, w których wymogiem bywa badanie napięciem **1000 V.** Dodatkowo za pomocą Sonel PAT-96 wykonamy pomiar rezystancji izolacji urządzeń spawalniczych zgodnie z wymogami normy PN-EN 60974-4:2017, tj.:

1) pomiędzy obwodem pierwotnym a uziemieniem LN-PE,
2) pomiędzy obwodem pierwotnym a wtórnym LN-S,
3) pomiędzy obwodem wtórnym a uziemieniem PE-S.

Oboma miernikami wykonamy pomiar za pomocą metod:

1) **gniazdo-sonda** – pomiar wykonywany jest pomiędzy wtyczką badanego urządzenia, wpiętą w gniazdo miernika, a sondą pomiarową miernika podłączoną do mierzonego elementu obudowy urządzenia,
2) **sonda-sonda** – pomiar wykonywany za pomocą dwóch sond. Jedna sonda podpięta jest do metalowego elementu, a druga do zwartych przewodów L-N obwodu zasilania,
3) **IEC** – pomiar wykonywany jest pomiędzy dwoma wbudowanymi gniazdami pomiarowymi miernika.

9.1.5 Pomiar prądu upływu

Przyrządy Sonel PAT-95 i PAT-96 potrafią wykonać to badanie dla szerokiego pasma częstotliwości prądów upływu i na cztery sposoby, mianowicie poprzez:

1) pomiar zastępczego prądu upływu (I_{SUB}),
2) pomiar prądu upływu w przewodzie PE (I_{PE}),
3) pomiar różnicowego prądu upływu (I_{Δ}),
4) pomiar dotykowego prądu upływu (I_T).

Dodatkowo miernikiem Sonel PAT-96 skontrolujemy prąd upływu urządzeń spawalniczych: prąd upływu obwodu pierwotnego oraz obwodu wtórnego. W pomiarach można posłużyć się wbudowanym gniazdem przyrządu lub – w przypadku urządzeń podłączonych do zasilania na stałe – cęgami pomiarowymi.

9.1.6 Pomiar napięcia spawarki w stanie bez obciążenia (U_0)

Pomiar ten wykonamy jedynie miernikiem Sonel PAT-96, czyli przyrządem dedykowanym do sprawdzania urządzeń spawalniczych. Przyrząd mierzy napięcie spawarki w stanie bez obciążenia U_0 (PEAK oraz RMS). Zgodnie z wymogami normy PN-EN 60974-4 wartość napięcia PEAK nie powinna przekroczyć wartości ±15 % wartości U_0 spawarki, dlatego miernik automatycznie sprawdza ten warunek, wyliczając wartości graniczne po wpisaniu napięcia znamionowego spawarki.

9.1.7 Test funkcjonalny

Podczas testu funkcjonalnego mierniki Sonel PAT-95 i PAT-96 monitorują takie parametry zasilania urządzenia jak:

1) prąd,
2) napięcie,
3) moc czynnaą, biernaą, pozornaą,
4) współczynnik PF, cosφ, THD prądu, THD napięcia.

Dzięki analizie powyższych wielkości dokonamy diagnozy badanego urządzenia, co może pomóc w przypadkach serwisowych.

9.1.8 Badanie wyłączników RCD/PRCD

Przyrządy Sonel PAT-95 i PAT-96 umożliwiają skontrolowanie działania stacjonarnych oraz przenośnych wyłączników RCD. Mierniki pozwalają zbadać wyłączniki o prądzie nominalnym 10, 15 i 30 mA: zarówno te ogólnego przeznaczenia, jak i krótkozwłoczne oraz typu PRCS-K i PRCD-S.

9.1.9 Test przewodów IEC i przedłużaczy

Sonel PAT-95 i PAT-96 w trybie automatycznym dokonują sprawdzenia podstawowych parametrów przewodów IEC, a dodatkowo – po zastosowaniu odpowiedniego adaptera – przedłużaczy i przewodów zakończonych wtykiem IEC-60320-C5, czyli tzw. „koniczynką" (używane m.in. w zasilaczach laptopów). Zob. również rozdz. 11 „Akcesoria".

9.1.10 Interfejs i wysoka automatyzacja pomiarów

Przyrządy Sonel PAT-95 i PAT-96 zostały wyposażone w ekran dotykowy o przekątnej 5,6", co już na starcie jest wielką zaletą. Zaimplementowana graficzna pomoc pozwala na sprawdzenie poprawności połączeń oraz warunków przeprowadzenia każdego testu. Ponadto mierniki potrafią automatycznie dokonać oceny badania – wystarczy, że przed jego wykonaniem użytkownik zdefiniuje:

1) czas trwania pomiaru,
2) limity maksymalny i minimalny, wyznaczające przedział, w którym powinien zawrzeć się wynik.

Powyższe cechy kumulują się w funkcji autotestów. W zależności od tego, jakie obiekty mają być sprawdzone, użytkownik może tworzyć własne sekwencje pomiarowe bądź wybrać którąś z tych już predefiniowanych, opartych na normach. Po zatwierdzeniu ustawień miernik automatycznie wykona wymagane badania. Rola człowieka sprowadzi się do oceny wizualnej i czynności łączeniowych.

9.1.11 Pamięć i komunikacja

Pamięć mierników Sonel PAT-95 i PAT-96 ma formę drzewiastą. Instancją nadrzędną jest klient, pod nim znajdują się obiekty, pod obiektami zaś – badane urządzenia. Klienta opiszemy danymi takimi jak nazwa, lokalizacja, dane kontaktowe. Sprawdzanemu urządzeniu nadajemy indywidualny numer ewidencyjny, nazwę, nazwę producenta, parametry techniczne, opis. Co więcej, da się do niego przypisać procedurę testową. Wszelkie informacje wprowadzimy za pośrednictwem klawiatury ekranowej. Ponadto dla osób preferujących klasyczne rozwiązania istnieje możliwość podłączenia tradycyjnej klawiatury z wtyczką USB typu A.

Wszystkie dane pomiarowe zapisane w pamięci miernika prześlemy do programu Sonel PAT Analiza, w którym można stworzyć pełen raport z przeprowadzonych badań (więcej o tym w rozdz. 10). Komunikacja z komputerem odbywa się za pomocą portu USB, sieci Wi-Fi lub LAN.

9.1.12 System kodów QR i drukowanie raportów

Mierniki działają w systemie kodów QR – każdemu pojedynczemu urządzeniu podlegającemu badaniu zostaje nadany indywidualny numer ewidencyjny, który wraz z innymi danymi (nazwa, numer seryjny, parametry techniczne) trafia do wygenerowanego automatycznie QR kodu. Kod, który drukowany jest na samoprzylepnej etykiecie trafia na obudowę badanego urządzenia. W ten sposób ułatwiamy jego identyfikację oraz przyśpieszamy proces testowy: po zeskanowaniu kodu na urządzeniu, natychmiast poznajemy jego charakterystykę i historię badań.

Całość zestawu dopełnia drukarka (akcesorium dodatkowe). Od razu po pomiarze drukuje ona etykietę-raport o z rezultatem sprawdzenia, którą użytkownik umieszcza na skontrolowanym urządzeniu.



rys. 13. Sonel PAT-96 z drukarką

9.2 Sonel PAT-2, PAT-2E, PAT-10

Wieloletnie doświadczenie pozwoliło Sonelowi na opracowanie przyrządów łączących małe gabaryty oraz zaawansowany układ pomiarowy. Pozwalają na przeprowadzenie w pełni automatycznych badań urządzeń elektrycznych, przewodów IEC, przedłużaczy zwykłych oraz takich z wyłącznikami różnicowoprądowymi (RCD).

Sonel PAT-2, PAT-2E i PAT-10 posiadają wbudowany akumulator, co w połączeniu z małymi gabarytami oraz dedykowanym futerałem mieszczącym miernik wraz z drukarką wydatnie usprawnia mobilność w trakcie pomiarów – zwłaszcza tam, gdzie sprawdzane urządzenia są od siebie oddalone.

9.2.1 Możliwości pomiarowe

Mierniki Sonel PAT-2, PAT-2E oraz PAT-10 łączą w sobie zaawansowane układy pomiarowe, mobilność oraz prostą obsługę. Umożliwiają wykonanie badań takich jak:

1) test wizualny,
2) pomiar rezystancji przewodu ochronnego (R_{PE}) prądem 200 mA (PAT-2, PAT-2E, PAT-10) oraz 10 A (PAT-10),
3) pomiar rezystancji izolacji (R_{ISO}) napięciem 500 V (PAT-2, PAT-2E, PAT-10) i 250 V (PAT-2E, PAT-10),
4) pomiar zastępczego prądu upływu (I_{SUB}),
5) pomiar różnicowego prądu upływu (I_{Δ}),
6) pomiar dotykowego prądu upływu (PAT-2E, PAT-10),
7) badanie wyłączników różnicowoprądowych (PRCD)(PAT-2E, PAT-10),
8) test przewodu IEC.

9.2.2 Pomiary automatyczne i manualne

Wybranie właściwej procedury pomiarowej i naciśnięcie przycisku START powoduje automatyczne przeprowadzenie sekwencji badań. Identycznie jak w Sonel PAT-95, tryb ten znacznie upraszcza sprawdzanie urządzeń i jednocześnie eliminuje możliwość popełnienia błędu lub pominięcia któregoś z wymaganych testów. W przypadku, kiedy konieczne jest wykonanie pojedynczego pomiaru, nic nie stoi na przeszkodzie, by uruchomić tylko żądaną funkcję (tryb manualny).

9.2.3 Pamięć i komunikacja

Mierniki Sonel PAT-2, PAT-2E i PAT-10 posiadają wbudowaną pamięć drzewiastą: instancją nadrzędną jest bank, a podrzędną komórka. Komunikacja z komputerem odbywa się przez kabel USB, co umożliwia przesyłanie danych z pomiarów do programu Sonel PAT Analiza, w którym można stworzyć pełen raport z przeprowadzonych badań (więcej o tym w rozdz. 10) .



rys. 14. Sonel PAT-10 pomiar przy pomocy automatycznej sekwencji pomiarowej

9.2.4 Drukowanie raportów

Mierniki Sonel PAT-2, PAT-2E i PAT-10 współpracują z drukarką. Od razu po pomiarze drukuje ona etykietę/raport, którą użytkownik umieszcza na zbadanym urządzeniu. Na etykiecie znajdą się informacje o wyniku kontroli (pozytywny/negatywny) oraz jej data.



rys. 15. Sonel PAT-10 wraz z drukarką kontrolek pomiarowych

10 Raportowanie

Nieodłącznym elementem pomiarów jest tworzenie raportów – są one konieczne po przeprowadzonych kontrolach. Ich wyniki muszą zostać zachowane w sposób trwały i nieedytowalny: może być to forma tradycyjna (papierowa), jak również cyfrowa. W obu przypadkach pracę znacząco ułatwia program Sonel PAT Analiza. Jednym kliknięciem możemy przygotować raport z badań dla pojedynczego urządzenia, lub wielu urządzeń jednego klienta, lub kompleksowy raport ze statystykami. Program przeznaczony jest dla firm wykonujących pomiary elektryczne, serwisów, wypożyczalni czy przedsiębiorstw.

Sonel PAT Analiza automatycznie pobiera dane z miernika (w przypadku przyrządów Sonel PAT-95 i PAT-96 – również wszelkie wprowadzone informacje na temat klienta i urządzeń, oceny badań itd.). Dane te można edytować, kopiować lub usuwać; nie da się zmieniać wyników pomiarowych, co jest wymogiem koniecznym w przypadku cyfryzacji wyników. Program zarządza bazą i harmonogramem kontroli elektronarzędzi (jeżeli zostały podane czasookresy testów), a także powiadamia administratora o nadchodzących terminach testów. Do programu możemy również wprowadzić dane osób odpowiedzialnych za badania, a nawet przypisać im urządzenia do sprawdzenia.

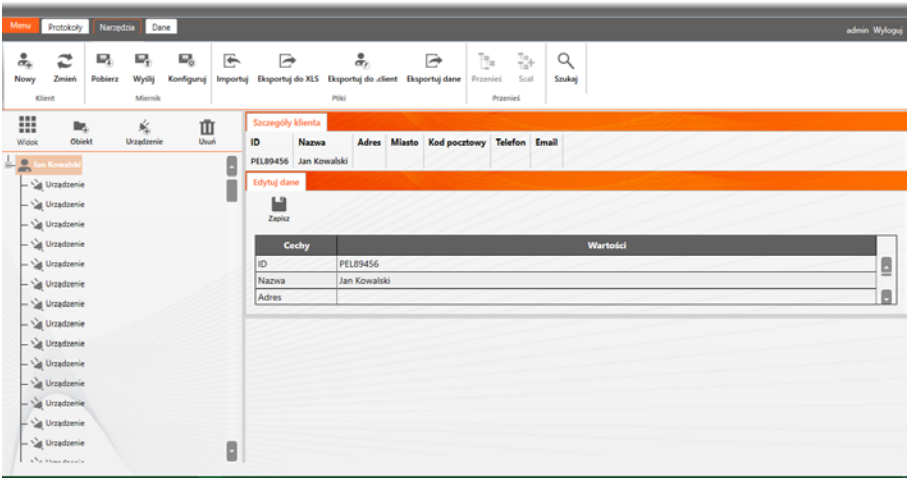
Oprogramowanie umożliwia drukowanie etykiet i naklejek samoprzylepnych dla przetestowanych obiektów. Dodatkowo pozwala na konfigurację miernika. Z Sonel PAT Analizy za pośrednictwem sieci Wi-Fi, LAN lub kabla USB możemy przesłać do urządzenia zadanie związane z pomiarem określonego urządzenia.

W raporcie końcowym znajdują się takie informacje jak:

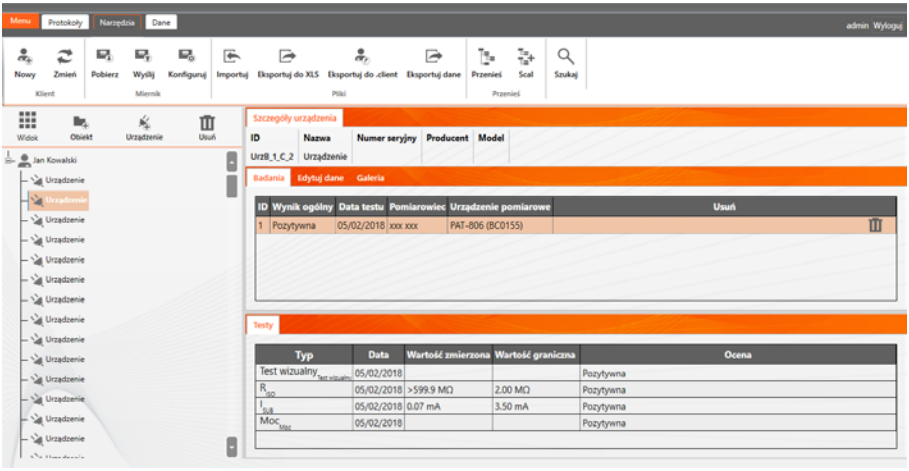
1) dane pozwalające jednoznacznie zidentyfikować urządzenie (np. numer identyfikacyjny),
2) data badania,
3) wyniki pomiarów,
4) końcowy wynik testów (pozytywny/negatywny),
5) rekomendowana data kolejnego testu,
6) dane urządzenia testującego,
7) dane osoby wykonującej pomiary (imię i nazwisko, numer uprawnień…),
8) podpis osoby odpowiedzialnej za wykonanie raportu i pomiarów,
9) komentarz – jeśli potrzebny,
10) dokumentacja fotograficzna.

Rozwój przedsiębiorstw, automatyzacja oraz coraz większa mobilność sprawiły, że pomiary są często wykonywane:

1) w bardzo dużej skali (np. zakłady produkcyjne),
2) w oddaleniu od bazy (np. wypożyczalnie elektronarzędzi).



rys. 16. Okno odczytu danych z miernika



rys. 17. Okno główne programu wyświetlające spis urządzeń

W takich sytuacjach rozwiązania stacjonarne mogą być niewystarczające – jak zebrać pomiary z 20 mierników robiących setki pomiarów dziennie? Mierniki Sonel PAT-95 i 96 maja wbudowane moduły transmisji Wi-Fi oraz porty LAN. Umożliwiają one wykorzystanie **rozwiązań serwerowych** (chmurowych). Mierniki można zatem dostosować do dwóch trybów pracy.

Pierwszym trybem jest tryb przeznaczenia ogólnego - znajduje on zastosowanie w miejscach, gdzie miernik musi zachować pewną mobilność, np. w zakładach przemysłowych lub na busach pomiarowych wypożyczalni elektronarzędzi. Wtedy miernik jest połączony przez sieć internetową z bazą danych na serwerze. Pomiarowiec może założyć nowe urządzenie, odszukać je w bazie lub

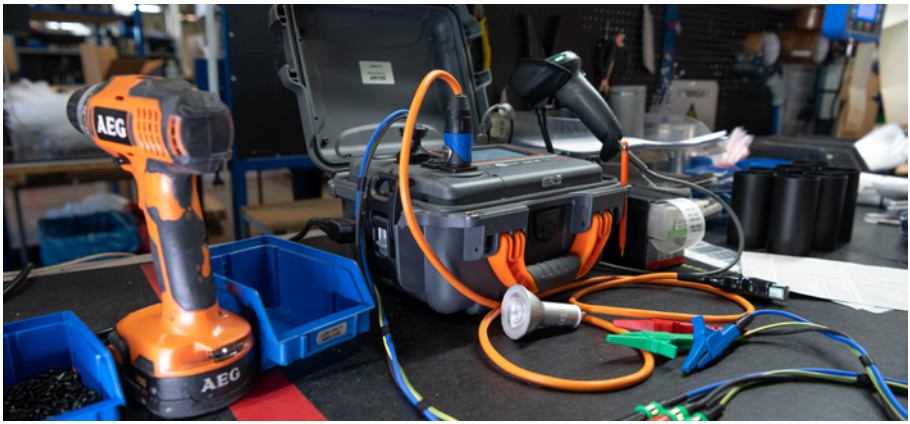
dodać notatkę, osoba zarządzająca może natomiast przesłać bezpośrednio na miernik informację, jakie urządzenia należy następnie testować.

Gdy miernik ma dostęp do Internetu, automatycznie przesyła dane na wskazany adres IP. W trybie offline zapisuje wyniki w swojej pamięci lokalnej. Gdy przejdzie w tryb online, nastąpi automatyczna synchronizacja wszystkich zapisanych wyników z serwerem.

Drugi tryb przeznaczony jest dla testów poprodukcyjnych. Interfejs użytkownika przystosowany jest na jak najszybsze działanie, ograniczając przy tym interakcję, która w procesie ciągłym nie jest wymagana. Praca oparta na systemie QR kodów automatycznie tworzy urządzenie, a następnie dopiera procedurę pomiarową. Cała konfiguracja i zarządzenia danymi odbywa się z poziomu aplikacji webowej, dla całej floty testerów.

Sonel PAT Cloud – to chmurowa wersja programu, współpracująca z miernikami Sonel PAT, która:

1) pozwala na płynne zarządzenia danymi,
2) pozwala na nadzorowanie załogi i floty,
3) umożliwia pracę z poziomu przeglądarki internetowej dla różnych użytkowników z dowolnego miejsca na świecie,
4) umożliwia pracę w trybie zlecenia zadań pracownikom,
5) przechowuje dane na serwerze,
6) umożliwia natychmiastowy dostęp do wyników pomiarowych oraz wykonać raport,
7) umożliwia automatyzację procesu produkcyjnego w punkcie testowania produkowanych urządzeń.



rys. 18. Sonel PAT-96

11 Akcesoria

Do mierników Sonel PAT-95, PAT-96 oraz PAT-2, PAT-2E, PAT-10 dostępny jest szereg akcesoriów rozszerzających możliwości tych urządzeń.

Adaptery gniazd przemysłowych (16 A i 32 A) oraz **gniazd trójfazowych** (16 A i 32 A) pozwalają na wykonanie badań bezpieczeństwa urządzeń i przedłużaczy zasilanych z gniazd przemysłowych jednofazowych i trójfazowych 16 A i 32 A. Adaptery dostępne są w dwóch wersjach.

1) **Adaptery nieprzełączane** mają na stałe zwarte ze sobą linie L1, L2, L3 gniazda trójfazowego, które są połączone z linią L wtyku jednofazowego.
2) **Adaptery przełączane** są wyposażone w przełącznik obrotowy zwierający L gniazda pomiarowego miernika z fazami adaptera – pojedynczo lub zbiorczo. Zastosowanie zestawu adapterów pozwala na badania przedłużaczy 3-fazowych – z testem polaryzacji włącznie.

Adapter PAT-3F-PE służy do sprawdzania:

1) prądu upływu obwodu pierwotnego spawarki w sytuacji, gdy jest ona zasilana z sieci jednofazowej bądź trójfazowej (16 A lub 32 A),
2) prądu upływu PE urządzeń zasilanych z sieci trójfazowej o maksymalnym prądzie 16 A lub 32 A.

Adapter IEC/C5 pozwala na badania przewodów zakończonych wtykiem IEC C5 (tzw. „koniczynka").

Adapter IEC/Schuko zakończony jest końcówkami IEC i Schuko, pozwala na wykonanie pomiarów ochronnych przedłużaczy jednofazowych.

Sondy, krokodyle oraz przewody dostępne są w różnych wariantach długości, obciążalności prądowej i zastosowania.

Skaner kodów QR pozwala na identyfikację obiektu i przypisanie wyniku kontroli, a tym samym na budowę historii sprawdzeń w pamięci testera.

Drukarki dedykowane do mierników drukują etykietę bezpośrednio po pomiarach, co znacząco przyśpiesza raportowanie oraz znakowanie badanych urządzeń.

12 Laboratorium Badawczo-Wzorcujące

Przepisy wymagają, aby urządzenia testujące były wykonane zgodnie z obowiązującymi normami, np. PN-EN IEC 61557. Ponadto sprzęt należy poddawać kalibracji w regularnych odstępach czasu zgodnie z wytycznymi producenta. Firma Sonel dla swoich przyrządów rekomenduje wykonanie wzorcowania co 12 miesięcy. Osoba wykonująca badania bierze także odpowiedzialność za dopuszczenie elektronarzędzi, urządzeń i innych sprzętów do dalszej eksploatacji, dlatego ważne jest rzetelne wykonanie kontroli przyrządem, co do którego wskazań można mieć pełne zaufanie.

W naszym Laboratorium Badawczo-Wzorcującym wzorcujemy przyrządy pomiarowe wielkości elektrycznych oraz nieelektrycznych. Dbamy o wysoką jakość świadczonych usług, dlatego funkcjonuje u nas system zarządzania zgodny z wymaganiami normy PN-EN ISO/IEC 17025. **Dzięki regularnemu wzorcowaniu istnieje możliwość przedłużenia gwarancji przyrządów!**

13 Studium przypadków

Na koniec prześledzimy dwa przykładowe procesy pomiarowe.

13.1 Przypadek 1

Szlifierka kątowa użytkowana w sposób dorywczy przez jednego pracownika budowy przez 8 godzin dziennie. W związku z dorywczym trybem pracy (rozdz. 5, punkt 1) jako czasookres pomiarów przyjmujemy 6 miesięcy (rozdz. 4, punkt 2) .

1) Pierwsze i najważniejsze badanie, jakie należy przeprowadzić, to test wizualny. Praktyka wskazuje, że nie przechodzi go większość narzędzi używanych w sektorze budownictwa – najczęstszym tego powodem jest uszkodzenie (naderwanie) izolacji przewodu zasilającego.
2) Jeżeli wszystkie wymagane elementy testu wizualnego oraz sam test otrzymały ocenę pozytywną, przechodzimy do pomiaru rezystancji izolacji. Wykonujemy go pomiędzy zwartymi przewodami czynnymi (L-N) a obudową z parametrami:
   a) napięcie pomiarowe: 500 V (rozdz. 6.3),
   b) czas trwania pomiaru: 60 s (rozdz. 6.3),
   c) dolny limit rezystancji: 2,0 MΩ (tab. 4).
3) Jeżeli wynik jest powyżej wymaganego limitu, należy przejść do kolejnego badania: pomiaru różnicowego prądu upływu I_{Δ}. **Tu należy zachować szczególną ostrożność, ponieważ urządzenie zostanie włączone!** Maksymalny upływ dla naszej szlifierki wynosi 3,5 mA (tab. 5).
4) Jeśli prąd upływu był mniejszy niż dopuszczalny, wykonujemy test funkcjonalny (rozdz. 6.5). Zmierzone parametry porównujemy z wartościami z tabliczki znamionowej. Dodatkowo oprócz parametrów fizycznych zwracamy uwagę na zachowanie oraz kulturę pracy urządzenia: czy nie ma nadmiernego iskrzenia na komutatorze, czy nie czuć woni spalenizny, czy urządzenie pracuje równo itd.
5) Jeśli wszystkie testy zakończyły się oceną pozytywną, oznacza to, że badane urządzenie pomyślnie przeszło kontrolę. Drukujemy etykietę raportu i przyklejamy ją na obudowę szlifierki. Następną serię badań przeprowadzimy za 6 miesięcy, o ile w międzyczasie nie wystąpi awaria i naprawa lub inne zdarzenie losowe, np. uszkodzenie mogące wpłynąć na bezpieczeństwo użytkowania urządzenia.



rys. 19. Testy miernikiem Sonel PAT-10



rys. 20. Sonel PAT-10, rezultat badania urządzenia II klasy ochronności

13.2 Przypadek 2

Drugi przykład to pompa wody pracująca w kopalni węgla w sposób ciągły przez 10 godzin dziennie. Na jej tabliczce znamionowej znajduje się symbol ⏚, co oznacza, że jest to urządzenie w pierwszej klasie ochronności. Pompa pracuje w sposób ciągły, w warunkach podwyższonego zagrożenia, co klasyfikuje ją do pomiarów okresowych co 2 miesiące (rozdz. 5, punkt 1).

1) Krokiem pierwszym jest test wizualny. Należy zwrócić uwagę na:
   a) obudowę pompy z naciskiem na to, czy nie ma pęknięć (obudowa plastikowa) lub korozji (obudowa metalowa),
   b) stan przewodu zasilającego itp.,
   c) stan innych elementów wymaganych do zachowania bezpieczeństwa.

2) Jeżeli ocena testu wizualnego jest pozytywna, przechodzimy do pomiaru ciągłości przewodu PE (rozdz. 6.2).

Badanie zaczynamy od zmierzenia długości przewodu zasilającego. W przypadku naszej pompy jest to 7 metrów, co oznacza, że do górnego limitu rezystancji 0,3 Ω należy dodać jeszcze 0,1 Ω – czyli rezystancja przewodu ma prawo wynieść maksymalnie 0,4 Ω.

Wykonujemy test obciążenia prądem 25 A przez czas 10 sekund. Jeżeli nie wystąpiło przepalenie przewodu, a wynik nie przekracza limitu, to możemy:

a) przejść do kolejnego testu,
b) wykonać pomiar prądem 200 mA.

Dla pewności wykonujemy jeszcze pomiar prądem 200 mA. Otrzymujemy wynik 0,12 Ω. Ocena testu jest pozytywna.

3) Następnie przechodzimy do pomiaru rezystancji izolacji. Wykonujemy go pomiędzy zwartymi przewodami czynnymi (L-N) a metalowymi elementami obudowy podłączonymi do uziemienia. Parametry badania:
   a) napięcie pomiarowe: 500 V (rozdz. 6.3),
   b) czas trwania pomiaru: 60 s (rozdz. 6.3),
   c) dolny limit rezystancji: 1,0 MΩ (tab. 4).

Otrzymaliśmy wynik 6 MΩ. Jest to wartość dopuszczalna. Niemniej sygnalizuje ona degradację izolacji urządzenia.

4) Skoro wartość rezystancji izolacji jest większa niż niezbędne minimum, przechodzimy do pomiaru zastępczego prądu upływu. Uwzględniamy fakt, że pompa pracuje w środowisku o podwyższonym ryzyku porażeniem prądem elektrycznym. Górny limit wynosi 3,5 mA (tab. 5). Wynik pomiaru to 0,5 mA.
5) Ponieważ mamy możliwość odseparowania pompy od przewodzącego podłoża, następnym krokiem jest pomiar prądu upływu w przewodzie PE I_{PE} (gdyby nie było takiej opcji, musielibyśmy poprzestać na zmierzeniu różnicowego prądu upływu I_{Δ}). Górny limit upływu wynosi 3,5 mA.

Wynik pomiaru to 4,5 mA. Niedopuszczalne jest wykonywanie dalszych testów – **takie urządzenie należy wyłączyć z eksploatacji!** Drukujemy etykietę z negatywnym wynikiem badań, przyklejamy ją na pompę i wysyłamy urządzenie do serwisu w celu naprawy.

6) Po naprawie w serwisie należy wykonać ponowny zestaw testów, który może wyglądać następująco:
   a) test wizualny,
   b) pomiar rezystancji przewodu ochronnego,
   c) pomiar rezystancji izolacji,
   d) pomiar prądu upływu w przewodzie PE,
   e) test funkcjonalny.

Jeżeli rezultat całej sekwencji pomiarowej będzie prawidłowy, to pompa dostanie zielone światło na powrót do eksploatacji.



rys. 21. Sonel PAT-10, badanie urządzenia I klasy ochronności



rys. 22. Sonel PAT-10

13.3 Historia badań

Prowadzenie historii badań jest niezwykle ważne przy predykcji niebezpieczeństwa. Na przykładzie omówionej pompy: przyrost prądu upływu między badaniami mógł zostać wcześniej zdiagnozowany, gdybyśmy np. śledzili zmiany rezystancji wewnętrznej lub rezystancji izolacji. Wgląd w dane historyczne ułatwia decyzje w zakresie eksploatacji. Jeżeli widzimy znaczącą degradację urządzenia (wyniki pomiarowe pogarszają się wraz z upływem czasu, mimo spełnienia wymagań norm), możemy je wysłać na wcześniejszą rewitalizację lub zmniejszyć okres pomiędzy kolejnymi badaniami. Tutaj niezmiernie ważne jest wiedza oraz doświadczenie osób wykonujących testy.

13.4 Podsumowanie

Odpowiedzialność za bezpieczeństwo sprzętu, maszyn i urządzeń ponosi właściciel. To w jego gestii leży zapewnienie bezpieczeństwa pracownikom. Natomiast wykonawcą tego obowiązku jest osoba dokonująca pomiarów i oceniająca je w sposób rzetelny i pewny. Aby zagwarantować, że dany przyrząd nie stanowi dla użytkowników zagrożenia, kontroler musi go badać regularnie, w oparciu o normy, dokumentację techniczną i zalecenia producenta. Regularne pomiary kontrolne znacznie zmniejszają ryzyko porażeniem prądem elektrycznym, dlatego nie należy ich lekceważyć, lecz wykonywać rzetelnie i zgodnie z obowiązującymi standardami. Tylko tyle i aż tyle.

Gwarantem rzetelnych pomiarów jest profesjonalny przyrząd pomiarowy, który spełnienia wymagania stawiane przez normy. Firma Sonel produkuje testery zgodne z wytycznymi norm krajowych oraz światowych. Są to przyrządy proste i ergonomiczne, z poręcznymi obudowami i czytelnymi wyświetlaczami dającymi bezpośredni dostęp do wszystkich funkcji. Dostępne akcesoria znacząco rozszerzają ich funkcjonalność. Przyrządy obejmuje 36-miesięczna gwarancja z możliwością wydłużenia.

Sonel organizuje również szkolenia poszerzające wiedzę z zakresu obsługi mierników, wykonywania pomiarów i obowiązujących przepisów oraz norm. Aktualną ofertę szkoleń i szczegółowe informację na temat naszego laboratorium znajdą Państwo pod adresem www.sonel.pl.

SONEL S.A.
Biuro Obsługi Klienta
tel. +48 74 884 10 53

Odwiedź nas na
www.sonel.pl

v.4.2 | 11.2024