

mgr inż. Gerard Owoc

Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Metrologii Elektrycznej „METROL”

mgr inż. Kazimierz Sielicki

Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Metrologii Elektrycznej „METROL”

mgr inż. Michał Szawelko

Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Metrologii Elektrycznej „METROL”

URZĄDZENIA DO SPRAWDZANIA PARAMETRÓW BEZPIECZEŃSTWA ELEKTRYCZNEGO – STAN AKTUALNY I PERSPEKTYWY ROZWOJU

W artykule przedstawiono urządzenia produkowane przez OBR ME METROL przeznaczone do badań parametrów bezpieczeństwa wyrobów. Opisano próbniki wytrzymałości elektrycznej izolacji, testery rezystancji przewodów ochronnych, testery prądu upływu oraz mierniki rezystancji izolacji.

1. WSTĘP

Jednym z podstawowych warunków stawianym elektrycznej i elektronicznej aparaturze pomiarowej, przyrządom powszechnego użytku, elektronarzędziom oraz innym wyrobom z zasilaniem elektrycznym jest spełnienie przez wyroby wymagań bezpieczeństwa użytkowania. Wyroby powinny spełniać wymagania między innymi w zakresie wytrzymałości elektrycznej izolacji, rezystancji przewodu ochronnego, prądu upływu i rezystancji izolacji.

Poniżej przedstawiono niektóre wybrane normy określające wymagania bezpieczeństwa użytkowania:

PN-EN 610 10-1:1999	Wymagania bezpieczeństwa elektrycznych przyrządów pomiarowych, automatyki i urządzeń laboratoryjnych. Elektryczny sprzęt do użytku domowego i podobnego. Bezpieczeństwo użytkowania. Cz. 1: Wymagania ogólne.
PN-EN 610 10-1:2004	
PN-EN 60335-1:2004	
PN-60950 – 1: 2004 (U)	Urządzenia techniki informatycznej. Bezpieczeństwo. Cz. 1: Wymagania podstawowe.
PN-88/E-08400/10	Urządzenia ręczne o napędzie elektrycznym. Badania kontrolne w czasie eksploatacji.

W celu sprawdzenia wymagań przedstawionych w powyższych normach stosuje się różnego rodzaju aparaturę pomiarową i probierczą.

Przyrządy pomiarowe i probiercze mogą być wykonane jako oddzielne przyrządy, które mierzą tylko jeden parametr bądź rozbudowane pozwalające mierzyć wszystkie wymagane parametry.

Urządzenia producentów zagranicznych obejmują aparaturę pomiarową jednego parametru jak i zintegrowane systemy pozwalające mierzyć wszystkie parametry związane z bezpieczeństwem.

W kraju producentem aparatury pomiarowej i probierczej przeznaczonej do pomiaru parametrów bezpieczeństwa użytkowania jest Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Metrologii Elektrycznej „METROL”.

W skład kompletu produkowanej przez OBR-ME METROL aparatury wchodzi:

- próbniki wytrzymałości elektrycznej izolacji typu API,
- testery rezystancji przewodów ochronnych typu TO,

- tester prądu upływu TPU1,
- mierniki rezystancji izolacji typu EMI.

O wyborze i zastosowaniu ww. przyrządów decydują warunki eksploatacyjne i analiza ekonomiczna ich zastosowania.

2. PRÓBNIKI WYTRZYMAŁOŚCI ELEKTRYCZNEJ IZOLACJI.

Jak wspomniano jednym z wymogów bezpieczeństwa użytkownika jest sprawdzenie wytrzymałości elektrycznej izolacji badanego wyrobu. Procedury postępowania przy wykonaniu ww. próby są opisane w normach przedmiotowych.

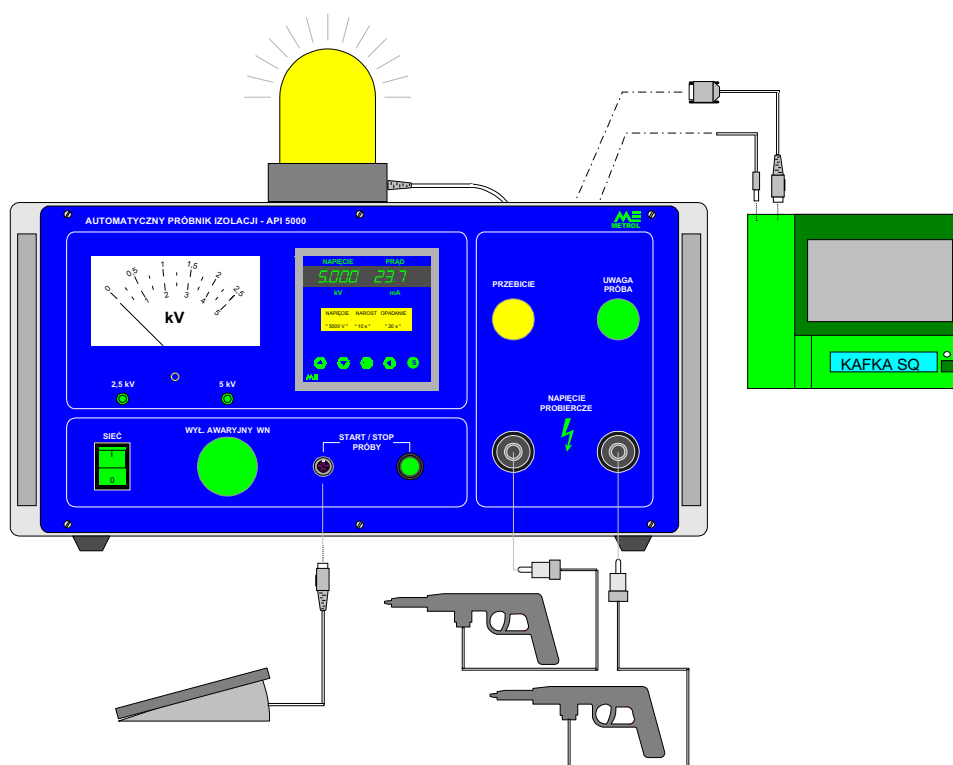
Natomiast parametry próbników wysokiego napięcia podano w normach:
 PN – EN 61180 – 2: 1997. Technika wysokonapięciowych badań urządzeń niskiego napięcia. Urządzenia probiercze

PN - 92/E - 04060. Wysokonapięciowa technika probiercza.

Ogólne określenia i wymagania probiercze.

Zgodnie z przedstawionymi normami podstawowe parametry próbników prądu przemiennego powinny spełniać następujące wymagania:

- | | |
|--|---|
| • kształt krzywej napięcia probierczego | $\sqrt{2} \pm 5\%$ |
| • dokładność pomiaru napięcia probierczego | $\pm 3\%$ |
| • stabilność napięcia probierczego | $\pm 1\%$ - dla czasu próby ≤ 60 sek.
$\pm 3\%$ - dla czasu próby > 60 sek. |
| • prąd zwarcia układu probierczego | 100mA |
| • czas narostu | - powinien umożliwić odczyt wskazań miernika po przekroczeniu 75% U_p , narost 2% U_p /sek. |
| • czas wytrzymania | - 60 sek. |
| • czas opadania | - szybki lecz nie nagły |



Rysunek 1. Wygląd automatycznego próbnika API 5000

W oparciu o przedstawione wymagania w Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Metrologii Elektrycznej „METROL” opracowano i wdrożono rodzinę próbników typu API.

Wykonania próbników API obejmują:

- próbnik automatyczny API 5000
- próbnik ręczny API 5002; API 5002A
- próbnik ręczny API 5005; API 5005A; API 5005B
- próbnik ręczny API 5006; API 5006A; API 5006 B
- oraz wykonania specjalne pod określone wymogi klienta

Próbnik automatyczny API 5000 przedstawiono na rysunek 1

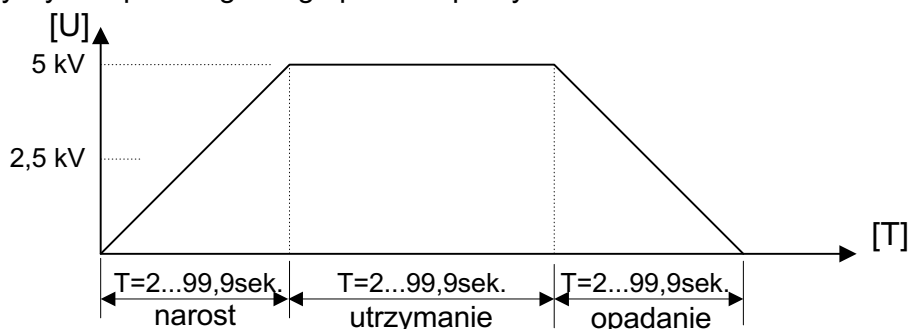
API 5000 jest próbnikiem z programowaną wartością napięcia probierczego, czasem jego narostu, utrzymania i opadania oraz programowanym progiem zabezpieczenia prądowego.

Przebieg próby realizowany jest według algorytmu, w którym ustawia się programowo:

- napięcie wyjściowe próby 100...5000 V
- poziom progu zabezpieczenia prądu upływu (maksymalna wartość prądu upływu) 2...100 mA.
- narost napięcia wyjściowego od (0..⇒...wartości zadanej) w czasie 2...99,9 sek.
- utrzymanie stałego napięcia wyjściowego w czasie 2...99,9 sek.
- opadanie napięcia (od wartości zadanej ...⇒...0) w czasie 2...99,9 sek.

Po zaprogramowaniu parametrów cykl probierczy przebiega automatycznie.

Poniższy wykres przebieg całego procesu próby.



Rysunek 2. Charakterystyka cyklu próby dla próbnika API 5000.

Po wykonanej próbie można udokumentować wyniki pomiaru – wykonując wydruk raportu na drukarce termicznej. Przykład wydruku protokołu pomiarowego przedstawiono na rys 3.

```

— METROL — Zielona Góra
API 5000
data: _ _ . _ _ . _ _
badany obiekt: _ _ _ _ _
               _ _ _ _ _
operator: _ _ _ _ _

—— Parametry próby ——
napięcie probiercze : 3,200 [kV]
zabezpieczenie prądowe: 70 [mA]
czas narostu napięcia : 20,0 [sek]
czas trwania napięcia : 50,0 [sek]
czas opadania napięcia : 10,0 [sek]

—— Raport ——
Stop : zakończenie programu

czas narostu napięcia : 20,2 [sek]
czas trwania napięcia : 50,0 [sek]
czas opadania napięcia : 10,1 [sek]
maksymalny prąd upływu : 1 [mA]

wynik próby : pozytywny
    
```

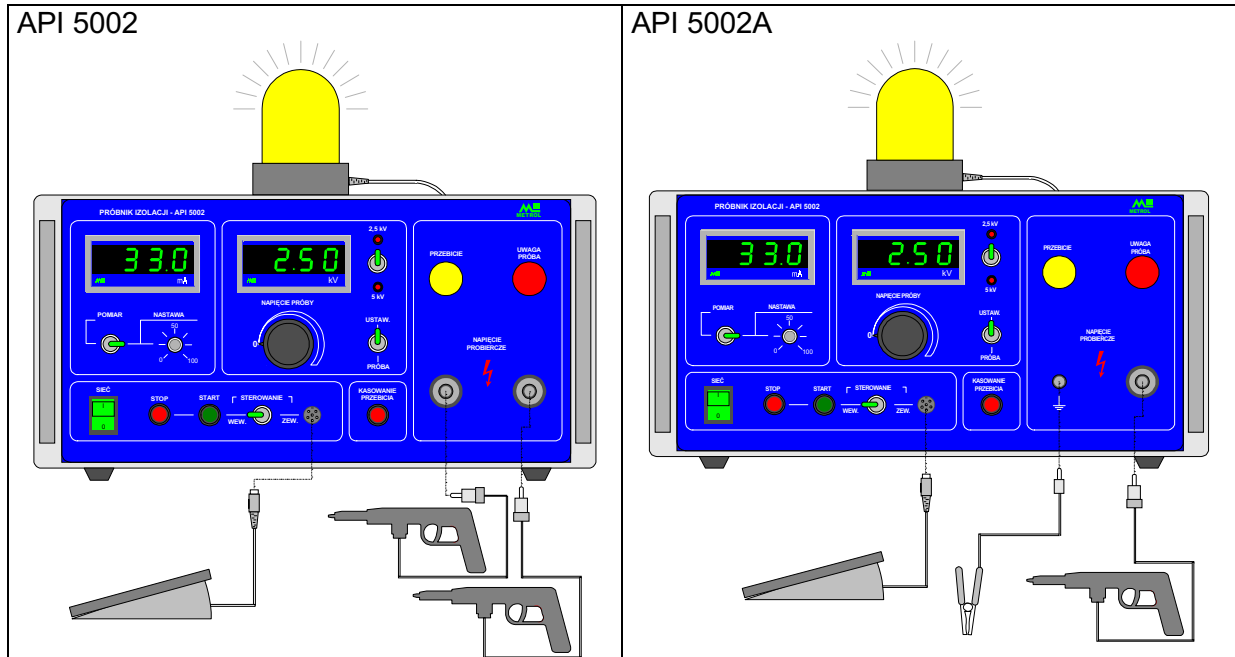
Rysunek 3. Wydruk protokołu pomiarowego

Część górna protokołu przeznaczona jest na adnotacje operatora.

Część opisana jako „ Parametry próby” przedstawia wartości wg, których przebiegała próba.

W części opisanej jako „Raport” wydrukowane są rzeczywiste parametry uzyskane podczas prób.

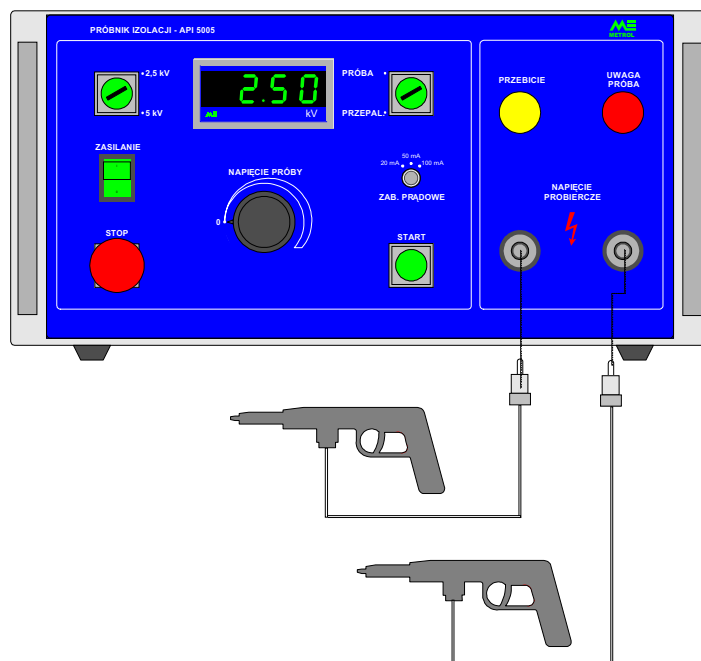
Próbniki rodziny API 5002 - są próbnikami z ręczną nastawą napięcia probierczego w dwóch zakresach $0 \div 2500 \text{ V}$ / $0 \div 5000 \text{ V}$, pomiarem prądu upływu oraz nastawianym progiem zabezpieczenia prądowego w sposób ciągły w zakresie $2 \dots 100 \text{ mA}$. Posiadają dodatkowe funkcje pomocnicze jak: zdalne uruchomienie próby, współpracy z zewnętrzną blokadą, dodatkowe zabezpieczenia itp.



Rysunek 4. Wygląd próbników rodziny API 5002.

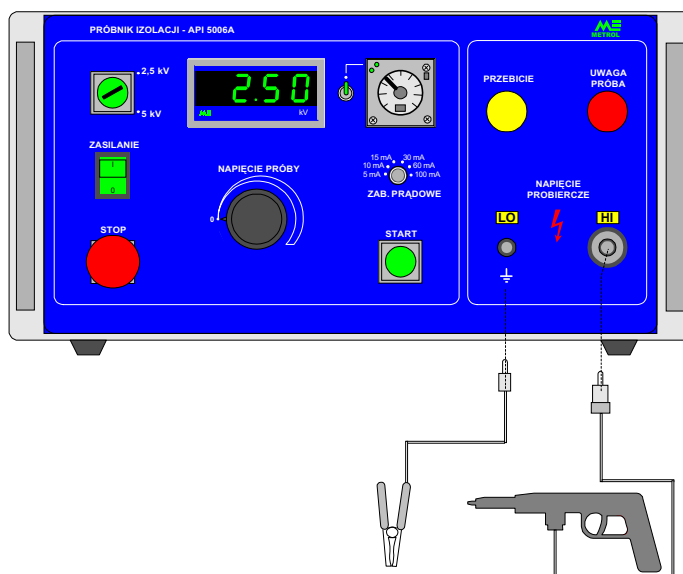
Próbniki rodziny: API 5005 - są próbnikami z ręczną nastawą napięcia probierczego w dwóch zakresach: $0 \div 2500 \text{ V}$ / $0 \div 5000 \text{ V}$, z możliwością skokowego wyboru progu zabezpieczenia prądowego na jedną z wartości: 20 mA , 50 mA , 100 mA . Próbniki tej rodziny mają dwie elektrody wysokiego napięcia odizolowane od potencjału ziemi.

Na rysunek 5 przedstawiono próbnik API 5005B.



Rysunek 5. Wygląd próbnika API 5005B (z funkcją przepalania)

Próbniki rodziny API 5006 - są próbnikami z ręczną nastawą napięcia probierczego w dwóch zakresach: $0 \div 2500 \text{ V}$ / $0 \div 5000 \text{ V}$, z możliwością wyboru progu zabezpieczenia prądowego na jedną z wartości: 5 mA, 10 mA, 15 mA, 30 mA, 60 mA, 100 mA. Napięcie probiercze nie jest izolowane od ziemi. Jeden z zacisków wyjściowych napięcia probierczego jest na potencjale PE. Na rysunek 6 przedstawiono próbnik API 5006A.



Rysunek 6. Wygląd próbnika API 5006A (z funkcją ustawiania czasu próby)

Próbniki rodziny API 5000 i API 5002 w stosunku do rodziny API 5005 i API 5006 są bardziej złożonymi wyrobami. Wyposażone są w zewnętrzną lampę ostrzegawczą, wyłącznik nożny wyzwalania cyklu probierczego lub włączenia napięcia probierczego, gniazda podłączenia blokad zewnętrznych oraz zabezpieczony wyłącznik blokady

Oprócz wykonań standardowych próbniki API 5002, API 5005 i API 5006 są wykonywane w opcjach:

- z wbudowanym przekaźnikiem czasowym pozwalającym na precyzyjne i powtarzalne ustawienie czasu próby ,

- z wbudowanym układem realizującym funkcję przepalania; funkcja przepalania jest szczególnie przydatna do lokalizacji miejsca przebicia izolacji.

OBR ME „METROL” wykonuje również próbniki wg specjalnych wymagań klientów np. do sprawdzania wytrzymałości elektrycznej izolacji w linii wytwarzania przewodów jednożyłowych. W tym wykonaniu próbnik wyposażono w interfejs RS 485 w celu umożliwienia rejestracji wartości napięcia probierczego i wystąpieniu ewentualnych przebiegów w systemie komputerowym sterującym. Jedną z elektrod próbnika połączono z potencjałem ziemi. Przykładem wykonania specjalnego może być próbnik API5004 wykonany na potrzeby górnictwa o napięciu probierczym 2.5 kV i znamionowym prądzie probierczym 1000 mA.

Uzupełnieniem rodziny próbników wytrzymałości elektrycznej izolacji jest specjalny zaprojektowany kilowoltomierz DWN6. Przedstawiono go na rysunek 7.



Rysunek 7. Wygląd kilowoltomierza DWN6

3. TESTERY POMIARU REZYSTANCJI PRZEWODÓW OCHRONNYCH.

Następnym parametrem podlegającym badaniom związanych z bezpieczeństwem użytkowania jest rezystancja przewodów ochronnych.

W OBR ME „METROL” opracowano i wdrożono rodzinę miliomierzy przeznaczonych do pomiaru ww. parametru. Produkowane miliomierze w zakresie parametrów spełniają wymagania norm dotyczących bezpieczeństwa użytkowania.

Rodzina miliomierzy obejmuje wykonania:

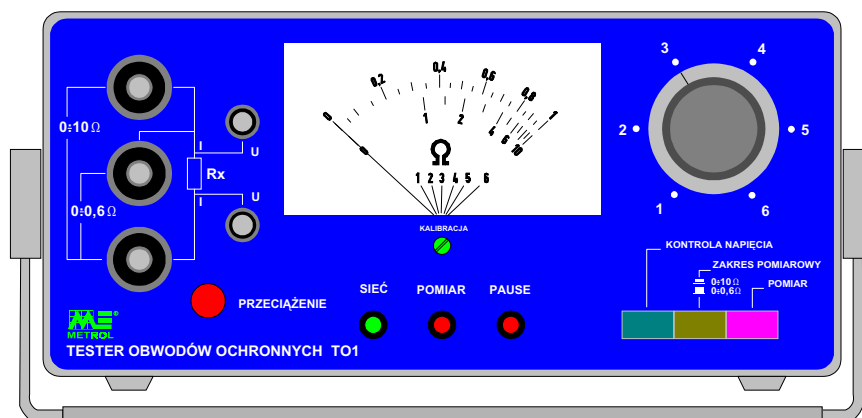
- tester obwodów ochronnych TO1
- tester obwodów ochronnych TO2
- miliomierz ZK 1.

Urządzenia te przeznaczone są do pomiaru metodą czteroprzewodową małych rezystancji z przeznaczeniem dla pomiarów:

- rezystancji przewodów ochronnych urządzeń i aparatury elektrycznej, elektronicznej, elektronarzędzi i sprzętu gospodarstwa domowego zgodnie z wymogami norm na bezpieczeństwo wyrobów: PN-EN 60335 – 1:2003(U), PN-EN 60950:2002(U), PN-EN 61010-1:2004.

- rezystancji przewodów uziemiających i wyrównawczych w budownictwie zgodnie z normą: PN-EN 61557 – 4:2003.
- w innych zastosowaniach wszędzie tam gdzie przy małych wartościach rezystancji wymagany jest duży prąd pomiarowy.

Tester TO1 jest przenośnym miliomierzem prądu przemiennego o wartości prądu pomiarowego > 25 A przy $R_x = 100$ m Ω . Wartość mierzonej rezystancji wskazywana jest na mierniku analogowym na jednym z wybranych zakresów $0 \div 0.6$ Ω lub $0 \div 10$ Ω . Błąd pomiaru $\pm 5\%$ w.z. Jego wygląd przedstawiono na rysunek 8.



Rysunek 8. Tester obwodów ochronnych TO1

Tester obwodów ochronnych TO2 przedstawiony został na rysunek 9.



Rysunek 9. Tester obwodów ochronnych TO2

W testerze TO2 prąd pomiarowy jest regulowany w sposób płynny w zakresie $1 \div 25$ A przy rezystancji $R_x < 120$ m Ω . Wartość prądu pomiarowego i wartość rezystancji wyświetlana jest na dwóch wyświetlaczach systemu pomiarowo-sterującego. Zakres pomiaru rezystancji $1 \div 2000$ m Ω . Dokładność pomiaru rezystancji

- w zakresie $1 + 1000$ m Ω . $\pm (1 \% \text{ w.m. } \pm 2D)$
- w zakresie $1001 + 2000$ m Ω $\pm (2 \% \text{ w.m. } \pm 2D)$
- w zakresie $2001 + 9999$ m Ω . (niedefiniowana)

Dokładność pomiaru prądu $\pm (0.5 \% \text{ w.z } \pm 2D)$

Wynik pomiaru można zarejestrować na zewnętrznej drukarce termicznej.

Miliomierz ZK1 jest miliomierzem prądu stałego przeznaczonym do pomiaru rezystancji przewodów ochronnych oraz do pomiaru rezystancji zestawów kołowych wagonów. Wartość rezystancji i wartość prądu pomiarowego wyświetlana jest na wyświetlaczu systemu pomiarowo-sterującego. Prąd pomiarowy jest prądem stałym stabilizowanym regulowanym w zakresie $1 \div 25$ A przy rezystancji $R_x < 120$ m Ω , przy rezystancji $R_x > 120$ m Ω , maksymalny prąd pomiarowy jest prądem wynikowym (napięcie rozwarcia 5 V DC).

Zakres pomiaru rezystancji $1 \div 1000$ m Ω .

Dokładność pomiaru rezystancji $\pm (1\% \text{ w.m.} \pm 2D)$.

Wynik pomiaru może być zarejestrowany na zewnętrznej drukarce termicznej. Wygląd miliomierza ZK1 pokazano na rysunek 10.



Rysunek 10. Miliomierz ZK1.

Przykład wydruku protokołu pomiarowego przedstawiono na rysunek 11.

```
*****  
WYDRUK BIEŻĄCY NR 21  
POMIAR REZYSTANCJI  
  
DATA: 01.01.04   CZAS: 11:32'  
WYNIK POMIARU: 98 m $\Omega$   
PRĄD POMIAROWY: 20,00 A  
NUMER OBIEKTU: 000 000 000  
NUMER OPERATORA: 000  
WYNIK PRÓBY: POZYTYWNY.  
*****
```

Rysunek 11. Wydruk protokołu pomiarowego miliomierza ZK 1.

4. TESTER PRĄDU UPŁYWU.

Kolejnym przyrządem wchodzącym do kompletu aparatury służącej do badania parametrów bezpieczeństwa wyrobów jest tester do badania prądu upływu typu TPU1.

Tester przewidziany jest do pomiaru prądu upływu pomiędzy obwodami elektrycznymi wewnątrz urządzenia, a jego obudową zarówno w stanie zimnym jak i nagrzanym.

W stanie zimnym można mierzyć prąd upływu niezależnie od mocy znamionowej badanego wyrobu. W stanie nagrzanym można mierzyć prąd upływu w wyrobach o mocy znamionowej do 500 VA. Przy większych mocach konieczny jest zewnętrzny transformator zasilający.

Parametry techniczne testera są następujące:

- napięcie pomiarowe przemienne jednofazowe
- regulowane w granicach $0 \div 270 \text{ V}, 50 \text{ Hz}$
- moc transformatora separującego 500 VA
- pomiar napięcia w zakresie $0 \div 500.0 \text{ V}$
- dokładność pomiaru napięcia $\pm (1\% \text{ w.m.} \pm 2D)$
- zakres pomiaru prądu upływu $0 \div 9.999 \text{ mA}$
- dokładność pomiaru prądu $\pm (1\% \text{ w.m.} \pm 2D)$
- nastawiany próg przekroczenia prądu upływu $0.001 \div 9.999 \text{ mA}$
- nastawiany czas pomiaru $1 \div 99 \text{ sek}$
- współpraca z drukarką termiczną poprzez interfejs RS 232
- napięcie zasilania drukarki $9 \text{ V}, 50 \text{ Hz}$

Widok testera przedstawiono na rysunek 12.



Rysunek 12. Tester prądu upływu TPU1.

Zasadniczym elementem testera jest system pomiarowo-sterujący oparty na bazie miernika NTW7. System mierzy i wyświetla wartości prądu i napięcia oraz steruje cyklem pomiarowym wg zaprogramowanego programu.

Przełącznik testera opisany TRYB POMIARU umożliwia pomiar w trybie A1 i A2.

Przełącznikiem opisany ZASILANIE wybiera się zasilanie z transformatora wewnętrznego lub zewnętrznego. Przy pomiarze prądu upływu urządzenia zasilanego z źródła zewnętrznego.

Klawiatura systemu pomiarowego umożliwia programowanie i uruchomienie cyklu pomiarowego z uwzględnieniem:

- numeru badanego obiektu,

- numeru operatora,
- czasu próby,
- ustawienia granicy przekroczenia prądu upływu,
- ustawienia numeru kolejnej próby,
- daty,
- czasu.
- wydruku wyników pomiarów.

5. POMIAR REZYSTANCJI IZOLACJI.

Pomiary rezystancji izolacji służą do określenia stanu izolacji instalacji i odbiorników energii elektrycznej. Stan izolacji ma decydujący wpływ na bezpieczeństwo obsługi i prawidłowe funkcjonowanie urządzeń. W czasie normalnej eksploatacji, izolacja starzeje się na wskutek narażeń: termicznych, mechanicznych, elektrycznych, chemicznych oraz zanieczyszczeń samego środowiska.

Systematyczne przeprowadzanie odpowiednich badań umożliwia wykrycie pogorszenia stanu izolacji i jest stałym elementem programu prac kontrolno-pomiarowych w instalacjach elektrycznych.

OBR ME METROL przy współpracy z firmą ERA GOST zaprojektowali i wdrożyli do produkcji rodzinę mierników izolacji: EMI-1000C, EMI-2500C, EMI-5000C. Przyrządy te są urządzeniami przenośnymi o zasilaniu bateryjnym gdzie komplet baterii wystarcza na dokonanie ok. 2000 typowych pomiarów rezystancji izolacji ISO.

Miernikami rodziny EMI można dodatkowo mierzyć następujące parametry elektryczne:

- napięcia stałe,
- napięcia sinusoidalnie przemiennego,
- rezystancja przejścia przy prądzie pomiarowym 200 mA.

Przyrządy te wyposażone są dodatkowo w następujące funkcje:

- automatyczna zmiana zakresu pomiarowego dla pomiarów rezystancji izolacji,
- sygnalizacja prawidłowego nominalnego napięcia wyjściowego,
- sygnalizacja niebezpiecznego nominalnego napięcia na zaciskach wejściowych,
- rozładowanie pojemności mierzonego obiektu po zakończeniu pomiaru rezystancji izolacji,
- automatyczna kontrola stanu baterii
- zapamiętywanie wyników pomiarów ISO po 15 i 60s służące do obliczenia współczynników do obliczenia absorpcji mówiące o stanie zużycia parametrów izolacji
- zabezpieczenie zakresu rezystancji przejścia przed przypadkowym podłączeniem napięcia 400 V_{sk}.

W skład rodziny mierników EMI wchodzi trzy typy mierników różniące się między sobą napięciami pomiarowymi przy pomiarze rezystancji izolacji ISO:

- EMI-1000 – o napięciach pomiarowych: 1000 V, 500 V, 250 V i 100 V,
- EMI-2500 – o napięciach pomiarowych: 2,5 kV, 1 kV, 500 V i 250 V,
- EMI-5000 – o napięciach pomiarowych: 5 kV i 2,5 kV.

Podstawowe parametry pomiarowe mierników są następujące:

- zakres pomiarów rezystancji izolacji 0 ... 20 GΩ rozdzielony na cztery podzakresy 0...20 MΩ, 20 MΩ...200 MΩ, 200 MΩ...2 GΩ, 2 GΩ...20 GΩ wybierane automatycznie przy dokładności pomiarów ±(3% + 5cyfr) z rozładowaniem obiektu po zakończeniu pomiarów tzw. funkcja DISCHARGE
- zakres pomiaru napięć stałych i przemiennych 1000 V ±1% o rezystancji wejściowej woltomierza 2 MΩ,

- zakres pomiaru rezystancji przejścia $20 \Omega \pm 1\%$ przy prądzie pomiarowym 200 mA dla dwóch polaryzacji prądu pomiarowego wybieranych przełącznikiem.

Na rysunkach 13, 14 i 15 przedstawiono wygląd mierników rodziny EMI



Rysunek 13. Widok miernika EMI-1000C.



Rysunek 14. Widok miernika EMI-2500C.



Rysunek 15. Widok miernika EMI-5000C.

6. PERSPEKTYWY ROZWOJU

Jak uprzednio wspomniano produkowane przez OBR „METROL” urządzenia są aparaturą autonomiczną do badania jednego parametru. Zaspokajają to potrzeby małych i średnich firm gdzie czas sprawdzenia parametrów bezpieczeństwa nie jest czynnikiem istotnym.

Większe przedsiębiorstwa produkujące wyroby na taśmach lub w technologii gniazdowej zgłaszają zapotrzebowanie na aparaturę zintegrowaną, która umożliwiłaby:

- identyfikację badanego wyrobu,
- szybkie i kompleksowe badanie wszystkich parametrów bezpieczeństwa użytkownika,
- obróbki i wydruku zmierzonych parametrów.
- maksymalny czas całego cyklu pomiarowego łącznie z obróbką wyników ≤ 10 sek,
- sterowanie cyklem pomiarowym wewnętrznym systemem sterującym lub z zastosowaniem komputera zewnętrznego.

Zestaw zintegrowanej aparatury probierczej byłby zasadniczym elementem specjalnych urządzeń probierczych do szybkich badań wyrobów na bezpieczeństwo użytkownika.

Tak zdefiniowany cel wymaga:

- unifikacji mechanicznej poszczególnych zespołów,
- opracowania wewnętrznego autonomicznego systemu sterującego oraz systemu sterowania komputerem,
- rozwiązania układów szybkiej nastawy napięcia probierczego,
- rozwiązania układów szybkiej nastawy prądu przy pomiarze rezystancji przewodów ochronnych.

LITERATURA

- [1] Katalog wyrobów firmy KIKUSUI, ELECTRONICS CORP.
- [2] Instrukcja obsługi urządzenia testującego parametry bezpieczeństwa EEHV z Tipturn E, firmy ET Testsysteme GmbH.
- [3] Instrukcje obsługi przyrządów do badania sprzętu elektrycznego FULLTEST HT 4050 firmy TOMTRONIX
- [4] Instrukcja obsługi urządzenia do testowania parametrów bezpieczeństwa MG SERIES firmy SEFELEC.
- [5] Opracowanie firmy CTH MERAZET – Pomiary parametrów bezpieczeństwa urządzeń elektrycznych
- [6] Normy: PN-EN 61010-1:1999, PN-EN 61010-1:2004 (U) Wymagania bezpieczeństwa elektrycznych przyrządów pomiarowych, automatyki i urządzeń laboratoryjnych.
- [7] Norma PN-EN 60335-1:2004 Elektryczny sprzęt do użytku domowego i podobnego. Bezpieczeństwo użytkownika. Cz. 1: Wymagania ogólne.
- [8] Norma PN-60950 – 1: 2004 (U) Urządzenia techniki informatycznej. Bezpieczeństwo. Cz. 1: Wymagania podstawowe.
- [9] Norma PN-88/E-08400/10 Urządzenia ręczne o napędzie elektrycznym. Badania kontrolne w czasie eksploatacji.
- [9] Norma PN-EN 61557 – 4:2003 Badania przewodów uziemiających i wyrównawczych w budownictwie
- [10] Dokumentacje wyrobów opracowanych w OBR ME METROL: API 5000, API 5002, API 5005, API 5006, DWN6, TO1, TO2, ZK1, TPU1, EMI 1000, EMI 2500, EMI 5000.