

Krzysztof PACHOLSKI¹, Artur SZCZĘSNY¹, Wojciech PIERZGALSKI²

¹ POLITECHNIKA ŁÓDZKA, INSTYTUT ELEKTROTECHNIKI TEORETYCZNEJ METROLOGII I MATERIAŁOZNAWSTWA

² INSTYTUT ELEKTROTECHNIKI ODDZIAŁ METROLOGII I AUTOMATYKI METROL

Modułowy tester elektrycznych parametrów bezpieczeństwa elektromechanicznego sprzętu do użytku domowego i przemysłowego

Prof. dr hab. inż. Krzysztof PACHOLSKI

W 1977 roku otrzymał stopień mgr w dziedzinie Elektrotechnika, w 1986 tytuł dr n.t. następnie w 2003 roku tytuł dr hab. Obecnie pracuje na stanowisku profesora nadzwyczajnego w Instytucie Elektrotechniki Teoretycznej, Metrologii i Materiałoznawstwa Politechniki Łódzkiej. Jest kierownikiem Zakładu Metrologii Elektrycznej i Elektrotechniki Samochodowej. W pracy naukowej zajmuje się między innymi oceną wpływu sygnałów odkształconych na właściwości metrologiczne przetworników pomiarowych wielkości elektrycznych.



e-mail: krzyspac@p.lodz.pl

Dr inż. Artur SZCZĘSNY

Ukończył 5-cio letnie studium magisterskie na Wydziale Elektrotechniki i Elektroniki Politechniki Łódzkiej, w specjalności Automatyka i Metrologia Elektryczna. W roku 2008 obronił pracę doktorską. Obecnie pracuje w Instytucie Elektrotechniki Teoretycznej, Metrologii i Materiałoznawstwa Politechniki Łódzkiej. Tematem jego pracy naukowej jest zastosowanie elektronicznych przekładników prądowych do przetwarzania sygnałów odkształconych.



e-mail: aszczesny@o2.pl

Mgr inż. Wojciech PIERZGALSKI

Studia wyższe ukończył na Wydziale Elektrycznym Wyższej Szkoły Inżynierskiej w Zielonej Górze, studia podyplomowe na Wydziale Elektrycznym Politechniki Wrocławskiej. Obecnie pracuje w Instytucie Elektrotechniki Oddział Metrologii i Automatyki METROL na stanowisku Głównego Konstruktora. Obszar szczególnych zainteresowań obejmuje cyfrowe przyrządy pomiarowe wielkości elektrycznych.



e-mail: W.Pierzgalski@metrol.pl

Streszczenie

Aktualnie produkowane systemy pomiarowe przeznaczone do wyznaczenia elektrycznych parametrów bezpieczeństwa nie pozwalają na wyznaczenie ich wartości podczas pracy badanego urządzenia. Wady tej nie ma system prezentowany w niniejszym artykule. Inną cenną zaletą tego systemu jest możliwość badania odbiorników jednofazowych i trójfazowych o mocy zawartej w przedziale od 0.1 do kilkudziesięciu kW. System pomiarowy tworzą będą niezależne moduły (przyrządy), za pomocą których wyznaczyć można każdy z parametrów oddzielnie, zarówno dla całego testowanego urządzenia, jak i dla wybranych jego podzespołów. Konfigurację systemu określał będzie jego użytkownik łącząc wybrane moduły z blokiem sterującym.

Słowa kluczowe: elektryczne parametry bezpieczeństwa, pomiar prądu i napięcia.

Modular tester of electric safety parameters of electromechanical equipment for home and industry use

Abstract

Currently produced measuring systems dedicated to determine electric safety parameters do not allow to determine their values during the tested device operation. The system presented in this paper does not possess this disadvantage. Another important advantage of the system is possibility to examine single- and three-phase receivers of power from 0.1 kW to a few dozen kW. The measuring system consists of independent modules (instruments) by means of which you can determine each of the parameters separately for the whole tested device or for just some of its components. The configuration can be customized by a user who can connect selected modules with a control unit.

Keywords: electric safety parameters, current and voltage measuring.

1. Wstęp

W końcowym etapie produkcji elektromechanicznego sprzętu powszechnego użytku, oprócz parametrów użytkowych oraz parametrów energetycznych, kontrolowane są wartości elektrycznych

parametrów bezpieczeństwa. Parametrami tymi są:

- rezystancja obwodu ochronnego,
- rezystancja izolacji,
- prądy upływu izolacji,
- elektryczna wytrzymałość izolacji.

Sprawdzenie rezystancji obwodu ochronnego ma na celu ocenę ciągłości oraz poprawności połączeń przewodów ochronnych urządzenia. Jest to główny warunek bezpiecznej eksploatacji odbiorników energii elektrycznej, pod względem porażeniowym. Urządzenia elektromechaniczne powszechnego użytku wykonuje się najczęściej jako odbiorniki I klasy ochronności. Pomiar rezystancji izolacji takich odbiorników musi być wykonany przy napięciu stałym 500-700V [4, 5, 6, 10].

Sprawdzenie elektrycznej wytrzymałości izolacji odbiorników energii elektrycznej ma na celu wykrycie zbyt małych odstępów izolacyjnych w konstrukcji urządzenia lub wykrycie źle dobranych materiałów izolacyjnych.

2. Koncepcja układów pomiarowych testera

Znanych jest szereg urządzeń zaliczanych do wydzielonej grupy testerów parametrów bezpieczeństwa, za pomocą których realizować można pomiary i testowanie odbiorników energii elektrycznej bezpośrednio na linii montażowej. Producentami tych testerów, o określonych walorach funkcjonalnych, są między innymi firmy: ELABO [5], MEGGER-AVO International [4], IEL OMIA METROL [9] oraz ET Testsysteme GmbH.[6]. Wspólną wadą urządzeń testujących produkowanych przez wymienionych producentów jest ograniczona moc poddawanych próbom testowym odbiorników elektrycznych lub elektromechanicznych, która nie może być większa od 6 kW.

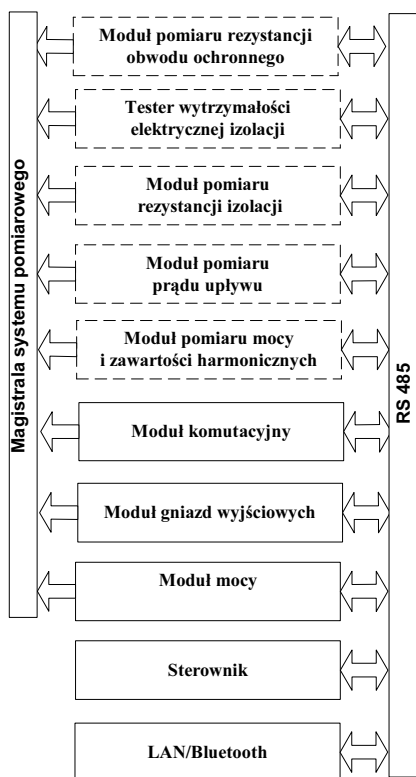
W roku 2001 w Instytucie Podstaw Elektrotechniki, Metrologii i Materiałoznawstwa Politechniki Łódzkiej, na zlecenie Łódzkich Zakładów Metalowych LOZAMET, opracowano i wykonano tester elektrycznych parametrów bezpieczeństwa odbiorników dużej mocy. Prototyp testera wdrożono do praktyki przemysłowej w ŁZM LOZAMET w roku 2002 i jest do dziś wykorzystywany w badaniach wyrobów produkowanych przez ten zakład. Tester ten jest przystosowany do badania obiektów o mocy od 0.1 do 66KW zasilanych z linii jednofazowych 1N 230V, 50Hz i 1N 110V, 60Hz oraz linii trójfazowej 3N 230/400V, 50Hz. W trakcie pomiaru parametrów energetycznych wyznaczane mogą być wartości skuteczne napięć i prądów sieci zasilającej oraz składowe mocy pobieranej przez badany odbiornik. Ocena elektrycznych parametrów bezpieczeństwa obejmuje pomiar rezystancji obwodu ochronnego, oraz pomiar rezystancji i prądów upływu izolacji. Badana jest również wytrzymałość elektryczna izolacji. Zakres oraz sposób wyznaczania elektrycznych parametrów bezpieczeństwa jest zgodny z normą PN-EN-60335-1.

Analiza przyjętej struktury układu pomiarowego, konstrukcji poszczególnych jego elementów oraz przyczyn uszkodzeń występujących podczas eksploatacji prototypu testera wskazuje, że znacznie lepsze właściwości eksploatacyjne i użytkowe można uzyskać, gdy zastosowany tam tester Tipturn E500 będzie zastąpiony autonomicznymi modułami pomiarowymi (tzw. TEST-BOXami) przeznaczonymi odpowiednio do pomiaru rezystancji obwodu ochronnego, badania wytrzymałości elektrycznej izolacji, pomiaru rezystancji izolacji oraz do pomiaru prądu upływu w izolacji.

W skład nowego testera (rys. 1) wchodzić będą moduły pomiarowe t.j.:

- 1) moduł pomiaru rezystancji obwodu ochronnego,
- 2) moduł pomiaru rezystancji izolacji,
- 3) moduł pomiaru prądu upływu,
- 4) tester wytrzymałości elektrycznej izolacji,
- 5) moduł pomiaru mocy i zawartości harmonicznych.

Zestaw wymienionych modułów użytkownik wykonanego prototypu modułowego testera parametrów bezpieczeństwa będzie mógł kompletować, odpowiednio do wymagań badawczych określanych minimalnymi warunkami bezpieczeństwa eksploatacyjnego obiektu badań.



Rys. 1. Schemat blokowy testera modułowego
Fig. 1. Block diagram of a modular tester

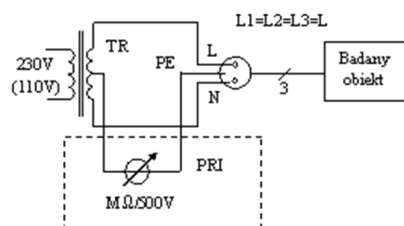
Jedynym uznanym krajowym producentem aparatury pomiarowej przeznaczonej do wyznaczania parametrów bezpieczeństwa elektrycznego i elektromechanicznego sprzętu do użytku domowego i przemysłowego jest Instytut Elektrotechniki Oddział Metrologii i Automatyki METROL w Zielonej Górze. Przyrządy pomiarowe tam produkowane ze względu na jakość wykonania, właściwości metrologiczne oraz ceny mogą skutecznie konkurować z analogicznymi przyrządami produkowanymi obecnie przez firmy ELABO [5] i ET Testsysteme GmbH [6]. Z tego względu, przedstawione na rys. 1, moduły pomiarowe oraz pozostałe elementy modułowego testera elektrycznych parametrów bezpieczeństwa zostaną w budowanym prototypie opracowane i wykonane przy wykorzystaniu potencjału wytwórczego IEL OMiA METROL.

W odróżnieniu od pięciu modułów pomiarowych takie elementy jak: moduł komutacyjny, moduł mocy, moduł gniazd wyjściowych oraz sterownik stanowią część centralną dla nowego testera – „serce” i „mózg”. Zadaniem sterownika jest realizacja programu badań określonego z jednej strony konfiguracją zestawu pomiarowych TEST-BOXów, z drugiej zaś strony definiuje on tryb pracy testera, który będzie mógł funkcjonować w cyklu automatycznym, półautomatycznym lub ręcznym. Cyfrowe sygnały wyjściowe sterownika, umożliwiając za pośrednictwem bloku komutacyjnego łączyć wyjścia pomiarowe poszczególnych TEST-BOXów z blokiem gniazd wyjściowych, do którego dołączany jest obiekt badań. Obiekty w trakcie wyznaczania parametrów bezpieczeństwa zasilane są przez moduł mocy zawierający transformator, którego moc dobrana jest odpowiednio do mocy badanych urządzeń.

Układy pomiarowe za pośrednictwem, których modułowy tester parametrów bezpieczeństwa wyznaczał będzie wartości elektrycznych parametrów bezpieczeństwa będą realizowały pomiary zgodnie z wymaganiami normy PN-EN-60335-1 [8].

W czasie wyznaczania elektrycznych parametrów bezpieczeństwa przewody linii zasilających L1, L2 i L3 urządzeń trójfazowych są zwarte. Dzięki temu za pomocą testera będzie można badać zarówno odbiorniki wyposażone w silniki asynchroniczne, jak i odbiorniki z trójfazowymi elementami grzejnymi. Na schematach przedstawionych poniżej podano wartości probierczych sygnałów prądowych i napięciowych, które dotyczą badań testowych dla odbiorników I klasy ochronności.

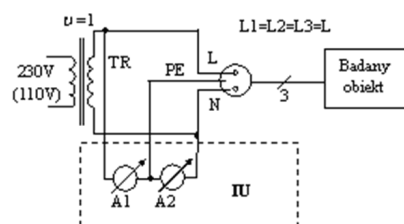
Konfigurację układu modułu przeznaczonego do pomiaru rezystancji izolacji, przedstawia rys. 2.



Rys. 2. Układ do pomiaru rezystancji izolacji
Fig. 2. Circuit for measuring the isolation resistance

W trakcie pomiaru stałe napięcie probiercze o wartości 500V włączone jest pomiędzy środkowy odczep transformatora separującego TR oraz przewód ochronny PE urządzenia. Czas pomiaru wyznaczany jest automatycznie i równy jest 60s. Moduł pomiarowy zastosowany w układzie nowego testera pozwala na określenie dolnej i górnej granicy zakresu pomiaru mierzonej rezystancji. W trakcie badań wartość mierzonej rezystancji izolacji musi mieścić się w przedziale od 2 do 10MΩ. Dolną granicę tego przedziału wyznaczają wymagania normy PN-EN-60335-1 [8]. Ograniczenie od góry zakresu mierzonej rezystancji pozwala na kontrolę prawidłowego podłączenia badanego urządzenia do stanowiska pomiarowego. W przypadku nieciągłości układu pomiar będzie automatycznie przerywany.

Do wyznaczania prądu upływu izolacji wykorzystany będzie moduł, którego działanie wyjaśnia układ z rys. 3.



Rys. 3. Układ do pomiaru prądu upływu izolacji
Fig. 3. Circuit for measuring the leakage current

Prąd upływu mierzony jest:

- pomiędzy przewodem linii L oraz przewodem ochronnym PE (próba A1 - I_{A1}),
- pomiędzy przewodem neutralnym N oraz przewodem ochronnym PE (próba A2 - I_{A2}).

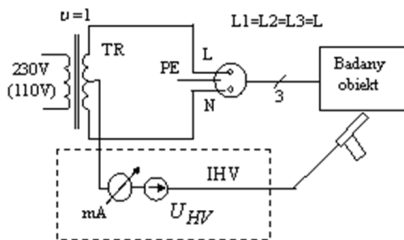
W układzie z rys. 3 obiekt badany zasilany jest napięciem fazowym U_f sieci zasilającej. Pomiar prądów upływu izolacji musi być realizowany przy napięciu zasilającym w/w obiekt równym 1.06 napięcia znamionowego U_N ($U_N = 230V, 50Hz$ lub $110V/60Hz$) [10]. Z tego względu zmierzone, za pomocą testera, prądy upływu I_{A1} oraz I_{A2} przeliczane są przez sterownik na wartość znamionową wg zależności:

$$I_{A1N}(I_{A2N}) = I_{A1}(I_{A2}) \cdot \frac{1.06 \cdot U_N}{U_f} \quad (1)$$

Zgodnie z normą PN-EN-60335-1 [8], dla odbiorników wykonanych w I klasie ochronności, $I_{A1N}, I_{A2N} \leq 3.5mA$ [10]. Czas pomiaru prądów upływu izolacji równy jest 5s.

Taki sposób wyznaczania prądu upływu stosowany jest również w przyrządach pomiarowych wielu firm np. ELABO [5], MEGGER-AVO International [4] oraz ET Testsysteme GmbH.[6].

Elektryczna wytrzymałość izolacji sprawdzana będzie w układzie pomiarowym przedstawionym na rys. 4.



Rys. 4. Układ do sprawdzania elektrycznej wytrzymałości izolacji
Fig. 4. Circuit for checking the isolation electric strength

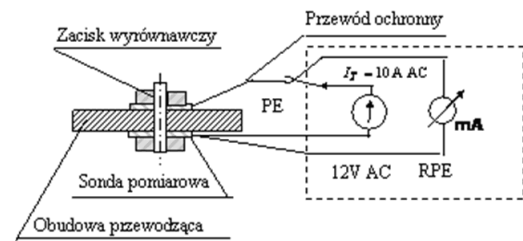
Podczas badań przemienne napięcie probiercze U_{HV} (np. o wartości skutecznej 1250V [8]) włączone jest pomiędzy środkowy odczep transformatora separującego TR oraz obudowę urządzenia. Czas trwania próby równy jest 60s. Podczas badań wyznaczana jest wartość prądu upływu I_{HV} . Ponieważ wartość tego prądu mierzona jest, gdy badany obiekt zasilany jest napięciem U_f , to wyznaczony prąd I_{HV} sterownik przelicza na wartość znamionową I_{HVN} , występującą przy znamionowym napięciu U_N sieci zasilającej:

$$I_{HVN} = I_{HV} \cdot \frac{U_N}{U_f} \quad (2)$$

Próba ma wynik pozytywny, jeśli prąd upływu ma wartość $I_{HVN} \leq 25mA$.

Rezystancja obwodu ochronnego wyznaczana jest w tzw. czteropunktowym układzie pomiarowym – rys. 5.

W układzie z rys. 5 rezystancja obwodu ochronnego PE mierzona jest pośrednio. Zamiast rezystancji mierzony jest spadek napięcia na odcinku przewodu ochronnego, pomiędzy gniazdem i zaciskiem wyrównawczym, gdy przez ten przewód przepływa prąd przemienny o wartości skutecznej I_T (np. o wartości 10A wg PN-EN-60335-1). Rezystancja prawidłowo wykonanego obwodu ochronnego badanego urządzenia musi być mniejsza lub równa 100mΩ.



Rys. 5. Czteropunktowy pomiar rezystancji obwodu ochronnego
Fig. 5. Four-point PE resistance test

3. Podsumowanie

Wykonanie układów pomiarowych modułowego testera elektrycznych parametrów bezpieczeństwa elektromechanicznego sprzętu do użytku domowego i przemysłowego stanowi ważny etap w przygotowaniu produkcji nowego asortymentu grupy urządzeń wytwarzanych dotychczas przez Instytut Elektrotechniki Oddział Metrologii i Automatyki METROL w Zielonej Górze, a zaliczanych do rodziny testerów parametrów bezpieczeństwa. Uzyskane wyniki prac badawczych i projektowych związane z tym opracowaniem i wykonaniem modeli laboratoryjnych modułów będą stanowiły podstawę przyjęcia docelowych rozwiązań układów pomiarowych dla prototypu wieloparametrowego testera bezpieczeństwa. Ponadto możliwe będzie wprowadzenie tych sprawdzonych rozwiązań do innych jednostek specjalizowanych, głównie urządzeń zamawianych jednostkowo oraz testerów technologicznych projektowanych indywidualnie odpowiednio do potrzeb zautomatyzowanych linii montażowych.

4. Literatura

- [1] Pacholski K., Gozdur R.: Stanowisko do pomiaru elektrycznych parametrów bezpieczeństwa odbiorników dużej mocy. Materiały IV Konferencji Naukowej „Systemy Pomiarowe w Badaniach Naukowych i w Przemśle”, Numer specjalny Przeglądu Elektrotechnicznego, czerwiec 2002r.
- [2] PN-EN61000-4-30:2003 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Część 4-30: Metody badań i pomiarów. Metody pomiaru jakości energii.
- [3] PN-EN 61000-4-7:2004 (U) Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Część 4-7: Metody badań i pomiarów. Ogólny przewodnik dotyczący pomiarów harmonicznych i interharmonicznych oraz stosowanych do tego celu przyrządów pomiarowych dla sieci zasilających i przyłączonych do nich urządzeń.
- [4] Instrukcja obsługi przyrządu typu PAT4DVF oraz katalog przyrządów firmy MEGGER-AVO International 2007r.
- [5] Katalog przyrządów i stanowisk pomiarowych firmy ELABO 2007r.
- [6] Katalog przyrządów firmy ET Testsysteme GmbH 2007r.
- [7] Pierzgański W.: Zastosowanie analizatorów parametrów sieci w rozproszonych systemach monitorowania jakości energii elektrycznej. VII Sympozjum pt.: Pomiary i Sterowanie w Procesach Przemysłowych; Zielona Góra, 15.12.2004r.
- [8] PN-EN 60335-1:2004 Elektryczny sprzęt do użytku domowego i podobnego. Bezpieczeństwo użytkowania. Część1: Wymagania ogólne.
- [9] Instrukcja obsługi miernika parametrów sieci typu MPS. Producent: Instytut Elektrotechnik Oddział Metrologii i Automatyki METROL w Zielonej Górze 2008r.
- [10] Markiewicz H.: Bezpieczeństwo w elektroenergetyce. WNT, Warszawa 2002.