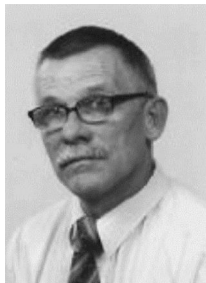


Krzysztof PACHOLSKI¹, Wojciech PIERZGALSKI², Michał SZAWELKO², Artur SZCZĘSNY¹

Politechnika Łódzka, Instytut Elektrotechniki Teoretycznej Metrologii i Materiałoznawstwa (1),
Instytut Elektrotechniki Oddział Metrologii i Automatyki METROL (2).

Wieloparametrowy tester elektrycznych parametrów bezpieczeństwa sprzętu elektromechanicznego**Dr hab. inż. Krzysztof PACHOLSKI, prof. PL**

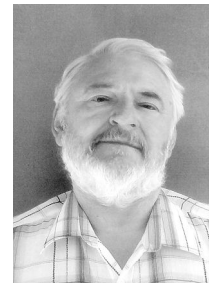
Jest pracownikiem Wydziału Elektrotechniki, Elektroniki Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej, obecnie zatrudniony jest na stanowisku profesora nadzwyczajnego w Zakładzie Metrologii Elektrycznej i Elektrotechniki Samochodowej. Jest autorem ponad 90 referatów i artykułów naukowych krajowych i zagranicznych. Główne zainteresowania naukowe to wpływ sygnałów okształconych na właściwości metrologiczne przetworników pomiarowych wielkości elektrycznych.

e-mail: kpacholski@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 w Zielonej Górze. Obszarem głównych zainteresowań są cyfrowe przyrządy pomiarowe wielkości elektrycznych tj. analizatory jakości energii elektrycznej i mierniki parametrów sieci przeznaczone do zastosowań w monitorowaniu wskaźników jakości energii elektrycznej.

e-mail: W.Pierzgalski@metrol.pl**Mgr inż. Michał SZAWELKO**

Ukończył studia magisterskie na Wydziale Metrologii i Automatyki Wyższej Szkoły Inżynierskiej w Zielonej Górze. Obecnie pracuje w Instytucie Elektrotechniki Oddział Metrologii i Automatyki METROL w Zielonej Górze. Zajmuje się projektowaniem przemysłowej aparatury pomiarowej wielkości elektrycznych i nieelektrycznych. Obszarem głównych zainteresowań są przyrządy przenośne do pomiarów w instalacjach elektrycznych i testery parametrów bezpieczeństwa urządzeń elektrycznych.

e-mail: M.Szawelko@metrol.pl**Dr inż. Artur SZCZĘSNY**

Urodził się w 1979 r. w Łodzi (Polska). Ukończył 5-cio letnie studia magisterskie na Wydziale Elektrotechniki i Elektroniki Politechniki Łódzkiej, w specjalności Automatyka i Metrologia Elektryczna. Obecnie pracuje w Instytucie Elektrotechniki Teoretycznej, Metrologii i Materiałoznawstwa P. Ł. Tematem jego zainteresowań i pracy naukowej jest zastosowanie elektronicznych przekładników prądowych do przetwarzania sygnałów okształconych.

e-mail: aszczesny@o2.pl**Streszczenie**

W artykule przedstawiono wymagania dotyczące metod badania i kryteriów oceny bezpieczeństwa sprzętu elektrycznego użytkowanego w gospodarstwach domowych i przemysłu. Zaprezentowano ponadto koncepcję nowego systemu pomiarowego przeznaczonego do wyznaczania wartości tych parametrów dla odbiorników jednofazowych i trójfazowych o mocy zawartej w przedziale od 0.1 do kilkudziesięciu kW. Przedstawiony system pomiarowy zbudowany jest z kilku niezależnych modułów (przyrządów), które można zastosować do pomiaru wybranych parametrów oddzielnie i zapewnić zgodność opracowanych metod pomiarowych z wymaganiami normy PN-EN 60335-1:2004. Jego konfigurację określał będzie użytkownik łącząc wybrane moduły z blokiem sterującym.

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

Multiparameters tester of electric safety the electromechanical equipment**Abstract**

In the article are describe the requirements which are relating with the methods of probes and with criteria of valuation of safety the electric equipment. This equipment is used in households and in the industry. It was also presented the conception of new measuring system designed to appointing the value of these parameters for single-phase and three-phase receivers at power contained in range from 0.1 to some kW. The presented of measuring system is built from several independent modules (instruments), which can be used to measurement of chosen parameters and to guaranteed the compatibility of elaborated measuring methods with requirements of standard PN - EN 60335-1:2004. The user can define the configuration of measuring system, connecting the chosen modules with controlling block.

Keywords: the electric safety parameters, the measurement of current and the voltage.

1. Wstęp

W poszczególnych fazach oraz w końcowym etapie produkcji elektromechanicznego sprzętu do użytku domowego i przemysłowego, oprócz parametrów użytkowych badanych urządzeń oraz ich elektrycznych parametrów energetycznych, kontrolowane są wartości podstawowych elektrycznych parametrów bezpieczeństwa [1]. Parametrami tymi są:

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

Sprawdzenie rezystancji obwodu ochronnego pozwala ocenić ciągłość oraz poprawność wykonania połączeń przewodów ochronnych badanego urządzenia. Jest to główny warunek bezpiecznej eksploatacji wszystkich odbiorników energii elektrycznej pod względem ochrony przeciwporażeniowej. Urządzenia elektromechaniczne do użytku domowego i przemysłowego wykonuje się najczęściej jako odbiorniki I klasy ochronności, a pomiar rezystancji izolacji dla takich odbiorników musi być wykonany przy napięciu stałym 500-700V [2,3,4,5]. Dla urządzeń elektromechanicznych wymagane jest także sprawdzenie elektrycznej wytrzymałości izolacji odbiornika, oraz ocena dobranych materiałów izolacyjnych. Aby ocena jakości zastosowanych materiałów izolacyjnych w badanych urządzeniach była właściwa, to wykonywane jest w tym celu sprawdzenie prądu upływu.

2. Koncepcja układu nowego testera

Znanych jest szereg urządzeń uniwersalnych zaliczanych do wydzielonej grupy testerów za pomocą których realizować można pomiary parametrów bezpieczeństwa odbiorników energii elektrycznej bezpośrednio na linii montażowej. Producentami takich urządzeń, o określonych walorach funkcjonalnych, są między innymi firmy: ELABO [3], MEGGER-AVO International [2], IEL OMIA METROL [6] oraz ET Testsysteme GmbH [6]. Jednakże wspólną ich wadą jest ograniczona moc odbiorników

elektrycznych lub elektromechanicznych, które mają być poddawane próbom testowym, nie większa od 6 kW. W roku 2001 w Instytucie Podstaw Elektrotechniki Teoretycznej, 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 roku 2002 i jest on obecnie stosowany w badaniach wyrobów produkowanych przez ten zakład. W trakcie pomiaru parametrów energetycznych wyznaczane są wartości skuteczne napięć i prądów sieci zasilającej oraz składowe mocy pobieranej przez badany odbiornik. Badanie elektrycznych parametrów bezpieczeństwa obejmuje pomiar rezystancji obwodu ochronnego, oraz pomiar rezystancji i prądów upływu izolacji. Sprawdzana jest także wytrzymałość elektryczna izolacji. Zakres oraz sposób wyznaczania elektrycznych parametrów bezpieczeństwa jest w pełni zgodny z normą PN-EN-60335-1 [7]. Analiza zastosowanej struktury opracowanego 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 tester zawierać będzie odrębne autonomiczne moduły pomiarowe (tzw. TEST-BOXy). Od 2008 roku zespół pracowników Instytutu Elektrotechniki Teoretycznej, Metrologii i Materiałoznawstwa Politechniki Łódzkiej oraz Instytutu Elektrotechniki Oddziału Metrologii i Automatyki METROL podjął badania nad metodami i kryteriami oceny parametrów bezpieczeństwa sprzętu elektrycznego użytkowanego w gospodarstwach domowych i przemyśle z zastosowaniem takich modułów pomiarowych, które mogą być wykorzystane do badań kompleksowych w strukturze Wieloparametrowego Testera Bezpieczeństwa **WTB**, zgodnych z normą PN-EN-60335-1. Tester ten przeznaczony jest do międzyoperacyjnego oraz końcowego sprawdzania wyrobów zaklasyfikowanych do grupy sprzętu elektromechanicznego do użytku domowego i przemysłowego zgodnie z wymienionymi poniżej wymaganiami t.j.:

- 1) **Kompleksowość pomiarów** polegająca na wykonaniu pełnego testu przy jednokrotnym podłączeniu badanego urządzenia elektrycznego do testera – jest to cecha wymagana na końcu linii produkcyjnej.
- 2) **Uniwersalność podłączenia** wymaganą dla różnorodnego asortymentu urządzeń badanych. Jednym z podstawowych modułów jest komutator wyposażony w zestaw gniazd pomiarowo-zasilających dostosowanych do testowanych urządzeń.
- 3) **Rozpoznawanie badanych urządzeń**, np. czytnikiem kodów kreskowych, co jest niezbędne w produkcji potokowej i daje możliwość automatycznej zmiany procedury testowej odpowiednio do właściwości badanego urządzenia. Tester może wtedy obsługiwać całą grupę różnych wyrobów pochodzących z kilku linii produkcyjnych w kolejności ich przekazywania do testów końcowych.
- 4) **Dostępność katalogu procedur testowych** wraz z nastawami powiązanych z typem badanego urządzenia, co umożliwia uruchomienie danej procedury po podaniu typu urządzenia testowanego bez konieczności ręcznej nastawy parametrów.
- 5) **Automatyzacja procedur testowych** istotna dla usprawnienia procesu testowania wraz z wizualizacją procedur testowych – jeśli operacja taka jest wymagana przez użytkownika testera.
- 6) **Sygnalizacja stanów alarmowych** przez wprowadzenie do układu testera WTB grupy sygnałów blokujących jego działanie przy niespełnieniu kryteriów określających graniczne wartości

mierzonych parametrów oraz wymaganych zasad bezpieczeństwa przez użytkowników testera.

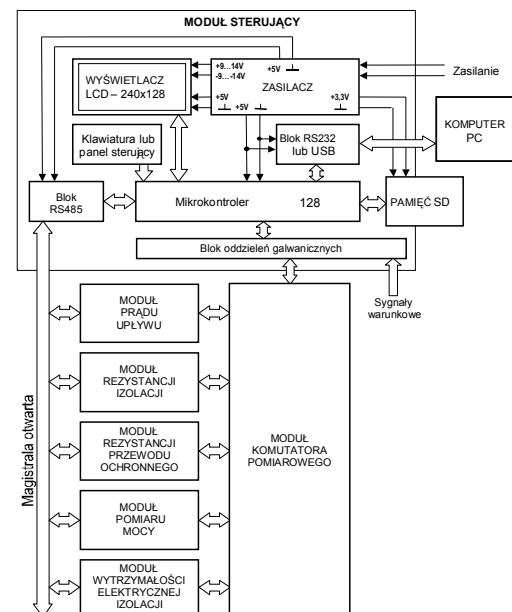
Konstrukcja poszczególnych modułów powinna umożliwiać swobodne kompletowanie podzespołów składowych testera WTB, odpowiednio do wymagań pomiarowych jego użytkowników. Po analizie tych wymagań, jako kryterium wykonawcze testera przyjęto moc badanych urządzeń. Zgodnie z tym kryterium możliwe jest wykonanie testera w trzech wariantach:

- dla urządzeń jednofazowych o mocy do 5 kW,
- dla urządzeń trójfazowych o mocy do 20 kW,
- dla urządzeń trójfazowych do 70 kW.

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

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

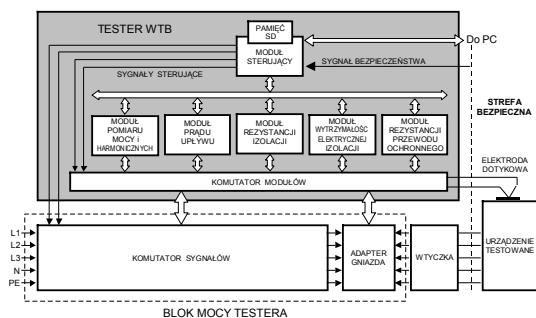
Taki zestaw modułów pomiarowych pozwoli użytkownikowi na samodzielną konfigurację testera odpowiednio do wartości parametrów określonych wymaganiami bezpieczeństwa eksploatacyjnego obiektów badań. Uznany krajowym producentem aparatury pomiarowej przeznaczonej do wyznaczania parametrów bezpieczeństwa 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 [3] i ET Testsysteme GmbH [4]. Z tego względu, przedstawione na rys.1, moduły pomiarowe oraz pozostałe podzespoły składowe dla wieloparametrowego testera elektrycznych parametrów bezpieczeństwa będą opracowane i wykonane przy wykorzystaniu potencjału wytwórczego IEL OMiA METROL



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

Pięć modułów pomiarowych przeznaczonych do pomiaru wartości parametrów bezpieczeństwa, stanowi wymienne wyposażenie opcjonalne testera, natomiast moduł komutatora pomiarowego oraz moduł sterujący są częścią centralną dla każdej jego konfiguracji. Zadaniem modułu sterującego (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 modułu sterującego, za pośrednictwem modułu komutatora pomiarowego łączą wyjścia pomiarowe poszczególnych modułów tj. TEST-BOXów z blokiem mocy, do którego dołączany jest obiekt badań (rys. 2). Obiekt ten w trakcie wyznaczania wartości elektrycznych parametrów bezpieczeństwa oraz energetycznych parametrów eksploatacyjnych zasilany jest przez moduł mocy zawierający transformator separujący, którego moc dobrana jest odpowiednio do mocy badanych urządzeń. Transformator ten jest integralnym podzestawem komutatora sygnałów bloku mocy testera – rys. 2.

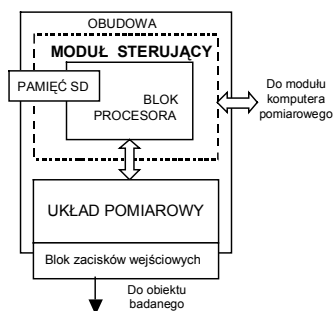


Rys. 2. Schemat połączenia testera z blokiem mocy obciążonym obiektem badań

Fig. 2. The connection diagram of the tester with the power block with the laden investigated object

Konfigurację komutatora sygnałów oraz adaptera z gniazdami do których dołączyć można badane urządzenia określa moc tych urządzeń oraz sposób ich zasilania. W czasie wyznaczania elektrycznych parametrów bezpieczeństwa linie zasilające 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.

Blok mocy, ze względu na możliwość występowania zakłóceń łączeniowych stanowi odrębny ekranowany blok testera. Blok ten sterowany jest za pomocą sterownika PLC typu S7 200, który określa sposób funkcjonowania i liczbę gniazd, w którą wyposażony jest jego adapter. Podobnie, jak układ testera moduły pomiarowe również mają budowę modułową (rys. 3). Jediną różnicą w ich konstrukcji jest struktura układu pomiarowego o konfiguracji uzależnionej od przeznaczenia modułu, tzn. od rodzaju mierzonego parametru bezpieczeństwa.



Rys.3. Schemat blokowy modułu pomiarowego
Fig.3. TOOL BOX block diagram

Strukturę układów pomiarowych, za pomocą których poszczególne moduły wyznaczają wartość odpowiedniego elektrycznego parametru bezpieczeństwa badanego obiektu autorzy artykułu przedstawili w pracy [11]. Właściwości tych układów określa norma [7]. Wartość prądu upływu izolacji oraz rezystancji izolacji mierzone są przy wykorzystaniu przewodów linii zasilającej odbiornik. Natomiast do pomiaru rezystancji

obwodu ochronnego oraz do określenia wytrzymałości elektrycznej izolacji wykorzystane muszą być dodatkowe sondy.

W trakcie pomiaru rezystancji obwodu ochronnego dodatkowa dwuprzewodowa sonda łączy tester z zaciskiem wyrównawczym urządzenia badanego, zamykając czteroprzewodowy układ pomiarowy mierzący wartość podanego parametru. Podczas sprawdzania elektrycznej wytrzymałości izolacji zadaniem dodatkowej sondy (elektrody dotykowej) jest doprowadzenie napięcia probierczego do metalowych części obudowy badanego urządzenia. Ponadto sonda ta wyposażona jest w dodatkowy włącznik przeznaczony do inicjowania pracy testera. Tester elektrycznych parametrów bezpieczeństwa (rys.1) może być także wyposażony w dodatkowy moduł do pomiaru mocy i zawartości harmonicznych prądów i napięć zasilających badanych odbiorników, który spełnia wymagania norm i opisów zawartych w publikowanych artykułach [8, 9, 10 i 11].

3. Podsumowanie

Wykonanie prototypu nowego testera elektrycznych parametrów bezpieczeństwa WTb, ma stanowić ważny etap w przygotowaniu nowego asortymentu grupy urządzeń wytwarzanych dotychczas przez Instytut Elektrotechniki Oddział Metrologii i Automatyki METROL w Zielonej Górze, zaliczanych do rodziny testerów parametrów bezpieczeństwa. Uzyskane obecnie wyniki prac badawczych i projektowych, związane z opracowaniem konstrukcyjnym poszczególnych modułów pomiarowych umożliwią przyjęcie optymalnych kryteriów dla metod wyznaczania parametrów bezpieczeństwa w odniesieniu do docelowych modułów składowych wieloparametrowego testera bezpieczeństwa WTb. Ponadto możliwe będzie zastosowanie tych sprawdzonych rozwiązań w odniesieniu do innych specjalizowanych jednostek testujących parametry bezpieczeństwa, głównie urządzeń zamawianych jednostkowo oraz testerów technologicznych, projektowanych indywidualnie i odpowiednio dostosowanych do potrzeb 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 Przemysle”, Numer specjalny Przeglądu Elektrotechnicznego, czerwiec 2002r.
- [2] Instrukcja obsługi przyrządu typu PAT4DVF oraz katalog przyrządów firmy MEGGER-AVO International 2007r.
- [3] Katalog przyrządów i stanowisk pomiarowych firmy ELABO 2007r.
- [4] Katalog przyrządów firmy ET Testsysteme GmbH 2007r.
- [5] Markiewicz H.: Bezpieczeństwo w elektroenergetyce. WNT, Warszawa 2002.
- [6] Instrukcja obsługi miernika parametrów sieci typu MPS. Producent: Instytut Elektrotechniki Oddział Metrologii i Automatyki METROL w Zielonej Górze 2008r.
- [7] PN-EN 60335-1:2004 Elektryczny sprzęt do użytku domowego i podobnego. Bezpieczeństwo użytkownika. Część1: Wymagania ogólne.
- [8] PN-EN61000-4-30:200. EMC. Część 4-30: Metody badań i pomiarów. Metody pomiaru jakości energii.
- [9] PN-EN 61000-4-7:2004 (U) 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.
- [10] Pierzgałski W.: Zastosowanie analizatorów parametrów sieci w rozproszonych systemach monitorowania jakości energii elektrycznej. VII Sympozjum pt.: Pomiary i Sterowanie w Procesach Przemysłowych; Zielona Góra, 15.12.2004.
- [11] Pacholski K., Szczęsny A., Pierzgałski W.: Modułowy tester elektrycznych parametrów bezpieczeństwa elektromechanicznego sprzętu do użytku domowego i przemysłowego. PAK vol.54, nr 12/2008.