

KRZYSZTOF PACHOLSKI
ROMAN GOZDUR

POLITECHNIKA ŁÓDZKA

INSTYTUT ELEKTROTECHNIKI TEORETYCZNEJ, METROLOGII I MATERIAŁOZNAWSTWA

Stanowisko do pomiaru elektrycznych parametrów bezpieczeństwa odbiorników dużej mocy

Streszczenie

Przedmiotem referatu jest stanowisko pomiarowe, za pomocą którego można wyznaczać wartości elektrycznych parametrów bezpieczeństwa oraz parametry energetyczne odbiorników o mocy zawartej w przedziale wartości od 0.1kW do 66kW. Do pomiaru elektrycznych parametrów bezpieczeństwa tych odbiorników wykorzystano system pomiarowy firmy ET Testsysteme GmbH typu Tipturn E500 [4]. Pomiar parametrów energetycznych realizowany jest za pomocą miernika parametrów sieci typu MPS [3]. Do akwizycji wyników pomiarów, uzyskanych za pomocą wymienionych przyrządów, wykorzystywany jest komputer PC.

Abstract

The position to measurement of the electric safety parameters and power parameters of receivers of power from 0.1 to 66kW is presented in the paper. To the measurement of electric safety parameters of these receivers was used the measuring system Tipturn E 500 [4] produced by firm ET Testsysteme GmbH. The power parameters are measured by means of the power network parameters measure MPS [3]. To acquisition of results of measurements obtained by means of these instruments a computer PC is used.

1. WSTĘP

W końcowym etapie produkcji elektromechanicznego sprzętu powszechnego użytku, oprócz parametrów użytkowych oraz parametrów energetycznych, kontrolowane są wartości elektrycznych parametrów bezpieczeństwa [5]. 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 [5, 6]. Pomiar rezystancji izolacji takich odbiorników musi być wykonany przy napięciu stałym 500-700V. Pomiar prądów upływu izolacji wykonuje się wtedy, kiedy pomiary rezystancji izolacji wykazują wartości mniejsze od dopuszczalnej. Takie wyniki pomiaru uzyskać można podczas badań odbiorników z elementami grzejnymi o izolacji ceramicznej,

po dłuższej przerwie w użytkowaniu. Izolacja ceramiczna jest higroskopijna i po krótkotrwałej pracy urządzenia odzyskuje dobre właściwości. W odbiornikach z elementami grzejnymi mierzone wartości rezystancji izolacji mogą być mniejsze od 0.5MΩ, lecz ich prądy upływu nie mogą mieć mniejszej wartości od [5]:

- 7mA dla odbiorników o mocy $P_N \leq 6kW$,
- 15mA dla odbiorników o mocy $P_N > 6kW$.

Sprawdzenie elektrycznej wytrzymałości izolacji odbiorników I klasy ochronności realizowane jest za pomocą probierczego napięcia przemiennego o wartości skutecznej 1250V [6]. Zadaniem takiej próby jest wykrycie zbyt małych odstępów w konstrukcji urządzenia lub wykrycie źle zastosowanych materiałów izolacyjnych.

Znanych jest szereg przyrządów, za pomocą których wyznaczać można elektryczne parametry bezpieczeństwa odbiorników energii elektrycznej [1, 2, 3, 4]. Wspólną wadą tych przyrządów jest mała wartość mocy badanych odbiorników, która nie może być większa od 6kW. W odróżnieniu od w/w przyrządów prezentowane stanowisko pomiarowe wykorzystać można do badania odbiorników o mocy należącej do przedziału 0.1 - 66kW. Stanowisko pomiarowe o takich właściwościach opracowano i wykonano w Instytucie Elektrotechniki Teoretycznej, Metrologii i Materiałoznawstwa Politechniki Łódzkiej na zlecenie Łódzkich Zakładów Metalowych Lozamet i przeznaczone jest do badania wyrobów tego zakładu.

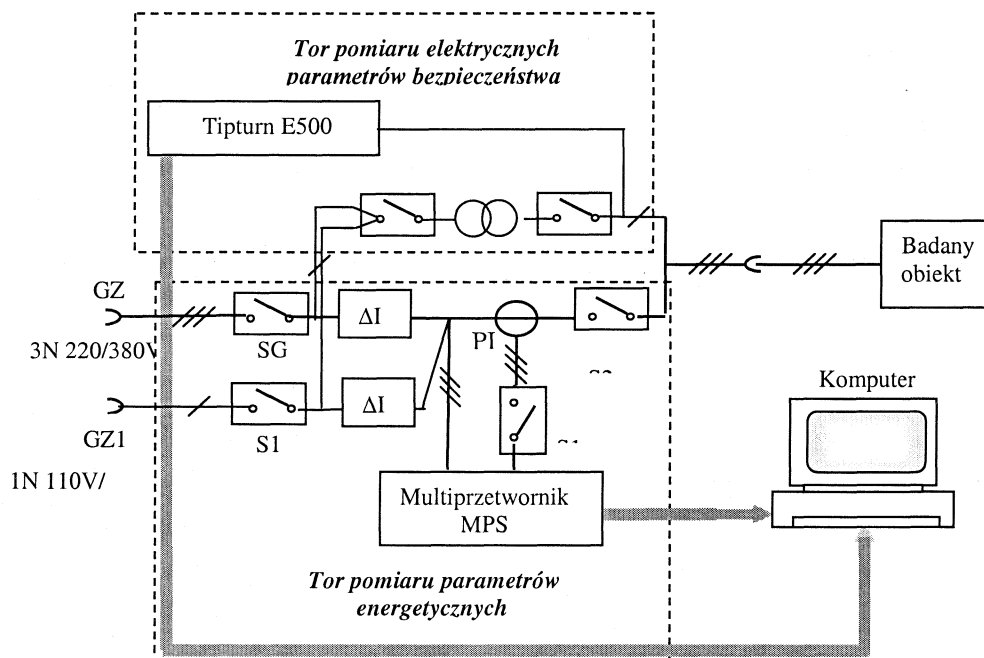
2. PRZEZNACZENIE STANOWISKA

Stanowisko przystosowane jest do badania obiektów zasilanych z linii jednofazowych 1N 220V/50Hz i 1N 110V/60Hz oraz linii trójfazowej 3N 220/380V. 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.

3. UKŁAD POMIAROWY

W układzie pomiarowym stanowiska wyodrębnić można dwa tory (rys. 1):

- tor pomiaru parametrów energetycznych,
- tor pomiaru elektrycznych parametrów bezpieczeństwa.



Rys. 1. Schemat blokowy układu pomiarowego

Tor pomiaru parametrów energetycznych tworzy szeregowo połączenie stycznika głównego SG oraz grupy styczników S2x, które rozdzielają przekładniki prądowe PI oraz wyłącznik różnicowo-prądowy $\Delta I1$. W przypadku badania odbiorników zasilanych napięciem 110V/60Hz, dodatkowo za pośrednictwem stycznika S1, do stanowiska doprowadzone jest również w/w napięcie. Zadaniem wyłączników różnicowo-prądowych $\Delta I1$ i $\Delta I2$ jest wstępna ocena stanu izolacji badanego obiektu. Jeśli izolacja jest uszkodzona, to odpowiedni wyłącznik różnicowo-prądowy odłączy badany obiekt od stanowiska pomiarowego. Wyłącznik $\Delta I1$ zabezpiecza odbiorniki zasilane z linii jednofazowej 1N 220V/50Hz oraz z linii trójfazowej 3N 220/380V. Wyłącznik $\Delta I2$ przeznaczony jest do zabezpieczenia odbiorników jednofazowych zasilanych z linii 1N 110V/60Hz. Badane urządzenia zawierają elementy grzejne z higroskopijną izolacją ceramiczną. Z tego względu prąd wyzwania $I_{\Delta w}$ wyłączników różnicowo-prądowych $\Delta I1$ i $\Delta I2$ ma wartość 100mA. Dzięki temu wyłączniki te nie odłączają od stanowiska sprawnych technicznie urządzeń, które przez dłuższy czas nie były eksploatowane. W czasie normalnej eksploatacji w/w urządzenia zabezpieczone są wyłącznikami różnicowo-prądowymi, których prąd wyzwania $I_{\Delta w} = 30mA$.

Zadaniem przekładników prądowych PI jest dopasowanie zakresu pomiarowego torów prądowych miernika parametrów sieci MPS do wartości skutecznej prądu pobieranego przez badane odbiorniki. Górna granica zakresu pomiarowego torów prądowych miernika MPS równa jest 5A [3]. Ponieważ pomiar prądu badanych urządzeń realizowany jest w trzech podzakresach: 0-5A, 5-32A oraz 32-100A, to w układzie pomiarowym zastosowano dwie grupy przekładników prądowych: $3 \times 30/5A$ oraz $3 \times 100/5A$. Uzasadnieniem zastosowania styczników S2x jest konieczność bezprądowego łączenia przekładników PI z linią zasilającą, przy zmianie zakresów pomiarowych układu. Ze względu na rozwiązanie układu sterującego stanowiska zmiana zakresu

pomiarowego realizowana musi być również przy otwartym wyłączniku odcinającym dopływ energii elektrycznej do badanego urządzenia. Do wyboru właściwego zakresu pomiarowego przeznaczone są styczniki pomocnicze należące do grupy S1x. Po zakończeniu tej czynności na wyświetlaczu miernika MPS eksponowane są wartości skuteczne napięć fazowych sieci zasilającej badane urządzenie. Następnie po stwierdzeniu przez obsługę, że wskazania miernika MPS są prawidłowe można za pomocą styczników S2x dołączyć do stanowiska badany obiekt.

W torze pomiaru elektrycznych parametrów bezpieczeństwa występują dwa bloki styczników S4x i S5x, jednofazowy transformator separujący TR (230/230V, $S_N = 13.6kVA$) oraz tester Tipturn E500. Do tego testera dołączyć można urządzenia, których moc jest mniejsza lub równa 0.5kW. Z tego względu w układzie pomiarowym, do zasilania urządzeń badanych, wykorzystany jest transformator TR, zaś tester Tipturn służy do pomiaru elektrycznych parametrów bezpieczeństwa tych urządzeń. W zależności od wartości napięcia zasilającego urządzenie badane styczniki grupy S4x łączą uzwojenie pierwotne transformatora TR do linii 1N 110V/60Hz lub do linii 1N 230V/50Hz.

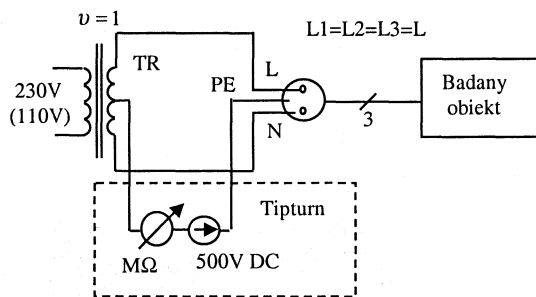
Zgodnie z wymaganiami normy PN-EN-60335-1, podczas pomiaru elektrycznych parametrów bezpieczeństwa, urządzenia trójfazowe muszą być zasilane tylko za pośrednictwem dwóch faz. W ten sposób nie można zasilac urządzeń wykorzystujących trójfazowe silniki asynchroniczne. W takie silniki wyposażone są urządzenia trójfazowe, do badania których przeznaczony jest układ pomiarowy z rys. 1. Podczas badania w/w urządzeń, blok styczników S4x zmienia konfigurację układu zasilania badanego obiektu z trójfazowej na jednofazową.

Wyniki pomiarów, uzyskanych za pośrednictwem miernika MPS oraz testera Tipturn, gromadzone są w pamięci komputera.

4. POMIAR ELEKTRYCZNYCH PARAMETRÓW BEZPIECZEŃSTWA

Jak już wspomniano elektryczne parametry bezpieczeństwa mierzone są za pomocą testera Tipturn E500. W odróżnieniu od dostępnych na rynku krajowym przyrządów pomiarowych firmy Megger [2] w/w tester spełnia wymagania normy PN-EN-60335-1.

W czasie wyznaczania elektrycznych parametrów bezpieczeństwa linie zasilające L1, L2 i L3 urządzeń trójfazowych są zwarte. Konfigurację układu pomiarowego, przy pomiarze rezystancji izolacji, przedstawia rys. 2.

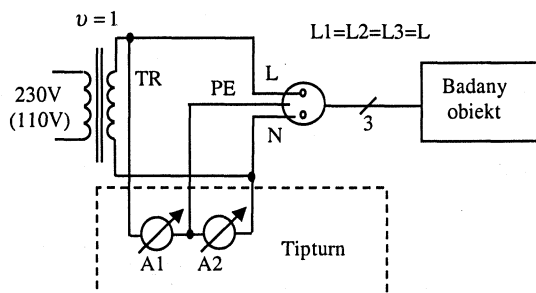


Rys. 2. Układ do pomiaru rezystancji izolacji

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. Tester Tipturn 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. Ograniczenie od góry zakresu mierzonej rezystancji pozwoliło na kontrolę prawidłowego podłączenia urządzenia badanego do układu pomiarowego. W przypadku nieciągłości tego układu pomiar jest automatycznie przerywany.

Prądy upływu izolacji mierzone są (rys. 3):

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



Rys. 3. Układ do pomiaru prądów upływu izolacji

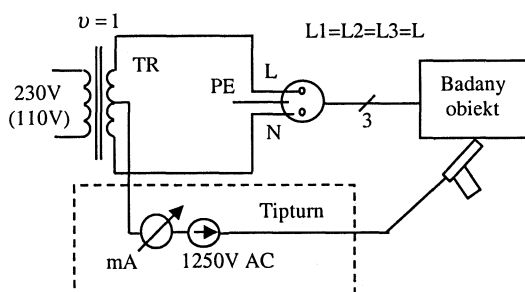
W układzie z rys. 3 obiekt badany zasilany jest napięciem fazowym U_f sieci zasilającej. Pomiar prądów upływu izolacji musi być realizowany przy napięciu zasilającym w/w obiekt równym 1.06 napięcia znamionowego U_N ($U_N = 230V$ lub $110V$) [6]. Z tego względu zmie-

rzony, za pomocą testera Tipturn, prądy upływu I_{A1} oraz I_{A2} przeliczane są przez komputer na wartości znamionowe I_{A1N} i I_{A2N} wg zależności:

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

Badane urządzenia wykonywane są w I klasie ochronności. Dla takich odbiorników $I_{A1N}, I_{A2N} \leq 3.5mA$ [6]. Czas pomiaru prądów upływu izolacji równy jest 5s.

Elektryczna wytrzymałość izolacji sprawdzana jest w układzie pomiarowym z rys. 4.



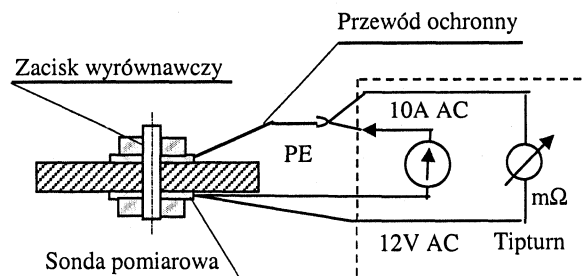
Rys. 4. Układ do sprawdzania elektrycznej wytrzymałości izolacji

Podczas badań przemienne napięcie probiercze, o wartości skutecznej 1250V, 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 przez tester Tipturn prąd I_{HV} komputer przelicza na wartość znamionową I_{HVN} , występującą przy znamionowym napięciu U_N sieci zasilającej:

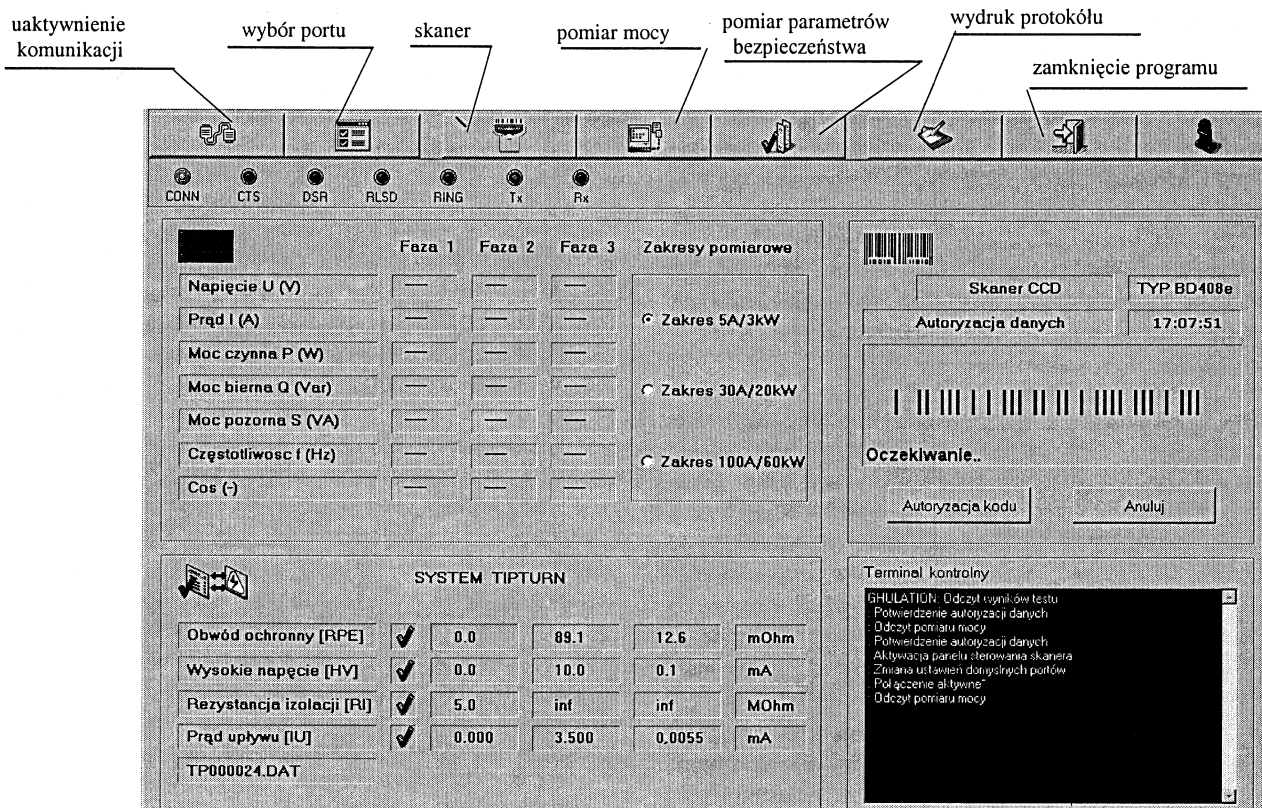
$$I_{HVN} = I_{HV} \cdot \frac{U_N}{U_f} \quad (2)$$

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.



Rys. 5. Czteropunktowy pomiar rezystancji obwodu ochronnego



Rys. 6. Menu programu do akwizycji danych pomiarowych

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 10A [6]. Rezystancja prawidłowo wykonanego obwodu ochronnego badanego urządzenia musi być mniejsza lub równa 100mΩ.

5. PROGRAM DO AKWIZYCJI WYNIKÓW POMIARÓW

Wyniki pomiarów, realizowanych w układzie z rys. 1, gromadzone są w pamięci komputera za pośrednictwem programu, którego menu przedstawia rys. 6. Program ten odczytuje dane zapisane w pamięci testera Tipturn i w pamięci miernika parametrów sieci MPS oraz przewoźnika, sygnalizowane wcześniej, korekty ich wartości. Do kontrolowania poprawności odczytu danych służy pole: *autoryzacja danych*. Przed rozpoczęciem odczytu danych pomiarowych należy określić maksymalną wartość prądu płynącego w linii zasilającej obiekt badany.

Do zainicjowania transmisji danych, z pamięci w/w przyrządów pomiarowych do komputera, służy przycisk *uaktywnienie komunikacji*. Następnie należy odczytać, za pomocą *skanera*, kod kreskowy badanego urządzenia. Teraz uaktywniając kolejno przyciski *pomiar mocy* oraz *pomiar parametrów bezpieczeństwa* przenosimy do pamięci komputera wyniki pomiarów uzyskanych za pomocą miernika MPS oraz testera Tipturn. Wyniki pomiarów eksponowane są na ekranie komputera. Wyniki te można

również wydrukować w postaci protokołu lub zapamiętać, jako plik z rozszerzeniem .txt.

6. ZAKOŃCZENIE

Stanowisko pomiarowe pracuje w trybie półautomatycznym. Każdy pomiar musi być inicjowany ręcznie za pomocą odpowiedniego przycisku umieszczonego na pulpicie sterującym. Uzasadnieniem wyboru takiego sposobu sterowania układem pomiarowym jest konieczność odłączania badanego urządzenia od linii zasilającej po każdym pomiarze. Zwiększa to bezpieczeństwo obsługi oraz chroni stanowisko przed uszkodzeniem.

LITERATURA

1. *Instrukcja obsługi systemu pomiarowego typu B-72001-T firmy ELABO.*
2. *Instrukcja obsługi przyrządu typu PAT4DVF firmy MEGGER-AVO International.*
3. *Instrukcja obsługi miernika parametrów sieci typu MPS. Producent: Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Metrologii Elektrycznej w Zielonej Górze.*
4. *Katalog przyrządów firmy ET Testsysteme GmbH.*
5. Markiewicz H.: *Instalacje elektryczne.* WNT, Warszawa 2000.
6. *Norma PN-EN-60335-1.*

Artykuł recenzowany.