

Artur SKÓRKOWSKI, Adam CICHY

POLITECHNIKA ŚLĄSKA, INSTYTUT METROLOGII, ELEKTRONIKI I AUTOMATYKI

## Przyrząd wirtualny do pomiaru rezystancyjnych wskaźników stanu izolacji

Dr inż. Artur SKÓRKOWSKI

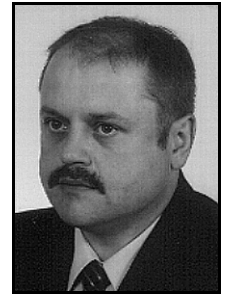
Pracuje na stanowisku adiunkta w Instytucie Metrologii, Elektroniki i Automatyki na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej. Główne kierunki działalności naukowo-badawczej to: miernictwo precyzyjne (konstruowanie i badania indukcyjnych dzielników napięcia), obróbka danych pomiarowych, systemy pomiarowe, interfejsy bezprzewodowe, przyrządy wirtualne (oprogramowanie w środowisku LabVIEW). Członek PTETiS, IEEE i Sekcji PPM KMiAN PAN.



e-mail: artur.skorkowski@polsl.pl

Dr inż. Adam CICHY

Adiunkt w Instytucie Metrologii, Elektroniki i Automatyki Wydziału Elektrycznego Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Autor i współautor ponad 20 publikacji z dziedziny metrologii elektrycznej. Członek PTETiS i IEEE. Główne zainteresowania naukowe: pomiary składowych impedancji, szczególnie w paśmie częstotliwości podakustycznych, pomiary kąta fazowego.



e-mail: adam.cichy@polsl.pl

### Streszczenie

Oceny stanu izolacji elektrycznej aparatów elektroenergetycznych można dokonać na podstawie parametrów wyznaczanych przy zasilaniu napięciem stałym, związanych z zjawiskiem absorpcji izolacji – tzw. wskaźników stanu izolacji – obliczanych jako relacje pomiędzy parametrami (rezystancjami) izolacji wyznaczanymi w dwóch różnych chwilach czasu. Pomiary rezystancyjnych wskaźników izolacji elektrycznej wykonuje się przy użyciu megaomomierzy lub przy użyciu specjalizowanych mierników wskaźników izolacji typu rezystancyjnego. Współczesne układy pomiarowe budowane są często jako układy wirtualne, w których przetwarzanie sygnałów pomiarowych odbywa się w blokach realizowanych programowo. Pomiar wskaźnika stanu izolacji elektrycznej w układzie wirtualnym można łatwo zrealizować. W chwili  $t=0$  na badaną izolację załączane jest napięcie stałe. W odpowiednich chwilach czasu  $t_1$  i  $t_2$  dokonywany jest pomiar spadku napięcia na rezystorze wzorcowym, a następnie wyznaczana jest wartość mierzzonego wskaźnika. W prezentowanym w artykule systemie pomiarowym pomiar napięć wykonywany jest bezpośrednio za pomocą multimetru cyfrowego SANWA PC5000 o rozdzielczości  $5\frac{1}{2}$  cyfry oraz impedancji wejściowej  $10^8 \Omega$ . Wyniki pomiarów przekazywane są do komputera za pomocą interfejsu USB, który dla zapewnienia bezpieczeństwa zawiera również optoizolację. Interfejs użytkownika zrealizowany jest w oparciu o aplikację PC-LINK.

**Słowa kluczowe:** przyrząd wirtualny, stan izolacji, wskaźnik rezystancyjny.

### Virtual instrument to measure of dielectric condition resistance index

#### Abstract

A status of an electrical isolation can be tested measuring some parameters by DC voltage. They are measured using dielectric absorption phenomenon and called polarization indexes. These parameters are measured as relationships between resistances measured in selected points of time. Modern measurement circuits are often build as virtual instruments. Signals in these circuits are processed in program transducers. Measurements of the polarization index, polarization or the absorption ratio is very simple to apply in virtual instruments. In this paper a simple virtual system for polarization ratio and polarization index has been presented. A digital multimeter SANWA PC5000 linked to PC by the USB interface has been used. User interface has been realized with PC-LINK application.

**Keywords:** virtual instrument, dielectric condition, resistance index.

### 1. Wstęp

Oceny stanu izolacji elektrycznej aparatów elektroenergetycznych dokonuje się na podstawie parametrów wyznaczanych przy zasilaniu napięciem stałym oraz przemiennym [1, 2, 3]. Podstawowym parametrem izolacji wyznaczanym przy zasilaniu napięciem stałym, w warunkach przepływu ustalonego prądu stałego jest jej rezystancja  $R_X$ , pozwalająca wykryć defekty izolacji w postaci pęknięć i przebić częściowych [2]. Inną grupę parametrów określających stan izolacji elektrycznej i wyznaczanych przy

zasilaniu napięciem stałym stanowią współczynniki związane z zjawiskiem absorpcji izolacji nazywane wskaźnikami stanu izolacji umożliwiające wykrycie zawilgoceń izolacji [4]. Wspomniane wskaźniki stanu izolacji (typu rezystancyjnego) wyznaczane są jako relacje pomiędzy parametrami izolacji  $R(t_1)$  oraz  $R(t_2)$  wyznaczanymi w dwóch różnych chwilach czasu  $t_1$  i  $t_2$  ( $t_2 > t_1$ ). W Polsce najczęściej jest wyznaczany wskaźnik stanu izolacji typu  $R_{60}/R_{15}$  oraz  $R_{300}/R_{60}$ .

Parametr  $R(t)$  zwany jest rezystancją izolacji elektrycznej w chwili  $t$  i jest definiowany następująco:

$$R(t) = \frac{U}{i(t)}; \quad (1)$$

gdzie  $U$  jest napięciem przyłożonym do izolacji, natomiast  $i(t)$  – chwilową wartością prądu izolacji. W przeciwieństwie do parametru jakim jest rezystancja izolacji  $R_X$  wartości wskaźnika stanu izolacji typu  $R(t_1)/R(t_2)$  są niezależne od wymiarów geometrycznych układu izolacyjnego, natomiast podobnie jak rezystancja izolacji - zależą od temperatury i powinny być korygowane, jeżeli pomiar jest realizowany w warunkach innych niż znamionowe.

### 2. Wskaźniki stanu izolacji i sposoby ich wyznaczania

W polskich normach najczęściej definiuje się wskaźniki typu  $R_{60}/R_{15}$  oraz  $R_{300}/R_{60}$ , normy w innych krajach (np. w Stanach Zjednoczonych *IEEE Standard 62-1978*) definiują różne wskaźniki: wskaźnik polaryzacji (Polarization Index PI) - jako relację rezystancji mierzonej po 600 s do rezystancji zmierzonej po 60 s, współczynnik polaryzacji (Polarization Ratio PR) - jako stosunek rezystancji po 180 s do rezystancji po 15 s, oraz współczynnik absorpcji dielektrycznej (Dielectric Absorption Ratio DAR) - odpowiednio jako stosunek rezystancji po 60 s do rezystancji po 30 s.

Wskaźniki izolacji typu rezystancyjnego pozwalają na ocenę stanu izolacji, a co za tym idzie, umożliwiają podjęcie decyzji o remoncie lub kontynuowaniu eksploatacji aparatu elektrycznego. Wartość współczynnika  $k = R(t_1)/R(t_2)$  dla izolacji nowej, czystej i suchej jest na ogół większa od 2,5. Izolacja zanieczyszczona i zawilgocona charakteryzuje się wartościami współczynnika  $k$  w granicach między 1 i 2 [2, 3]. Np. najmniejsza dopuszczalna wartość wskaźnika stanu izolacji  $k$  transformatorów olejowych o mocy 100 kVA -1600 kVA wynosi 1,15.

Pomiar współczynnika  $k=R(t_1)/R(t_2)$  izolacji elektrycznej wykonuje się przy użyciu megaomomierzy [6, 7]. Spotyka się również specjalizowane rozwiązania mierników wskaźników izolacji typu rezystancyjnego – np. opisane w pracy [8]. Napięcie zasilające izolację wynosi zwykle od 1 do 2,5 kV (jest to napięcie bezpieczne dla izolacji zawilgoconej, a równocześnie umożliwia wykrycie pojedynczych słabych miejsc). Jeżeli napięcie zasilające izolację

jest stałe, wówczas wystarczy zmierzyć relację prądów płynących przez izolację w odpowiednich chwilach czasu:

$$k = \frac{R(t_2)}{R(t_1)} = \frac{\frac{U}{i(t_2)}}{\frac{U}{i(t_1)}} = \frac{i(t_1)}{i(t_2)}. \quad (2)$$

Prądy  $i(t_1)$  oraz  $i(t_2)$  mierzone są zwykle poprzez pomiar spadku napięcia  $U_N(t_1)$  oraz  $U_N(t_2)$  na szeregowo dołączonym rezystorze wzorcowym  $R_N$ . Wówczas wyznaczona wartość współczynnika  $k_m$  będzie opisana równaniem:

$$k_m = \frac{U_N(t_1)}{U_N(t_2)} = \frac{\frac{U \cdot R_N}{R(t_1) + R_N}}{\frac{U \cdot R_N}{R(t_2) + R_N}} = \frac{R(t_2) + R_N}{R(t_1) + R_N}. \quad (3)$$

Ponieważ mierzona rezystancja jest rzędu  $10^8 \dots 10^{12} \Omega$  a rezystor wzorcowy ma zwykle wartość rzędu  $10^6 \Omega$  - błąd systematyczny wyznaczenia współczynnika  $k$  może być pomijalnie mały.

Jeżeli pomiary rezystancji  $R(t_1)$  i  $R(t_2)$  wykonuje się z niepewnościami standardowymi względnymi  $u_{rel}(R_1)$  oraz  $u_{rel}(R_2)$ , wówczas względna niepewność standardowa  $u_{rel}(k)$  pomiaru współczynnika  $k$  izolacji elektrycznej może być wyznaczona z zależności:

$$u_{rel}(k) = \sqrt{u_{rel}(R_1)^2 + u_{rel}(R_2)^2}. \quad (4)$$

Zwykle niepewności  $u_{rel}(R_1)$  oraz  $u_{rel}(R_2)$  są w przybliżeniu równe:

$$u_{rel}(R_1) \approx u_{rel}(R_2) = u_{rel}(R), \quad (5)$$

zatem względna niepewność pomiaru współczynnika absorpcji izolacji elektrycznej może być wyznaczona z zależności uproszczonej:

$$u_{rel}(k) \approx \sqrt{2} \cdot u_{rel}(R). \quad (6)$$

Podobnie, jeżeli współczynnik absorpcji izolacji mierzony jest poprzez pomiar prądów  $i(t_1)$  oraz  $i(t_2)$  mierzonych z niepewnością względną standardową  $u_{rel}(i)$ , wówczas niepewność standardowa wyznaczenia omawianego współczynnika jest dana zależnością:

$$u_{rel}(k) = \sqrt{2} \cdot u_{rel}(i). \quad (7)$$

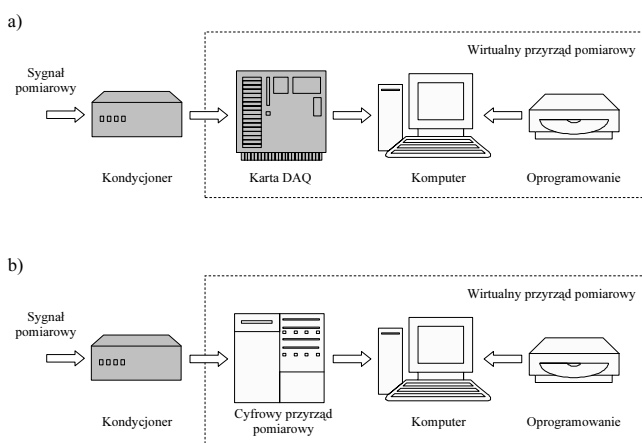
### 3. Metoda wyznaczania wskaźnika stanu izolacji typu $R(t_1)/R(t_2)$ za pomocą wirtualnego przyrządu pomiarowego

Współczesne układy pomiarowe budowane są często jako układy wirtualne, tj. takie, w których przetwarzanie sygnałów pomiarowych odbywa się w łańcuchu przetwarzania złożonym z programowo realizowanych bloków. Pomiar wskaźnika stanu izolacji elektrycznej  $k$  typu  $R(t_1)/R(t_2)$  można łatwo zrealizować w układzie wirtualnym. Pomiar w takim układzie realizowany jest następująco: w chwili  $t = 0$  na badaną izolację załączane jest napięcie stałe. W odpowiednich chwilach czasu  $t_1$  i  $t_2$  dokonywany jest pomiar spadku napięcia na rezystorze wzorcowym, a następnie wyznaczana jest wartość współczynnika  $k$ . Aby zrealizować dwukrotny pomiar napięcia stałego w określonych chwilach czasu można zbudować prosty system pomiarowy o konfiguracji przedstawionej na rys. 1.

W literaturze klasa przyrządów wirtualnych bywa definiowana w różny sposób, najczęściej „wirtualny przyrząd pomiarowy = karta DAQ + komputer + oprogramowanie”. Do grupy wirtualnych przyrządów pomiarowych zalicza się również komputerowe

systemy pomiarowe złożone z jednego lub kilku przyrządów (np. woltomierz cyfrowy) dołączonych interfejsem do komputera i obsługiwanych zdalnie za pomocą programowego panelu użytkownika (na monitorze komputera) i urządzeń peryferyjnych [6].

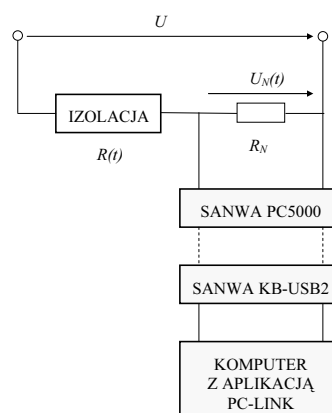
Ze względu na charakter obiektu pomiarowego (duża rezystancja), do wyznaczania wartości wskaźnika stanu izolacji  $k_m$  opisana zależnością (3) wykorzystano konfigurację przyrządu pomiarowego pokazaną na rys. 1b. Przy zastosowaniu cyfrowego woltomierza o odpowiednio dużej rezystancji wejściowej można bezpośrednio mierzyć napięcie na rezystancji wzorcowej połączonej szeregowo z obiektem badań (rys. 2). Zastosowanie konfiguracji przedstawionej na rys. 1a wymagałoby zastosowania drogiej karty pomiarowej o rezystancji wejściowej co najmniej o dwa rzędy większej niż rezystancja obiektu badanego, zatem większej niż  $10^8 \Omega$  - bądź kondycjonera o małej rezystancji wejściowej i bardzo dużej rezystancji wyjściowej. Taki kondycjoner mógłby stać się dodatkowym źródłem błędów pomiarowych.



Rys. 1. Struktury wirtualnego przyrządu pomiarowego: a) z kartą DAQ,

b) z cyfrowym przyrządem pomiarowym

Fig. 1. Structures of a virtual instrument: a) with a DAQ card, b) with a digital multimeter



Rys. 2. Schemat blokowy systemu do wyznaczania wskaźnika stanu izolacji typu  $R(t_1)/R(t_2)$

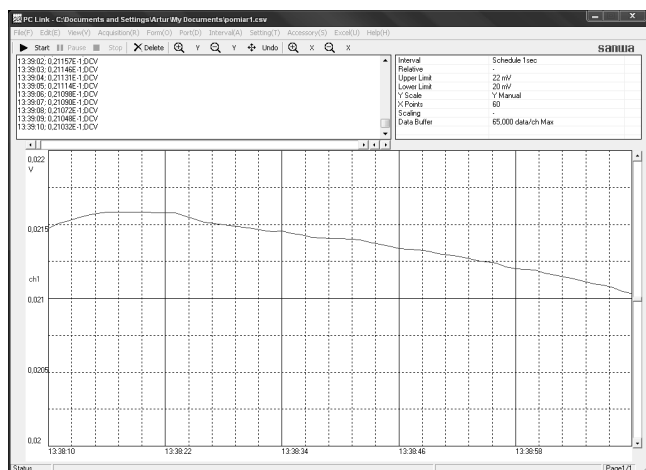
Fig. 2. Block diagram of a system for the dielectric condition index  $R(t_1)/R(t_2)$  calculating

W systemie pomiarowym przedstawionym na rys. 2 pomiar napięcia  $U_N(t)$  wykonywany jest bezpośrednio za pomocą multimetru cyfrowego SANWA PC5000 o rozdzielczości  $5\frac{1}{2}$  cyfry oraz impedancji wejściowej  $10^8 \Omega$ . Wyniki pomiarów przekazywane są do komputera za pomocą interfejsu pomiarowego SANWA KB-USB2, który dla zapewnienia bezpieczeństwa zawiera również optoizolację.

Interfejs użytkownika zrealizowany jest w oparciu o aplikację PC-LINK (rys. 3), która wyposażona jest m.in. następujące funk-

cje związane z akwizycją danych pomiarowych przydatne w opisywanym systemie:

- odczyt i rejestrację danych pomiarowych z określonym interwałem czasowym,
- skalowanie automatyczne i ręczne (wybór zakresu pomiarowego),
- ustalanie czasu rozpoczęcia i zakończenia rejestracji,
- ustawienie limitów wartości mierzonych, po przekroczeniu których generowany jest sygnał dźwiękowy (stany alarmowe).



Rys. 3. Przykładowy wygląd ekranu kontrolnego programu PC-LINK  
Fig. 3. The example of PC-LINK program screen

Program PC-LINK posiada dużo więcej możliwości konfiguracyjnych, ale nawet wymienione powyżej pozwalają na wykonanie pomiarów napięcia  $U_N(t)$  na rezystorze wzorcowym  $R_N$  w określonych chwilach czasu, co umożliwia wyznaczenie wskaźnika stanu izolacji typu  $R(t_1)/R(t_2)$ . Dodatkową zaletą wspomnianego programu komputerowego jest możliwość rejestracji zmian napięcia  $U_N(t)$  w czasie pomiędzy chwilami  $t_1$  i  $t_2$  w celu uzyskania informacji o zmianach prądu płynącego przez badaną izolację w trakcie trwania całego cyklu pomiarowego.

#### 4. Ocena błędów i niepewności pomiarów w proponowanym systemie pomiarowym

W przedstawionym na rys. 2 układzie pomiarowym, przy prawidłowo dobranej rezystancji wzorcowej  $R_N$ , głównym źródłem błędów systematycznych jest rezystancja wejściowa  $R_V$  zastosowanego woltomierza. Jej wpływ na dokładność pomiaru jest tym większy im stosunek  $R_V$  do rezystancji wzorcowej  $R_N$  jest mniejszy.

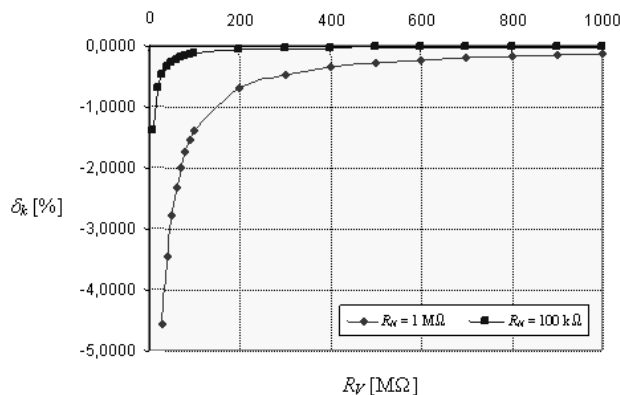
Dla pojedynczego pomiaru napięcia  $U_N(t_1)$  i  $U_N(t_2)$  błędy systematyczne wynoszą:

$$\delta_{U_N(t_1)} = \delta_{U_N(t_2)} = -\frac{R_N}{R_N + R_V} \cdot 100\% \quad (8)$$

Natomiast błąd systematyczny wyznaczenia współczynnika  $k_m$  zgodnie z zależnością (3) będzie można obliczyć na podstawie równania:

$$\delta_{k_m} = \sqrt{\delta_{U_N(t_1)}^2 + \delta_{U_N(t_2)}^2} \quad (9)$$

Przykładowo, błąd systematyczny  $\delta_{k_m}$  wyznaczenia współczynnika  $k_m$  dla  $R_N = 1 \text{ M}\Omega$  i  $R_V = 10 \text{ M}\Omega$  wynosi 12,9 %, dla  $R_N = 1 \text{ M}\Omega$  i  $R_V = 100 \text{ M}\Omega$  maleje do 1,4 %, natomiast dla  $R_N = 1 \text{ M}\Omega$  i  $R_V = 1 \text{ G}\Omega$  błąd ten jest równy około 0,1 %. Zależność błędów systematycznych od rezystancji wejściowej woltomierza  $R_V$  przy  $R_N = 100 \text{ k}\Omega$  i  $R_N = 1 \text{ M}\Omega$  przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Zależność błędów systematycznych w układzie pomiarowym od rezystancji wejściowej woltomierza

Fig. 4. Dependence between method errors vs. voltmeter input resistance

Ponieważ wskaźnik stanu izolacji  $k_m$  jest wyznaczany na podstawie równania (3), w pomiarach wykonanych w układzie przyrządu wirtualnego możliwe jest oszacowanie błędów systematycznych i uwzględnianie ich w końcowym wyniku pomiaru - jest to jedna z zalet metod algorytmicznych. Korekcja błędów jest możliwa pod warunkiem, że w trakcie rejestracji zmian napięcia  $U_N(t)$  rezystancja wejściowa woltomierza  $R_V$  jest niezmienna. Takie założenie jest najczęściej poprawne jeżeli nie zmienia się zakres pomiarowy woltomierza cyfrowego.

Na dokładność wyznaczania wskaźnika stanu izolacji  $k_m$  wpływa również niepewność pomiarów napięć  $U_N(t_1)$  i  $U_N(t_2)$ , która dla obydwu pomiarów jest podobna i zależy od dokładności użytego woltomierza. W przypadku wykorzystania w systemie pomiarowym woltomierza cyfrowego SANWA PC5000 niepewność pomiaru napięć stałych na zakresach 500,000 mV, 5,00000 V oraz 50,0000 V wynosi 0,03 % odczytu + 2 · najmniej znacząca cyfra. Wynika stąd, że niepewność końcowa wyznaczania współczynnika  $k_m$  na podstawie zależności (3) będzie nie większa niż podwojona niepewność pojedynczego pomiaru napięcia  $U_N(t)$ . Dokładność wyznaczania wskaźnika stanu izolacji typu  $R(t_1)/R(t_2)$  w omawianym układzie jest znacznie lepsza w porównaniu z metodami opartymi na bezpośrednim pomiarze rezystancji.

Wobec braku wzorców izolacji o odpowiednio dużej rezystancji [8] podczas badania funkcjonalności opracowanego przyrządu wirtualnego wykorzystywano w obwodzie pomiarowym wymuszenie prądowe. Zaproponowany układ pomiarowy pośrednio rejestruje zmiany prądu dla badanej izolacji połączonej szeregowo z rezystorem wzorcowym, w którym jest mierzony bezpośrednio spadek napięcia. Wstępne pomiary wykazały przydatność opracowanego przyrządu wirtualnego do wyznaczania współczynnika stanu izolacji typu  $R(t_1)/R(t_2)$  oraz potwierdziły możliwości wykorzystania takiej struktury układu pomiarowego w systemie rejestrującym zmiany rezystancji izolacji w trakcie trwania pomiarów. Dzięki rejestracji zmian rezystancji izolacji w czasie możliwe jest wyznaczenie relacji rezystancji dowolnych chwilach czasowych, co pozwala na zastosowanie systemu opartego na wirtualnym przyrządzie pomiarowym do badań nad określeniem nowych kryteriów oceny stopnia zawilgocenia izolacji oraz opracowania nowych i być może bardziej obiektywnych w ocenie wskaźników stanu izolacji.

#### 5. Podsumowanie

Pomiary rezystancyjnych wskaźników jakości izolacji szczególnie łatwo można wykonywać w układach wirtualnych. Ponieważ wspomniane wskaźniki można wyznaczać jako relację prądów badanego obiektu (mierzonych z kolei jako spadki napięć na rezystorze wzorcowym) w odpowiednich chwilach czasu - realizacja układu sprowadza się np. do wykorzystania woltomierza pracującego pod kontrolą oprogramowania sterującego akwizycją

danych oraz wizualizującego obliczone wskaźniki. Woltomierz musi zapewnić odpowiednią rezystancję wejściową oraz bezpieczeństwo wykonania pomiarów. W zaprezentowanej realizacji prostego miernika wskaźników izolacji wykorzystano multimetr cyfrowy SANWA PC5000 o rozdzielczości 5½ cyfry oraz impedancji wejściowej  $10^8 \Omega$ , sprzężonego z komputerem poprzez magistralę USB, zapewniający bezpieczny pomiar ze względu na optoizolację zastosowaną w interfejsie pomiarowym. Wykorzystane w opracowanym systemie pomiarowym oprogramowanie PC-LINK umożliwia zarządzanie procesem pomiarowym oraz konfigurację przejrzystego i odpowiednio funkcjonalnego tzw. graficznego interfejsu użytkownika (GUI).

Pomiary rezystancyjnych wskaźników izolacji nie wymagają dużych dokładności, Polska Norma [6] nie precyzuje wymagań dotyczących dopuszczalnych błędów pomiaru. Podstawowym problemem utrudniającym oszacowanie dokładności pomiaru mierników wskaźników jest brak wzorców badanych wskaźników izolacji. Typowe rozwiązania mierników (np. [8, 10]) charakteryzują się błędami rzędu od 0,5 do 5% i błędy te szacowane są ze względu na sposób pomiaru na podstawie dokładności pomiaru rezystancji lub prądu. Zrealizowany układ pozwala na osiągnięcie większej dokładności, charakteryzując się ponadto prostą realizacją.

## 6. Literatura

- [1] Flisowski Z.: Technika wysokich napięć, WNT, Warszawa, 2005.
- [2] Gacek Z.: Wysokonapięciowa technika izolacyjna, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2006.
- [3] Kuśmierk Z., Groszek S.: Technika pomiarów i badań urządzeń elektroenergetycznych, WNT, Warszawa, 1993.
- [4] Wodziński J.: Wysokonapięciowa technika prób i pomiarów, PWN, Warszawa, 1997.
- [5] Wskaźniki stanu izolacji, Wiadomości Elektrotechniczne, vol.68, Nr 3, 2000, str.138.
- [6] Polska Norma PN-81/E-04700.03. Transformatory. Metody badań. Pomiary wskaźników izolacji.
- [7] Przepisy eksploatacji urządzeń i instalacji elektroenergetycznych. Część II Instytut Energetyki, Wydawnictwo WEMA 1991.
- [8] Pasecki E., Szadkowska T., Szadkowski B.: Przenośny miernik współczynnika absorpcji izolacji. ZN Politechniki Śląskiej „Elektryka”, nr.169, Gliwice 2000.
- [9] Nawrocki W.: Rozproszone systemy pomiarowe. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2006.
- [10] <http://www.hioki.com/product/3455/index.html>

*Artykuł recenzowany*

## INFORMACJE

# Studia Podyplomowe

Wydział Elektryczny Politechniki Śląskiej w Gliwicach, Instytut Metrologii, Elektroniki i Automatyki  
ogłasza nabór na Dwusemestralne Zaoczne Studia Podyplomowe

## Sieci Komputerowe i Systemy Telekomunikacyjne (SKST)

### Cel Studiów

Celem studiów jest przekazanie wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych w zakresie: budowy bezpiecznych i wydajnych sieci komputerowych, konfiguracji i eksploatacji sieci komputerowych ze szczególnym uwzględnieniem sieci korporacyjnych, diagnostyki i pomiarów w sieciach komputerowych.

### Profil uczestnika studiów

Studia przeznaczone są dla pracowników o różnych specjalnościach z wyższym wykształceniem o kierunku elektrycznym, elektronicznym, telekomunikacyjnym lub pokrewnym, zajmujących się bądź potencjalnie zainteresowanych administracją i eksploatacją komputerowych sieci telekomunikacyjnych.

Zajęcia prowadzone są na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach, w systemie zaocznym w każdą sobotę lub co drugi weekend (opcja do wyboru), przez dwa semestry. Zajęcia prowadzone są przez nauczycieli akademickich ze stopniem co najmniej doktora oraz przez zaproszonych Gości o uznanym dorobku i autorytecie. Studia obejmują 200 godzin dydaktycznych. Rozpoczęcie Studiów nastąpi po skompletowaniu odpowiedniej liczby kandydatów na dany rodzaj studiów.

### Organizator studiów:

Instytut Metrologii, Elektroniki i Automatyki Politechniki Śląskiej, 44-100 Gliwice, ul. Akademicka 10, tel. 032 237 12 41, fax: 032 237 20 34, e-mail: [re2@polsl.pl](mailto:re2@polsl.pl) lub [agnieszka.skorkowska@polsl.pl](mailto:agnieszka.skorkowska@polsl.pl), <http://imeia.elekt.polsl.pl>

### Kierownik studiów:

Dr hab. inż. Lesław TOPÓR-KAMIŃSKI, prof. Pol. Śl.