

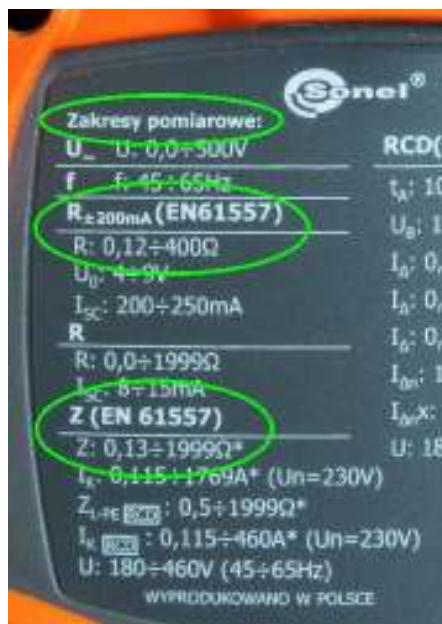
ASPEKTY PRAWNE ORAZ BŁĘDY ZWIĄZANE Z PRZYRZĄDAMI POMIAROWYMI

Każdy elektryk – pomiarowiec staje w pewnym momencie przed koniecznością kupna przyrządów pomiarowych, w związku z czym pojawia się wiele pytań związanych z dokonaniem właściwego wyboru. Jakimi kryteriami należy się kierować przy podejmowaniu decyzji o zakupie konkretnego miernika?

Oczywiste jest dla każdego, że miernik powinna cechować ergonomiczna obsługa, pozwalająca na spełnienie wszelkich stawianych wymagań, umożliwiającą prowadzenie pomiarów w sposób szybki, wygodny i **bezpieczny**, a dodatkowo pomiary wykonywane przyrządem powinny być zgodne z przepisami aktualnie obowiązującymi w Polsce oraz Unii Europejskiej. Na rynku są dostępne produkty najróżniejszych wytwórców, stąd wybór odpowiedniego urządzenia nie jest sprawą prostą. Niniejsze opracowanie pozwoli znaleźć odpowiedzi na najczęściej stawiane pytania z zakresu spełnienia przez przyrząd wymogów prawnych oraz dotyczące jego dokładności. W referacie zawarte zostały także sugestie sprzyjające dokonaniu właściwego wyboru, aby zakupiony przyrząd, z którym wiążemy duże nadzieje, nie okazał się prostym testerem o parametrach niewystarczających do wykorzystania w pomiarach ochrony przeciwporażeniowej.

Aspekty prawne

Decydując się na konkretny przyrząd pomiarowy należy przede wszystkim zwrócić uwagę na to, czy urządzenie posiada znak CE. Po przystąpieniu Polski do struktur Unii Europejskiej (UE) wszystkie urządzenia pomiarowe muszą posiadać taki znak, który oznacza zgodność z dyrektywami UE w zakresie bezpieczeństwa (dyrektywa niskonapięciowa LVD - obecnie 2006/95/WE, wcześniej 73/23/EEC i 93/68/EEC) oraz kompatybilności elektromagnetycznej (dyrektywa EMC,



Rys. 1. Wyszpecyfikowany zakres pomiarowy dla pomiaru impedancji pętli zwarciowej miernika MPI-520 produkcji Sonel S.A.

obecnie 2004/108/WE, wcześniej 89/336/EEC, 92/31/EEC, 93/68/EEC) - szczegóły zawarte są w PN-EN 61326-1:2009 [1]. Istotne wymagania odnośnie bezpieczeństwa przyrządów pomiarowych podczas eksploatacji jak i zastosowanego osprzętu, znajdują się w PN-EN 61010-1:2004 [2], PN-EN 61010-031:2005 [3]. Wymagania stawiane samym przyrządom, w zależności od ich przeznaczenia, opisane są w wieloarkuszowej normie IEC 61557 [4] (w obecnej chwili w Polsce PN-EN 61557 [8]). Wszystkie te informacje powinny być zawarte w instrukcji obsługi, a także na samym przyrządzie pomiarowym (np. zakres pomiarowy - Rys. 1).

Dokumentem potwierdzającym (dla danego egzemplarza przyrządu) zachowanie określonej przez producenta dokładności jest certyfikat kalibracji, dostarczany przez znaczną część wytwórców wraz z nowym miernikiem. W normie PN-E 04700:1998/Az1:2000 [5] w punkcie 3.2.5 znajduje się następujący zapis „Przyrządy pomiarowe stosowane w badaniach powinny mieć świadectwa potwierdzające ich sprawność techniczną.” Dobrą praktyką jest pamiętać o powyższym zapisie także w czasie eksploatacji przyrządu. Zapis ten, zwłaszcza w przypadku badań związanych z ochroną przeciwporażeniową należy respektować, ponieważ pomiarowiec może w każdej chwili zostać poproszony przez inspektora prowadzącego nadzór nad pracami o aktualne świadectwo potwierdzające

sprawdzenie przyrządu. Jak już wspomniano producenci często dołączają do przyrządów certyfikat kalibracji lub odpłatnie świadectwo wzorcowania. Jeśli wybrany przyrząd będzie posiadał ważne świadectwo wzorcowania, można być pewnym jego sprawności, a jednocześnie nikt tego faktu nie podważy. Należy również pamiętać, że obowiązek okresowej kontroli urządzeń (w odniesieniu do firm posiadających System Zarządzania Jakością ISO 9001) służących do wykonywania pomiarów nakłada norma PN-ISO 10012-1, zał. A [6]. Zgodnie z tą normą producent może sugerować czasookresy przeprowadzania takich badań kontrolnych i z reguły jest to 13 miesięcy. Użytkownik miernika ma prawo do ustalenia

własnego czasookresu kolejnych sprawdzeń biorąc po uwagę poza zaleceniami producenta, także częstotliwość wykorzystania urządzenia oraz warunki środowiskowe, w jakich bywa wykorzystywane.

Zgodność z normami to warunek konieczny, ale nie jedyny, jaki powinniśmy brać pod uwagę przy wyborze miernika. Analogicznie jak w przypadku większości dostępnych towarów dobrze jest, jeśli wybrany miernik został wyprodukowany przez znanego producenta (produkt markowy zmniejsza ryzyko dokonania złego wyboru), który posiada określoną markę na rynku. Wiąże się tym faktem wiele różnych korzyści dla klienta, np. takich jak wydłużony okres gwarancji, dostępność serwisu oraz obsługa pogwarancyjna. Jeśli producent posiada System Zarządzania Jakością ISO 9001 i dodatkowe potwierdzenia jakości dla oferowanych wyrobów, jak np. rekomendacja SEP, tym lepiej dla kupującego.

Dokładność przyrządu pomiarowego

Szereg pojęć związanych z dokładnością przyrządów pomiarowych zdefiniowanych jest w zestawie norm PN-EN 61557. Jednak ze względu na specyficzny język norm przydatne będą dodatkowe wyjaśnienia.

Sposób zapisu informacji o błędzie miernika cyfrowego:

- zapis określający dokładność miernika cyfrowego prawie zawsze składa się z sumy dwóch wielkości: względnej, oraz bezwzględnej, zwanych potocznie procentową (analogową) i cyfrową,
- błąd względny dominuje w górnej części zakresu pomiarowego. Określany jest jako procent od wielkości mierzonej (m.w.) lub wyświetlanej (w.w.),
- błąd bezwzględny określany jest jako ilość jednostek o najmniejszej wartości wyświetlanej na danym zakresie, jest najważniejszy w dole zakresu pomiarowego,

Przykładowy wynik pomiaru napięcia 100,0V przyrządem, którego rozdzielczość wynosi 0,1V, a błąd określono jako $\pm(2\% \text{ ww.} + 5 \text{ cyfr})$ oznacza, że ten konkretny pomiar został wykonany z błędem $\pm(2\% \cdot 100V + 5 \cdot 0,1V) = \pm 2,5V$.

Niepoprawne jest potoczne przekonanie, że część względna jest błędem analogowych obwodów miernika, a część bezwzględna błędem jego obwodów cyfrowych. W rzeczywistości obie wielkości związane są z charakterystyką przetwarzania całego miernika.

Błąd podstawowy miernika:

- definicja według PN-EN 61557-1: jest to błąd przyrządu pomiarowego używanego w warunkach odniesienia,
- informacje dodatkowe: warunki odniesienia (nazywane dawniej warunkami laboratoryjnymi) są „przyjazne” dla przyrządu pomiarowego (np. temperatura około 23°C, nominalne napięcie zasilania, brak zakłóceń w sieci).

W warunkach rzeczywistych pomiarów dokładność przyrządu może być nawet znacznie gorsza niż wynikająca z błędu podstawowego.

Błąd dodatkowy miernika:

Obowiązkiem producenta jest określenie szeregu błędów dodatkowych (oznaczonych w normie PN-EN 61557-1 jako E1...E10) wynikających z niezależnego oddziaływania poszczególnych czynników wpływających na wynik pomiaru, np.:

- zmian temperatury otoczenia,
- zmian napięcia zasilania,
- zakłóceń sieciowych,
- rezystancji elektrod pomocniczych,
- metod pomiaru.

Błąd roboczy miernika:

Według PN-EN 61557-1, jest to błąd występujący w dowolnym punkcie zakresu pomiarowego w znamionowych warunkach pracy, czyli przy określonych przez producenta granicach czynników wpływających na wynik pomiaru, jak temperatura, wilgotność, napięcie zasilania, zawartość harmonicznnych w sieci itp. W rzeczywistości granice czynników wpływających na wynik pomiaru nie są określane przez producenta, ale są podane w poszczególnych arkuszach normy PN-EN 61557. Przykładowo, jeśli zakres zmian temperatury wynosi od 0 do 35°C, błąd dodatkowy od temperatury będzie wyznaczany w takich warunkach nawet, jeśli temperatura pracy przyrządu została określona przez producenta jako np. -10...+50°C.

Pomiary bardzo rzadko są wykonywane w warunkach, w których wszystkie czynniki zakłócające mają skrajne wartości. W związku z tym sposób obliczania błędu roboczego uwzględnia statystyczny charakter wpływu wielkości zakłócających. Oznacza to jednak, że użytkownik może natrafić na warunki, w których błąd pomiaru przekroczy błąd roboczy.

Zakres wyświetlania:

Zakres wyświetlania wielkości mierzonej niezależnie od wartości błędu, z powodu zmian terminologii stosowanej do przyrządów pomiarowych powszechnie mylony jest z zakresem pomiarowym (patrz niżej). Najczęściej (szczególnie dla niskich wartości mierzonych) zakres pomiarowy jest częścią zakresu wyświetlania.

Zakres pomiarowy:

Zakres pomiarowy (nazywany czasem potocznie zakresem roboczym) określa graniczne górne i dolne wartości, dla których dane urządzenie pomiarowe działa poprawnie. Dokładność pomiarowa danego urządzenia jest zagwarantowana dla całego zakresu pomiarowego, (przy czym nie musi być ona w całym zakresie jednakowa). Obecnie urządzenia pomiarowe posiadają zazwyczaj kilka przełączalnych zakresów pomiarowych, często przełączanych automatycznie w przypadku urządzeń cyfrowych. Zazwyczaj dokładność pomiarowa na krańcach zakresu jest niższa niż w jego środku. Według normy IEC 61557 zakres pomiarowy to zakres wartości mierzonych, w którym błąd roboczy nie przekracza 30% wartości mierzonej.

Zakres pomiarowy to jeden z najważniejszych parametrów, według którego należy dobierać przyrządy pomiarowe. Gdy wartość wielkości mierzonej znajduje się w zakresie pomiarowym, użytkownik może przyjąć, że dokładność pomiaru jest wystarczająca, aby wpisać ją do protokołu; zgodnie z PN-EN 61557 producent **powinien** podać zakresy pomiarowe miernika na jego obudowie oraz zamieścić w instrukcji obsługi. W związku z tym użytkownik w każdej chwili może sprawdzić, czy wykonywane pomiary mają sens.

Zdarza się że producenci o małym doświadczeniu na rynku UE nie podają zakresu pomiarowego lub podają go błędnie, „myląc” z zakresem wyświetlania. W takiej sytuacji użytkownik przyrządu musi oprzeć się na błędzie podstawowym, co w przypadku nieznajomości metod na odliczenie tego błędu może być przyczyną błędnej oceny badanej instalacji!

Przykład: Zakres wyświetlania wartości przy pomiarze pętli zwarcia dla miernika MPI-520:

0,00 do 199,9Ω ±(5% w.w + 3 cyfr)
ale zakres pomiarowy 0,13199,9Ω

Co wynika z powyższej informacji? Mianowicie podany zakres pomiarowy wskazuje przedział wartości, dla których błąd roboczy miernika nie przekroczy 30%. W takim przedziale przyrząd może zostać użyty do przeprowadzenia badań, jakie posłużą dla dokonania oceny warunku samoczynnego wyłączenia zasilania. Wobec powyższego miernik ten nie powinien być wykorzystany do badań pętli o wartościach poniżej 0,13Ω czyli np. blisko transformatorów, w złączach kablowych, obwodach rozdzielczych itp.

Temat zakresu pomiarowego będzie rozwinięty w dalszej części opracowania poprzez porównanie parametrów niektórych przyrządów dostępnych na naszym rynku.

Z zakresem pomiarowym przyrządu związane są ściśle możliwości wykorzystania miernika do badań. W przypadku wykonywania pomiarów, dla których przyjmuje się maksymalne wartości dopuszczalnych błędów na poziomie 30% (np. pomiary impedancji pętli zwarcia), należy zwrócić uwagę na wartość dolnej granicy zakresu pomiarowego. Gdy uzyskiwane wartości znajdują się poniżej tego zakresu mamy informację, że występuje błąd powyżej 30%.

W materiałach reklamowych, kartach katalogowych, a nierzadko nawet w danych technicznych zawartych w instrukcji obsługi producenci często „zapominają” o podaniu drugiego członu błędu podstawowego (podają tylko część procentową – np. „±5%” zamiast „±5% ± 5 cyfr”), który jak się okazuje, może mieć decydujący wpływ na dokładność wskazań i rzeczywisty zakres pomiarowy przyrządu, co zostanie pokazane na poniższym przykładzie.

Poniżej przeanalizujemy, jakie łączne błędy wystąpią podczas pomiarów dwoma różnymi urządzeniami. Przykładowy miernik nr 1 obarczony jest błędem **±(2% w.w. + 8 cyfr)**, zaś miernik nr 2 błędem **±(4% w.w. + 4 cyfr)**. Jeśli zwracamy uwagę jedynie na błędy procentowe, mogłoby się wydawać, że miernik nr 1 jest dwa razy dokładniejszy od miernika nr 2. Prześledźmy jednak, jaki jest łączny błąd dla różnych zmierzonych obydwojema urządzeniami wartości – tabela 1 i 2 (łączny błąd zaokrąglany jest do pełnych %).

Wartość wyświetlana	Błąd „2% w.w”	Błąd „8 cyfr”	Łączny błąd	Łączny błąd jako % wartości zmierzonej
8,00	0,16	0,08	0,24	3%
4,00	0,08	0,08	0,16	4%
1,00	0,02	0,08	0,10	10%
0,50	0,01	0,08	0,09	18%
0,40	0,01	0,08	0,09	23%
0,30	0,01	0,08	0,09	30%
0,20	0,00	0,08	0,08	40%
0,17	0,00	0,08	0,08	47%
0,16	0,00	0,08	0,08	50%
0,10	0,00	0,08	0,08	80%
0,05	0,00	0,08	0,08	160%

Tab. 1. Przykładowy miernik nr 1 o błędzie $\pm(2\% \text{ w.w.} + 8 \text{ cyfr})$

Wartość wyświetlana	Błąd „4% w.w”	Błąd „ \pm 4 cyfr”	Łączny błąd	Łączny błąd jako % wartości zmierzonej
8,00	0,32	0,04	0,36	5%
4,00	0,16	0,04	0,20	5%
1,00	0,04	0,04	0,08	8%
0,50	0,02	0,04	0,06	12%
0,40	0,02	0,04	0,06	15%
0,30	0,01	0,04	0,05	17%
0,20	0,01	0,04	0,05	25%
0,17	0,01	0,04	0,05	29%
0,16	0,01	0,04	0,05	31%
0,10	0,00	0,04	0,04	40%
0,05	0,00	0,04	0,04	80%

Tab. 2. Przykładowy miernik nr 2 o błędzie $\pm(4\% \text{ w.w.} + 4 \text{ cyfr})$

Widać, że dla miernika nr 1, mimo dwukrotnie mniejszego błędu „procentowego”, całkowite błędy pomiaru rosną dużo szybciej dla małych wartości zmierzonych, niż całkowite błędy dla miernika nr 2, i to właśnie on posiada dużo lepszy zakres pomiarowy, gdyż jego dolna granica zakresu pomiarowego sięga mniejszych wartości.

W naszym przykładzie, jeśli zakresy **wyświetlania** dla obu mierników zawierały się w przedziale **0,00...200**, wówczas zakres **pomiarowy** dla miernika nr 1 będzie zawierał się w przedziale **0,31...200**, zaś dla miernika nr 2 w przedziale **0,17...200**.

Dokładność wskazań, a co za tym idzie zakres pomiarowy, a nie zakres wyświetlania, decyduje o przydatności miernika.

Na rynku znajdują się przyrządy, których zakresy pomiarowe dyskwalifikują je jako mierniki (są to tylko testery). Oto przykładowy fragment podawanych zakresów wyświetlania i zakresów pomiarowych takiego przyrządu wielofunkcyjnego:

FUNCTION (funkcja)	MEASUREMENT RANGE (zakres wyświetlania)	EN 61557 MEASUREMENT RANGE (zakres pomiarowy wg IEC 61557)
Z _I (impedancja pętli zwarcia)	Z _I 0,00Ω - 2000Ω	2Ω - 1000Ω ±(15% + 2 cyfry)
	R _E 0,0Ω - 2000Ω	10Ω - 1000Ω ±(10% + 2 cyfry)
R _E (rezystancja uziemienia)	0,0Ω - 2000Ω	10Ω - 1000Ω ±(10% + 2 cyfry)

Tab. 3. Przykładowe zakresy wyszczególnione na obudowie przyrządu dostępnego na rynku

Zakres pomiarowy powyżej 2Ω dyskwalifikuje ten przyrząd jako miernik, który mógłby być wykorzystany do pomiaru pętli zwarcia w celu oceny skuteczności samoczynnego wyłączenia zasilania, ponieważ zdecydowana większość mierzonych wartości w obwodach odbiorczych jest znacznie mniejsza niż 1Ω, zaś w obwodach rozdzielczych występują wartości jeszcze niższych rzędów we wszystkich przypadkach.

Dla pomiarów rezystancji uziemienia zakres pomiarowy przyrządu obejmuje wartości powyżej 10Ω. Jak powszechnie wiadomo, w energetyce dopuszczalne wartości uziemień zawierają się do 10Ω (np. dla kontenerowych stacji teleinformatycznych dopuszczalna rezystancja uziemienia to 2Ω).

Oto inny przykład – w danych technicznych przyrządu wyeksponowany został fakt, iż wyświetlane są wartości z rozdzielczością 3 miejsc po przecinku (Rys. 2); gdy tymczasem zakres pomiarowy oraz specyfikowana dokładność sprawiają, że ostatnia cyfra jest nieznacząca i nie poprawia dokładności urządzenia. Taki przyrząd może być wykorzystany do pomiarów sieci odbiorczych, ale nie do rozdzielczych (co sugerowałaby widoczna rozdzielczość).

High resolution loop test (only)	
Source voltage:	50 V to 440 V (50Hz)
Display range:	0.001 Ω to 2000 Ω
Accuracy:	+ 5% ±0.01 Ω
Nominal test current:	4 A at nominal 230 V supply
EN61557	
Operational range:	0.30 Ω to 1000 Ω
Prospective Fault Current (PFC)	
Prospective fault current = Measured Source Voltage / Loop r	

Rys. 2. Dane techniczne sugerujące większą dokładność przyrządu.

Kolejny przykład - fragment instrukcji obsługi przyrządu do pomiaru rezystancji uziemień (Rys. 3), gdzie producent deklaruje, że dla wartości 5..19 Ω występuje błąd pomiaru 30%, zaś poniżej 5 Ω błąd pomiaru może być większy niż 30%. Takie parametry już na starcie powinny dyskwalifikować to urządzenie w przypadku znacznej części pomiarów wykonywanych np. przez Zakłady Energetyczne.

Zakresy pomiarowe, dla których występuje maksymalny błąd pracy ($\pm 30\%$)

Zakres miernika 20 Ω :	5+19,99 Ω
Zakres miernika 200 Ω :	20+199,9 Ω
Zakres miernika 2000 Ω :	200+1999 Ω

Trwałość urządzenia

≥ 3300 pomiarów

Po pomiarze wartości rezystancji uziemienia 10 Ω przez 5s na zakresie miernika 20 Ω należy zrobić przerwę trwającą 25s.

Rys. 3. Przykład parametrów przyrządu niskiej klasy do pomiaru uziemień.

Pętla zwarcia - impedancja a rezystancja

W miernikach z „niższej półki”, nawet renomowanych producentów, można spotkać zapis o „pomiarze składowej rezystancyjnej impedancji pętli zwarcia”, gdzie podkreślone jest, jakoby mierzona była cała impedancja pętli zwarciowej (czyli rezystancja oraz reaktancja), a w rzeczywistości mierzona jest jedynie wartość rezystancji, co może powodować zafalszowanie wyniku nie tylko dla bardzo małych wartości.

1000V (+20%, -0%)	$\geq 1\text{mA}$ dla 1M Ω	zmiana zakresów	
Pomiar Rezystancji Pętli Zwarcia (LOOP)			
Napięcie obwodu mierzonego (AC)	Prąd pomiarowy dla Z = 0 Ω	Zakres	Dokładność
230V (+10%, -15%) 50Hz	3A	20 Ω	$\pm (3\% + 4c.)$
230V (+10%, -15%) 50Hz	15mA	200 Ω	$\pm (3\% + 8c.)$
230V (+10%, -15%) 50Hz	15mA	2000 Ω	$\pm (3\% + 4c.)$
Pomiar Spodziewanego Prądu Zwarcia (PSC)			
Napięcie obwodu	Prąd		

Rys. 4. Fragment instrukcji obsługi miernika do pomiarów „składowej rezystancyjnej impedancji pętli zwarciowej”.

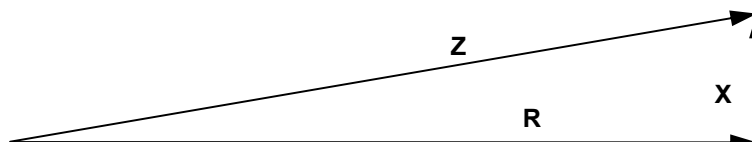
Szczególnie praktyki takie spotykane są w przyrządach posiadających możliwość pomiaru pętli zwarciowej z wykorzystaniem bardzo małego prądu sztucznego zwarcia, które umożliwiają pomiary w obwodzie L-PE dla obwodów zabezpieczonych wyłącznikami RCD.

Zdarza się, że w instrukcjach obsługi żonglowane są na przemian słowa „impedancja”, „impedancja dla zerowego kąta fazowego”, „składowa rezystancyjna impedancji” czy „wektorowy sposób pomiaru impedancji” tak długo, że klient jest przekonany o kupnie urządzenia mierzącego impedancję, gdy tymczasem mierzy ono jedynie rezystancję pętli zwarciowej.

Jak wiadomo, impedancja pętli zwarciowej jest geometryczną sumą rezystancji i reaktancji mierzonej pętli:

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

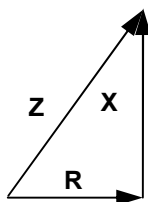
Na wielkość składowej rezystancyjnej główny wpływ ma rezystancja przewodów, uzwojeń transformatora, rezystancje styków i połączeń, składowa reaktancyjna zależy zaś głównie od reaktancji transformatora, a w znikomym stopniu od indukcyjności przewodów:



Rys. 5a. Impedancja i jej składowe w dużej odległości od transformatora.

Dopóki wpływ składowej reaktancyjnej na wartość impedancji pętli zwarciowej nie jest duży (rys. 5a), można, z pewnym przybliżeniem, przyjąć, że wartość składowej rezystancyjnej jest równa impedancji, np: jeśli R=1,00 Ω ; X=0,15 Ω ; wówczas

$Z=1,01\Omega$; różnica ok. 1% - im bardziej zbliżamy się do transformatora, wartość składowej rezystancyjnej zmniejsza się (rys.5b) przy praktycznie niezmienionej wartości reaktancji:



Rys. 5b. Impedancja i jej składowe blisko transformatora.

jeśli $R=0,40\Omega$; $X=0,15\Omega$; wówczas $Z=0,43\Omega$; różnica ok. 6%;

jeśli $R=0,30\Omega$; $X=0,15\Omega$; wówczas $Z=0,36\Omega$; różnica ok. 20%;

jeśli $R=0,10\Omega$; $X=0,15\Omega$; wówczas $Z=0,18\Omega$; różnica ok. 44%;

Warto zauważyć, że przy obecnie stosowanych przekrojach przewodów część powyższych sytuacji może wystąpić **również w instalacjach**, a nie tylko dla rozdzielnic o dużych zabezpieczeniach i w obiektach, gdzie wartości impedancji pętli zwarciowej są bardzo małe. Dlatego też powinno zwrócić się uwagę na to, aby miernik do pomiarów pętli zwarciowej potrafił mierzyć impedancję pętli na każdym podzakresie.

Świdnica, 8.07.2010

Autorzy artykułu wykonują pomiary elektryczne od kilkunastu lat w różnych warunkach; posiadają niezbędne doświadczenie pozwalające na ocenę sprzętu pomiarowego z punktu widzenia zarówno praktycznego jak i teoretycznego.

Literatura

1. PN-EN 61326-1:2009 Wyposażenie elektryczne do pomiarów, sterowania i użytku w laboratoriach - Wymagania dotyczące kompatybilności elektromagnetycznej (EMC) – Część 1: Wymagania ogólne.
2. PN-EN 61010-1:2004 Wymagania bezpieczeństwa dotyczące elektrycznych przyrządów pomiarowych, automatyki i urządzeń laboratoryjnych - Część 1: Wymagania ogólne.
3. PN-EN 61010-031:2005 Wymagania bezpieczeństwa dotyczące elektrycznych przyrządów pomiarowych, automatyki i urządzeń laboratoryjnych - Część 031: Wymagania bezpieczeństwa dotyczące sond przystosowanych do trzymania w ręce, przeznaczonych do pomiarów i badań w obwodach elektrycznych.
4. IEC 61557 Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1000V a.c. and 1500V d.c. – Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures.
5. PN-E-04700:1998/Az1:2000 Urządzenia i układy elektryczne w obiektach elektroenergetycznych - Wytyczne przeprowadzania pomontażowych badań odbiorczych.
6. PN-EN ISO 10012:2004 Systemy zarządzania pomiarami - Wymagania dotyczące procesów pomiarowych i wyposażenia pomiarowego.
7. PN-EN 61557-1:2009 Bezpieczeństwo elektryczne w niskonapięciowych sieciach elektroenergetycznych o napięciach przemiennych do 1 kV i stałych do 1,5 kV - Urządzenia przeznaczone do sprawdzania, pomiarów lub monitorowania środków ochronnych.