

**SPRAWDZANIE INSTALACJI ELEKTRYCZNYCH NISKIEGO NAPIĘCIA –
PRZEGLĄD POSTANOWIEŃ NORMY PN-HD 60364-6:2016-07
W ZAKRESIE PRÓB I POMIARÓW**

Stanisław CZAPP

Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki
tel.: 58 347-13-98 fax: 58 347-18-98, e-mail: stanislaw.czapp@pg.edu.pl

Streszczenie: W artykule omówiono zasady wykonywania prób i pomiarów w instalacjach elektrycznych niskiego napięcia. Dokonano przeglądu postanowień najnowszej normy dotyczącej sprawdzania instalacji i zwrócono uwagę na zmiany przez nią wprowadzone.

Słowa kluczowe: instalacje elektryczne, ochrona przeciwporażeniowa, próby i pomiary, sprawdzanie.

1. WSTĘP

W lipcu 2016 roku pojawiła się w zbiorze Polskich Norm norma *PN-HD 60364-6:2016-07 (wersja angielska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 6: Sprawdzanie* [1], która zastąpiła wersję z roku 2008 [2]. Lektura tej normy pozwala stwierdzić, że w porównaniu z poprzednią edycją pewne zmiany w postanowieniach nastąpiły, jednak nie są one rewolucyjne. Niniejszy artykuł przedstawia zasady wykonywania prób i pomiarów, podczas sprawdzania instalacji elektrycznych niskiego napięcia, i jest aktualizacją materiału zawartego w publikacji [3].

Podobnie jak w poprzedniej wersji normy PN-HD 60364-6 [2], najnowsza norma [1] wyróżnia następujące pojęcia związane z kontrolą stanu instalacji:

- sprawdzanie – wszystkie czynności, za pomocą których kontroluje się zgodność instalacji elektrycznej z odpowiednimi wymaganiami normy HD 60364. Sprawdzanie obejmuje oględziny, próby i protokołowanie;
- oględziny – kontrola instalacji elektrycznej za pomocą wszelkich zmysłów (wzrok, słuch, powonienie, dotyk). Przy oględzinach nie wykorzystuje się próbników ani mierników;
- próba – użycie środków (próbniaków, mierników), za pomocą których można zweryfikować stan instalacji w celu określenia stanów i wartości niewykrywalnych za pomocą oględzin;
- protokołowanie – zapisywanie wyników oględzin i prób;
- konserwacja – powiązanie wszystkich technicznych i administracyjnych czynności, łącznie z czynnościami nadzoru, mających na celu utrzymanie instalacji w stanie, w którym spełnia ona wymagane funkcje lub przywrócenie jej do tego stanu.

Zakres wykonywania prób i pomiarów przy sprawdzaniu okresowym jest podobny jak przy sprawdzaniu odbiorczym.

W ramach prób i pomiarów należy:

- a) sprawdzić ciągłość przewodów,
- b) zmierzyć rezystancję izolacji instalacji elektrycznej,
- c) sprawdzić ochronę za pomocą SELV, PELV lub separacji elektrycznej,
- d) zmierzyć rezystancję/impedancję podłóg i ścian,
- e) sprawdzić biegunowość,
- f) sprawdzić samoczynne wyłączanie zasilania,
- g) sprawdzić ochronę uzupełniającą,
- h) sprawdzić kolejność faz,
- i) wykonać próby funkcjonalne i operacyjne,
- j) sprawdzić spadek napięcia.

Czynności te zaleca się wykonać w podanej kolejności, a jeżeli wynik którejkolwiek próby jest niezadowolający, to próbę tę i próbę poprzedzającą (jeżeli wykryte uszkodzenie może mieć wpływ na jej wynik) należy powtórzyć po usunięciu uszkodzenia. W porównaniu z poprzednią wersją normy, zalecana kolejność wykonania tych prób zmieniła się nieznacznie. Obecnie biegunowość zaleca się sprawdzić przed sprawdzaniem samoczynnego wyłączania zasilania, a poprzednio – po sprawdzaniu ochrony uzupełniającej.

Według normy PN-HD 60364-6:2016-07 [1] wymaga się, aby przyrządy pomiarowe były dobierane zgodnie z postanowieniami wieloarkuszowej normy *PN-EN 61557 Bezpieczeństwo elektryczne w niskonapięciowych sieciach elektroenergetycznych o napięciach przemiennych do 1000 V i stałych do 1500 V. Urządzenia przeznaczone do sprawdzania, pomiarów lub monitorowania środków ochronnych*.

2. SPRAWDZANIE CIĄGŁOŚCI PRZEWODÓW

Próba ciągłości przewodów powinna być wykonana w odniesieniu do:

- przewodów czynnych – jeżeli obwód odbiorczy jest pierścieniowy,
- przewodów ochronnych – przy kontroli połączeń wyrównawczych głównych i miejscowych, a także wtedy, gdy rezygnuje się z pomiaru impedancji pętli zwarciowej lub pomiaru rezystancji uziemienia, co norma dopuszcza [1].

W ramach tej próby należy zmierzyć rezystancję przewodów [5]. Jej typowe wartości jednostkowe podano w załączniku A (informacyjnym) normy PN-HD 60364-6:2016-07 [1].

W porównaniu z poprzednią wersją [2], w aktualnej normie [1] pojawiło się nowe wymaganie – należy sprawdzić ciągłość połączenia przewodów z częściami przewodzącymi dostępnymi.

3. POMIAR REZYSTANCJI IZOLACJI

Podstawowym pomiarem, który powinien być wykonany podczas badania izolacji instalacji jest pomiar rezystancji izolacji i ewentualnie wielkości z nią związanych (np. pomiar prądu upływowego) [1, 3].

Zgodnie z wymaganiami normy PN-HD 60364-6:2016-07 [1] rezystancję izolacji należy zmierzyć:

- między przewodami czynnymi,
- między przewodami czynnymi a uziemionym przewodem ochronnym/ochronno-neutralnym (podczas pomiaru wszystkie przewody czynne mogą być zwarte ze sobą).

Wymagania te zostały zmodyfikowane i są zbliżone do wcześniejszych, zawartych w normie z roku 2000 (PN-IEC 60364-6-61:2000 [4]). Zatem powrócono do pomiaru między poszczególnymi parami przewodów czynnych oraz między przewodami czynnymi a ziemią, czyli przewodem PEN (PE).

Nie zmieniły się wymagania odnośnie do najmniejszej dopuszczalnej rezystancji izolacji oraz napięcia pomiarowego. Wartości te zawarto w tablicy 1.

Tablica 1. Najmniejsze dopuszczalne wartości rezystancji izolacji przewodów instalacji niskiego napięcia według kolejnych edycji normy 60364-6 [1, 2, 4]

Napięcie nominalne instalacji V	Napięcie pomiarowe V	Rezystancja izolacji MΩ		
		60364-6-61:2000	60364-6:2008	60364-6:2016-07
Obwody SELV lub PELV	250	0,25	0,5	0,5
Nie większe niż 500 V, w tym FELV	500	0,5	1,0	1,0
Większe niż 500 V	1000	1,0	1,0	1,0

W normie [1] pojawił się zapis, że przy sprawdzaniu okresowym pomiar rezystancji izolacji nie jest konieczny w instalacjach z monitorowaniem stanu izolacji, np. wykorzystującym urządzenia RCM (ang. *residual current monitor*) lub IMD (ang. *insulation monitoring device*). Należy jednak sprawdzić działanie tych urządzeń.

4. SPRAWDZANIE OCHRONY ZA POMOCĄ SELV, PELV LUB SEPARACJI ELEKTRYCZNEJ

Wymagania odnośnie do sprawdzania stanu ochrony za pomocą SELV, PELV lub separacji elektrycznej nie zmieniły się w stosunku do wymagań normy z roku 2008 [2].

W przypadku obwodów SELV należy wykonać pomiar rezystancji izolacji pomiędzy:

- częściami czynnymi obwodu SELV a częściami czynnymi innych obwodów,

- częściami czynnymi obwodu SELV a ziemią.

W przypadku obwodów PELV wykonuje się pomiar tylko między częściami czynnymi obwodu PELV a częściami czynnymi innych obwodów. Wartość napięcia pomiarowego oraz najmniejsza dopuszczalna rezystancja izolacji w obwodach SELV i PELV jest podana w tablicy 1.

W obwodach, w których zastosowano separację elektryczną i występuje tylko jeden odbiornik, wystarczający jest pomiar rezystancji izolacji pomiędzy:

- częściami czynnymi obwodu separowanego a częściami czynnymi innych obwodów,
- częściami czynnymi obwodu separowanego a ziemią.

Napięcie pomiarowe powinno wynosić 500 V, a najmniejsza dopuszczalna rezystancja izolacji wynosi 1,0 MΩ.

W obwodach separowanych z więcej niż jednym odbiornikiem, należy dodatkowo sprawdzić (pomiarowo lub obliczeniowo), czy w razie dwumiejscowego zwarcia, za pośrednictwem nieuziemionych przewodów wyrównawczych, nastąpi samoczynne wyłączenie zasilania w wymaganym czasie. Wymagania odnośnie do czasu wyłączenia są takie jak dla układu TN (tabl. 2).

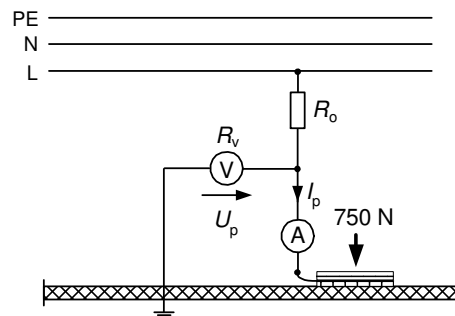
5. POMIAR REZYSTANCJI/IMPEDANCJI PODŁÓG I ŚCIAN

Pomiar rezystancji/impedancji podłóg i ścian wykonuje się w instalacjach, w których zastosowano izolowanie stanowiska jako środek ochrony przy uszkodzeniu. W każdym pomieszczeniu należy wykonać co najmniej trzy pomiary, w tym jeden pomiar w odległości około 1 m od części przewodzących obcych.

W instalacjach o napięciu przemiennym należy stosować napięcie pomiarowe przemiennie o wartości i częstotliwości napięcia roboczego. Dopuszcza się napięcie pomiarowe niższe, ale nie niższe niż 25 V. Jednak w takim wypadku wymaga się dodatkowo pomiaru rezystancji podłóg i ścian przy napięciu pomiarowym DC o wartości co najmniej:

- 500 V – w instalacji o napięciu nominalnym nie większym niż 500 V,
- 1000 V – w instalacji o napięciu nominalnym większym niż 500 V.

Jeżeli do pomiaru stosuje się napięcie większe niż 50 V, to dla celów bezpieczeństwa należy ograniczyć prąd pomiarowy do wartości nie większej niż 3,5 mA, np. poprzez włączenie dodatkowej rezystancji ograniczającej (rys. 1).



Rys. 1. Zasada pomiaru impedancji podłóg.

U_p – zmierzone napięcie względem ziemi, I_p – prąd pomiarowy, R_o – rezystancja ograniczająca prąd pomiarowy, R_v – rezystancja wewnętrzna woltomierza

Impedancję podłogi Z_p wyznacza się z następującej zależności (oznaczenia wyjaśniono w podpisie rys. 1):

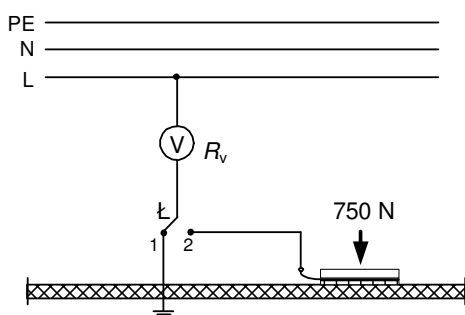
$$Z_p = \frac{U_p}{I_p} \quad (1)$$

Rezystancja wewnętrzna woltomierza powinna wynosić co najmniej 1 M Ω .

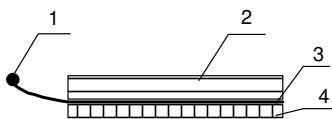
W przypadku instalacji napięcia stałego, pomiar rezystancji podłóg i ścian sprowadza się do wykonania pomiaru z wykorzystaniem napięcia pomiarowego DC, jak to wymieniono powyżej.

W instalacjach o napięciu przemiennym w praktyce stosuje się metodę woltomierzową lub metodę techniczną. Na rysunku 2 przedstawiono zasadę pomiaru rezystancji podłóg (stanowiska) z wykorzystaniem metody woltomierzowej.

a)



b)



Rys. 2. Sposób pomiaru rezystancji stanowiska/podłogi metodą woltomierzową: a) układ pomiarowy, b) budowa elektrody pomiarowej: 1 – zacisk przyłączeniowy, 2 – płyta z drewna lub tworzywa sztucznego, 3 – płyta metalowa, 4 – guma przewodząca, a w jej braku – zwilżona tkanina lub zwilżony papier

Układ jest zasilany napięciem AC 230 V. Rezystancję mierzy się pomiędzy elektrodą probierczą a przewodem ochronnym instalacji (uziemiałą konstrukcją). Elektroda o wymiarach (25x25) cm powinna być dociśnięta siłą 750 N do podłogi (250 N w przypadku ścian). Do stanowiska/podłogi powinna przylegać miękka część elektrody np. gumy przewodzącej lub zwilżonej tkaniny.

W metodzie tej mierzy się dwa napięcia:

U_1 – napięcie względem ziemi – łącznik \mathcal{L} w położeniu 1, U_2 – napięcie na rezystancji wewnętrznej woltomierza R_v – łącznik \mathcal{L} w położeniu 2.

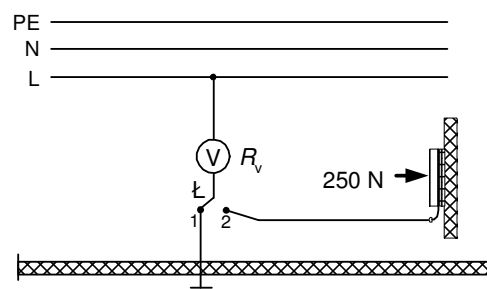
Szukaną rezystancję stanowiska/podłogi można obliczyć ze wzoru:

$$R_p = R_v \left(\frac{U_1}{U_2} - 1 \right) \quad (2)$$

Analogicznie należy wykonać pomiar rezystancji/impedancji ścian (rys. 3).

Do pomiaru rezystancji podłóg można użyć również innej elektrody [1]: metalowego statywu trójnożnego,

którego podpórki spoczywające na podłodze tworzą wierzchołki trójkąta równobocznego. Każda z podpórek zapewnia, po obciążeniu, odpowiednią stycność z badaną powierzchnią na płaszczyźnie o polu powierzchni około 900 mm². Rezystancja przejścia elektrody powinna wynosić około 5000 Ω .



Rys. 3. Sposób pomiaru rezystancji ściany metodą woltomierzową

Rezystancja/impedancja podłóg i ścian nie powinna być mniejsza niż:

- a) 50 k Ω , jeżeli napięcie nominalne instalacji nie przekracza 500 V,
- b) 100 k Ω , jeżeli napięcie nominalne instalacji przekracza 500 V.

Jeżeli warunki podane powyżej nie są spełnione, to, z punktu widzenia ochrony przeciwporażeniowej, te podłogi i ściany kwalifikuje się do części przewodzących obcych.

6. SPRAWDZANIE BIEGUNOWOŚCI

Próba biegunowości ma na celu sprawdzenie, czy łączniki jednobiegunowe nie są zainstalowane w przewodzie neutralnym obwodów, co jest niedopuszczalne. Przewód neutralny może być rozłączany, ale należy to zapewnić w taki sposób, aby styki bieguna neutralnego łącznika otwierały się nie wcześniej niż styki w biegunach fazowych, natomiast załączanie bieguna neutralnego powinno następować nie później niż biegunów fazowych [6]. Otwarcie jednobiegunowego łącznika w przewodzie neutralnym obwodu trójfazowego może doprowadzić do znacznej asymetrii napięć fazowych w instalacji i spowodować uszkodzenie odbiorników.

7. SPRAWDZANIE SKUTECZNOŚCI SAMOCZYNNEGO WYŁĄCZANIA ZASILANIA

7.1. Czas wyłączenia i warunek skuteczności ochrony

Ochrona przeciwporażeniowa przez samoczynne wyłączenie zasilania jest skuteczna, jeżeli podczas zwarcia L-PE (L-PEN):

- nastąpi wyłączenie zasilania w wymaganym przez normę czasie lub
- nie będą przekroczone napięcia dotykowe dopuszczalne długotrwałe.

Największe dopuszczalne czasy wyłączenia zasilania według normy [7] są podane w tablicy 2.

W układzie TN największy dopuszczalny czas wyłączenia zasilania równy 5 s można przyjąć dla obwodów rozdzielczych oraz, pod pewnymi warunkami, dla obwodów odbiorczych o prądzie znamionowym większym niż 32 A.

W układzie TT największy dopuszczalny czas wyłączenia zasilania równy 1 s można przyjąć dla obwodów rozdzielczych oraz, pod pewnymi warunkami, dla obwodów odbiorczych o prądzie znamionowym większym niż 32 A.

Tablica 2. Największy dopuszczalny czas wyłączenia zasilania w sekundach [7]

Układ sieci	50 V < U _o ≤ 120 V		120 V < U _o ≤ 230 V		230 V < U _o ≤ 400 V		U _o > 400 V	
	AC	DC	AC	DC	AC	DC	AC	DC
TN	0,8	¹⁾	0,4	5	0,2	0,4	0,1	0,1
TT	0,3	¹⁾	0,2	0,4	0,07	0,2	0,04	0,1

¹⁾ Wyłączenie może być wymagane z innych powodów niż zagrożenie porażeniem,
U_o – napięcie instalacji względem ziemi.

Warunki skuteczności ochrony przeciwporażeniowej w poszczególnych układach sieci, z uwzględnieniem rodzaju urządzenia wyłączającego, przedstawiono w tablicy 3.

Tablica 3. Warunki skuteczności ochrony przeciwporażeniowej w układach sieci niskiego napięcia [7]

Układ sieci	Warunek skuteczności	Urządzenie wyłączające	Uwagi
TN	$Z_{sTN} \leq \frac{U_o}{I_a}$	nadprądowe lub różnicowoprądowe	
TT	$Z_{sTT} \leq \frac{U_o}{I_a}$	nadprądowe	
	$R_A \leq \frac{U_L}{I_a}$	różnicowoprądowe	
IT bez przew. N	$Z_{sIT} \leq \frac{\sqrt{3} \cdot U_o}{2 \cdot I_a}$	nadprądowe	przy dwumiejscowym zwarciu z ziemią
IT z przew. N	$Z'_{sIT} \leq \frac{U_o}{2 \cdot I_a}$		

I_a – prąd wyłączający zabezpieczenia, A,
U_o – napięcie nominalne sieci względem ziemi (w układzie IT napięcie między fazą i punktem neutralnym), V,
U_L – napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwale, V,
R_A – rezystancja uziemienia przewodu ochronnego, Ω,
Z_{sTN} – impedancja pętli zwarciowej w układzie TN obejmująca przewód skrajny i przewód ochronny, Ω,
Z_{sTT} – impedancja (rezystancja) pętli zwarciowej w układzie TT obejmująca uziemienie przewodu ochronnego odbiornika (odbiorników) i uziemienie w stacji zasilającej, Ω,
Z_{sIT} – impedancja pętli zwarciowej od źródła zasilania do rozpatrywanego odbiornika obejmująca przewód skrajny i przewód ochronny, Ω,
Z'_{sIT} – impedancja pętli zwarciowej od źródła zasilania do rozpatrywanego odbiornika obejmująca przewód neutralny i przewód ochronny, Ω

Jeżeli w obwodzie jest zastosowany wyłącznik różnicowoprądowy, to należy sprawdzić jego rzeczywisty prąd różnicowy zadziałania. Szczegóły związane z tym sprawdzaniem podano w punkcie 8 niniejszego opracowania.

Podobnie jak poprzednio [2], pomiar czasu zadziałania wyłącznika różnicowoprądowego jest wymagany tylko w następujących sytuacjach:

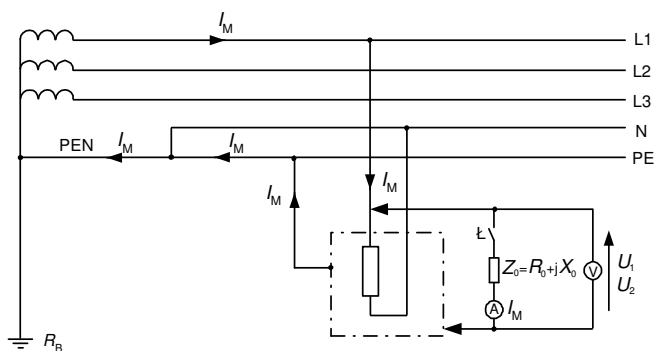
- w nowej instalacji zastosowano wyłączniki różnicowoprądowe z odzysku,
- wcześniej zainstalowane wyłączniki różnicowoprądowe mają chronić obwody, które właśnie rozbudowano lub przebudowano.

Pomiary te przeprowadza się tylko przy sprawdzaniu odbiorczym.

7.2. Pomiar impedancji pętli zwarciowej

Wartość impedancji pętli zwarciowej służy do oceny skuteczności ochrony przeciwporażeniowej w układzie TN, układzie IT (samoczynne wyłączanie zasilania przy zwarciu dwumiejscowym, jeżeli powstanie pętla metaliczna – uziemienie zbiorowe urządzeń) oraz w układzie TT, w którym jako urządzenia wyłączające zastosowano zabezpieczenia nadprądowe.

Opisana w aktualnej normie [1] metoda pomiaru impedancji pętli zwarciowej, to od dawna stosowana metoda wykorzystująca zasadę „sztucznego zwarcia”. Zasadę pomiaru w układzie TN przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Pomiar impedancji pętli zwarciowej w układzie TN

Mierzone są kolejno dwa napięcia: przed załączeniem obciążenia pomiarowego i po jego załączeniu. Obciążenie pomiarowe powinno zapewniać prąd pomiarowy wystarczająco duży, aby znaczna różnica mierzonych napięć gwarantowała wiarygodny wynik pomiaru. Impedancję mierzoną *Z* określa zależność:

$$Z = Z_0 \frac{U_1 - U_2}{U_2} = Z_0 \left(\frac{U_1}{U_2} - 1 \right) \quad (3)$$

gdzie: *Z* – impedancja mierzona, *Z₀* – impedancja obciążenia pomiarowego, *U₁* – napięcie przez załączeniem obciążenia pomiarowego, *U₂* – napięcie po załączeniu obciążenia pomiarowego.

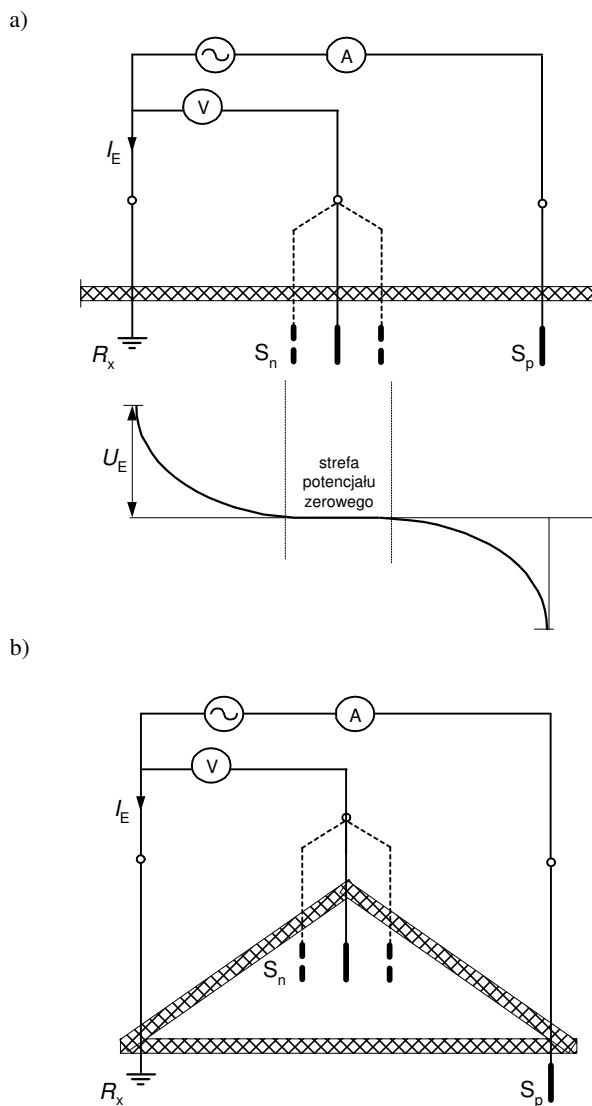
Należy podkreślić, że w aktualnej normie PN-HD 60364-6:2016-07 [1] zrezygnowano z zapisu zawartego w poprzedniej wersji, że pomiar impedancji pętli nie jest konieczny, jeżeli obwód jest chroniony wyłącznikiem różnicowoprądowym o *I_{Δn}* ≤ 500 mA. Obecnie zaznacza się, że pomiar impedancji zwarciowej powinien być wykonany tam, gdzie to możliwe, a jeżeli nie jest możliwy (np. z powodu zbyt dużego ryzyka zbędnego wyłączenia obwodu podczas pomiaru), to wystarczające jest sprawdzenie ciągłości przewodów ochronnych oraz wykonanie obliczeń impedancji pętli zwarciowej lub rezystancji przewodów ochronnych.

7.3. Pomiar rezystancji uziemienia

Opisywana w normie [1] zasada pomiaru rezystancji uziemienia to klasyczna metoda pomiarowa (rys. 5). Przepływający przez badane uziemienie *R_x* i uziom pomocniczy *S_p* prąd *I_E* wywołuje spadek napięcia *U_E* na rezystancji uziemienia *R_x*, który mierzy się woltomierzem wchodzącym w skład obwodu napięciowego. Istotnym elementem obwodu napięciowego jest sonda napięciowa *S_n*. Od jej prawidłowego umieszczenia zależy to, czy wynik

pomiaru będzie poprawny. Sonda napięciowa powinna się znajdować w strefie potencjału zerowego, tzw. ziemi odniesienia. Aby upewnić się co do tego, należy wykonać dwa dodatkowe pomiary umieszczając tę sondę raz bliżej, raz dalej od uziomu badanego (linie przerywane łączące się z sondą S_n na rys. 5).

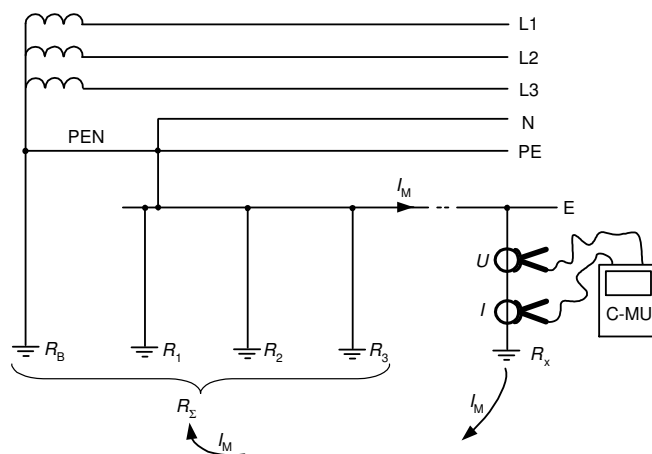
Nowością w normie [1] jest wskazanie rozmieszczenia sond w taki sposób, aby z uziomem badanym tworzyły trójkąt (rys. 5b). W praktyce ten sposób jest od dawna stosowany, a w niektórych przypadkach wręcz wymagany, aby uniknąć skutków sprzężeń elektromagnetycznych między przewodami pomiarowymi. Tak jest np. przy stosowaniu miernika udarowego [8]. Zgodnie z instrukcją użytkowania tego miernika, sondy pomiarowe powinny być rozmieszczone względem siebie pod kątem $(90 \div 180)^\circ$.



Rys. 5. Zasada pomiaru rezystancji uziemienia. Uziom badany i sondy pomiarowe rozmieszczone: a) w jednej linii, b) w układzie trójkąta

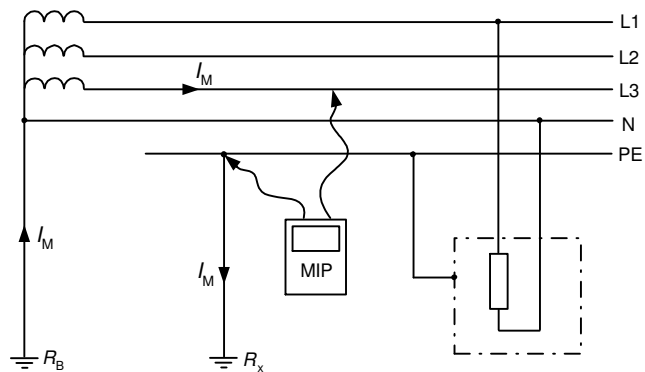
Podobnie jak w poprzedniej wersji normy, omawiany jest pomiar rezystancji uziemienia tzw. metodą cęgową (rys. 6). Ta metoda nie wymaga stosowania sondy prądowej ani sondy napięciowej. Miernik jest wyposażony w cęgowy transformator napięciowy, który indukuje napięcie w pętli obejmującej uziom badany R_x oraz pozostałe równoległe połączone uziomy o wypadkowej rezystancji uziemienia R_Σ . Drugi przetwornik cęgowy jest przekładnikiem prądowym

indukcyjnym, który mierzy prąd o częstotliwości pomiarowej (innej niż częstotliwość sieci). W układzie tym mierzy się sumę rezystancji $R_x + R_\Sigma$, zatem uzyskuje się wartość większą niż poszukiwana (błąd w kierunku bezpiecznym). Jeżeli wartość zmierzona nie przekracza dopuszczalnej, to nie ma konieczności wykonywania dokładniejszych pomiarów.



Rys. 6. Pomiar rezystancji pętli metodą cęgową. I_M – prąd pomiarowy, R_B – uziom w stacji zasilającej, R_x – uziom badany, R_1, R_2, R_3 – dodatkowe uziomy przyłączone do głównej szyny wyrównawczej, C-MU – cęgowy miernik uziemień

Zamiast klasycznego pomiaru rezystancji uziemienia można wykonać pomiar impedancji pętli zwarciowej. W tym przypadku też nie stosuje się sondy prądowej ani sondy napięciowej. Na rysunku 7 przedstawiono taki pomiar w instalacji o układzie TT. Mierzy się sumę rezystancji $R_B + R_x$. Podobnie jak poprzednio, jeżeli wartość zmierzona nie przekracza dopuszczalnej, to pomiar można uznać za wystarczający.



Rys. 7. Pomiar rezystancji pętli w układzie TT miernikiem impedancji pętli zwarciowej MIP

8. SPRAWDZANIE SKUTECZNOŚCI OCHRONY UZUPEŁNIAJĄCEJ

Ochronę uzupełniającą w razie dotyku bezpośredniego zapewniają wyłączniki różnicowoprądowe wysokoczułe ($I_{\Delta n} \leq 30$ mA). Zanim przystąpi się do pomiarów związanych z ochroną uzupełniającą, należy sprawdzić, czy zainstalowano wyłączniki w obwodach, w których taka ochrona jest wymagana.

Podstawowe wymaganie związane z ochroną uzupełniającą jest zawarte w normie PN-HD 60364-4-

41:2009 [7] – obwody gniazd wtyczkowych ogólnego przeznaczenia o prądzie znamionowym nieprzekraczającym 20 A, które są użytkowane przez laików oraz obwody urządzeń przenośnych o znamionowym prądzie nieprzekraczającym 32 A użytkowane na wolnym powietrzu powinny być chronione za pomocą wyłączników różnicowoprądowych wysokoczułych ($I_{\Delta n} \leq 30$ mA).

Wymagań związanych z ochroną uzupełniającą jest więcej. Są one podane w arkuszach serii 700 normy PN-HD 60364. Poniżej przedstawiono wymagania z wybranych arkuszy tej serii:

- PN-HD 60364-7-701:2010 [9] – Wszelkie obwody w pomieszczeniach kąpielowych, nie tylko obwody gniazd wtyczkowych, powinny być objęte ochroną uzupełniającą za pomocą jednego lub większej liczby wyłączników różnicowoprądowych wysokoczułych ($I_{\Delta n} \leq 30$ mA).
- PN-HD 60364-7-703:2007 [10] – Wszystkie obwody sauny, z wyjątkiem obwodu ogrzewacza sauny, powinny być objęte ochroną uzupełniającą za pomocą jednego lub większej liczby wyłączników różnicowoprądowych wysokoczułych ($I_{\Delta n} \leq 30$ mA).
- PN-HD 60364-7-704:2010 [11] – Na terenie placu budowy i rozbiórki obwody gniazd wtyczkowych o prądzie znamionowym nieprzekraczającym 32 A oraz inne obwody, z których zasila się urządzenia ręczne o prądzie znamionowym nieprzekraczającym 32 A, powinny być chronione za pomocą wyłączników różnicowoprądowych wysokoczułych ($I_{\Delta n} \leq 30$ mA).
- PN-HD 60364-7-709:2010 [12] – W instalacjach na terenie portów jachtowych każde gniazdo wtyczkowe o prądzie znamionowym nieprzekraczającym 63 A powinno być indywidualnie chronione za pomocą wyłącznika różnicowoprądowego o prądzie $I_{\Delta n} \leq 30$ mA.
- PN-HD 60364-7-714:2012 [13] – Urządzenia oświetleniowe budek telefonicznych, wiat przystankowych komunikacji publicznej, planów miast i miejscowości, reklam i podobne powinny być objęte ochroną uzupełniającą za pomocą wyłącznika różnicowoprądowego o prądzie $I_{\Delta n} \leq 30$ mA.
- PN-HD 60364-7-753:2014-12 [14] – Obwody zasilające grzejniki powinny być objęte ochroną uzupełniającą za pomocą wyłączników różnicowoprądowych o prądzie $I_{\Delta n} \leq 30$ mA.

W ramach próby należy sprawdzić, czy rzeczywisty prąd różnicowy zadziałania wyłącznika mieści się w dopuszczalnym przez normę paśmie rozrzutu. Badania wyłączników typu AC odbywają się przy prądzie różnicowym sinusoidalnym. Rzeczywisty prąd zadziałania wyłącznika powinien być większy niż $0,5I_{\Delta n}$, ale nie większy niż $I_{\Delta n}$ (dopuszcza się sprawdzenie próbniakiem wymuszającym prąd pomiarowy tylko o wartości $I_{\Delta n}$ – wyłącznik powinien zadziałać). Wyłączniki typu A zaleca się ponadto badać się przy prądach różnicowych jednokierunkowych pulsujących. Przy tych próbach dopuszcza się, aby rzeczywisty prąd różnicowy zadziałania mieścił się w szerszych granicach niż $(0,5 \div 1)I_{\Delta n}$. W tabelicy 4 przedstawiono dane związane z dodatkowymi próbami wyłączników różnicowoprądowych typu A. Sprawdzenie wartości prądu, przy której wyzwala wyłącznik różnicowoprądowy, może odbywać się z wykorzystaniem prostego układu jak na rysunku 8. W przypadku wyłączników różnicowoprądowych typu B, zaleca się, aby miernik umożliwiał wymuszanie również prądu stałego o pomijalnym tętnieniu.

Tablica 4. Zakres dodatkowych prób wyzwalaenia wyłączników różnicowoprądowych typu A – badanie prądem jednokierunkowym [15, 16, 17]

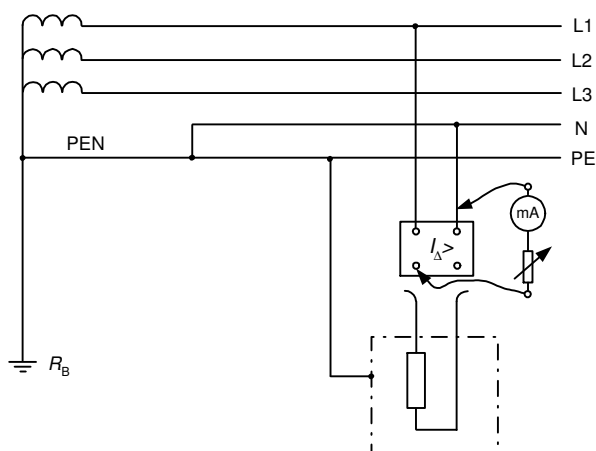
Kąt opóźnienia prądu α [°]	Prąd różnicowy	
	niezadziałania	zadziałania
0	$0,35I_{\Delta n}$	$1,4I_{\Delta n}^*$
90	$0,25I_{\Delta n}$	
135	$0,11I_{\Delta n}$	

* dla wyłączników różnicowoprądowych o $I_{\Delta n} < 30$ mA należy przyjmować $2I_{\Delta n}$

Dość kłopotliwe jest badanie wyłączników różnicowoprądowych typu F, które są przeznaczone do obwodów o prądzie różnicowym zawierającym wyższe harmoniczne (dotyczy to także wyłączników typu B nowej generacji). Zgodnie z normą [18], wyłączniki typu F oprócz prądu przemiennego o częstotliwości 50/60 Hz oraz prądów stałych pulsujących powinny wykrywać prąd odkształcony o parametrach podanych w tabelicy 5. Zdolność taką zaleca się potwierdzić pomiarowo. Niestety, obecnie na rynku nie ma miernika, który wymusza taki prąd odkształcony.

Tablica 5. Parametry prądu odkształconego, przy którym sprawdza się działanie wyłączników różnicowoprądowych typu F [18]

Składowe prądu			Początkowa wartość skuteczna liniowo narastającego prądu probierczego	Przedział, w którym powinien zadziałać wyłącznik
I_{fn}	I_{1kHz}	$I_{M(10Hz)}$	$I_{\Delta p}$	$I_{\Delta r}$
$0,138I_{\Delta n}$	$0,138I_{\Delta n}$	$0,035I_{\Delta n}$	$0,2I_{\Delta n}$	$(0,5 \div 1,4)I_{\Delta n}$
I_{fn} – składowa harmoniczna o częstotliwości podstawowej (z reguły 50 Hz), I_{1kHz} – składowa harmoniczna o częstotliwości impulsowania przekształtnika (PWM 1 kHz), $I_{M(10Hz)}$ – składowa harmoniczna o częstotliwości podstawowej odniesienia (silnik zasilany z przekształtnika napięciem o częstotliwości 10 Hz), $I_{\Delta n}$ – znamionowy prąd różnicowy wyłącznika różnicowoprądowego przy częstotliwości znamionowej (z reguły 50 Hz)				



Rys. 8. Pomiar rzeczywistego prądu różnicowego zadziałania

Niezależnie od kształtu przebiegu prądu probierczego, badanie wyłącznika różnicowoprądowego należy wykonać

sposób następujący. Po odłączeniu instalacji odbiorczej od wyłącznika należy wymusić prąd różnicowy wykorzystując do tego rezystor nastawny. Miliamperomierz w jego obwodzie wskazuje wartość prądu różnicowego. Zmniejszając wartość rezystancji w obwodzie zwiększa się wartość prądu różnicowego aż do zadziałania wyłącznika (rys. 8). W praktyce najczęściej wykorzystuje się dostępne na rynku mierniki lub próbki (testery).

9. SPRAWDZANIE KOLEJNOŚCI FAZ

Ta próba jest konieczna w obwodach trójfazowych zasilających maszyny elektryczne, aby nie dopuścić do niewłaściwego kierunku wirowania ich wirników.

10. WYKONANIE PRÓBY FUNKCJONALNEJ I OPERACYJNEJ

Próby funkcjonalne są to próby działania sterownic, napędów, blokad, zabezpieczeń itp., które mają na celu sprawdzenie, czy urządzenia te są właściwie zainstalowane, zmontowane i nastawione. Przykładem są urządzenia do kontroli stanu izolacji oraz urządzenia do wyłączania awaryjnego lub zatrzymania awaryjnego.

11. SPRAWDZANIE SPADKU NAPIĘCIA

Należy sprawdzić, czy spadek napięcia nie przekracza wartości dopuszczalnych podanych w normie PN-HD 60364-5-52:2011 [19]. W przypadku zasilania instalacji bezpośrednio z sieci publicznej spadek napięcia nie powinien przekraczać:

- 3% w obwodach oświetleniowych,
- 5% w innych obwodach.

Zgodnie z normą [1] spadek napięcia można sprawdzić:

- wykonując pomiar impedancji pętli zwarciowej,
- wykonując pomiar napięcia przed i po załączeniu znanego obciążenia.

Alternatywnie, wartość spadku napięcia można określić obliczeniowo.

12. CZĘSTOŚĆ SPRAWDZANIA INSTALACJI

Przy ustalaniu częstości sprawdzania instalacji elektrycznych wiążące są wymagania Ustawy Prawo budowlane [20]. Zgodnie z tą ustawą kontrola instalacji elektrycznych, w zależności od narażeń środowiskowych, powinna być przeprowadzana:

- nie rzadziej niż co 5 lat,
- nie rzadziej niż co 1 rok,
- w szczególnych przypadkach dwa razy w roku.

Stanowi o tym zapis art. 62.1 Prawa budowlanego: „Obiekty budowlane powinny być w czasie ich użytkowania poddawane przez właściciela lub zarządcę kontroli:

- 1) okresowej, co najmniej raz w roku, polegającej na sprawdzeniu stanu technicznego:
 - a) elementów budynku, budowli i instalacji narażonych na szkodliwe wpływy atmosferyczne i niszczące działania czynników występujących podczas użytkowania obiektu, (...)
- 2) okresowej kontroli, co najmniej raz na 5 lat, polegającej na sprawdzeniu stanu technicznego i przydatności do użytkowania obiektu budowlanego, estetyki obiektu budowlanego oraz jego otoczenia; kontrolą tą powinno być objęte również badanie instalacji elektrycznej

i piorunochronnej w zakresie stanu sprawności połączeń, osprzętu, zabezpieczeń i środków ochrony od porażeń, oporności izolacji przewodów oraz uziemień instalacji i aparatów,

- 3) okresowej w zakresie, o którym mowa w pkt. 1, co najmniej dwa razy w roku, w terminach do 31 maja oraz do 30 listopada, w przypadku budynków o powierzchni zabudowy przekraczającej 2000 m² oraz innych obiektów budowlanych o powierzchni dachu przekraczającej 1000 m², (...)

13. WNIOSKI

Najnowsza norma PN-HD 60364-6:2016-07 [1], dotycząca sprawdzania stanu instalacji elektrycznych niskiego napięcia, nie wprowadza zasadniczych zmian w zakresie prób i pomiarów w stosunku do wersji z roku 2008 [2]. Zmiany/uzupełnienia postanowień to raczej dostosowanie treści normy do aktualnego stanu wiedzy. W niektórych przypadkach zmiany te ułatwiają ocenę stanu instalacji elektrycznej.

14. BIBLIOGRAFIA

1. PN-HD 60364-6:2016-07 (wersja angielska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 6: Sprawdzenie.
2. PN-HD 60364-6:2008 (wersja polska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 6: Sprawdzenie.
3. Czapp S.: Kontrola stanu instalacji elektrycznych niskiego napięcia – przegląd aktualnych wymagań w zakresie prób i pomiarów. Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej Nr 27, Gdańsk 2010, s. 105-114.
4. PN-IEC 60364-6-61:2000 (wersja polska) Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych – Sprawdzenie – Sprawdzenie odbiorcze.
5. PN-EN 61557-4:2007 (wersja angielska) Bezpieczeństwo elektryczne w niskonapięciowych sieciach elektroenergetycznych o napięciach przemiennych do 1000 V i stałych do 1500 V – Urządzenia przeznaczone do sprawdzania, pomiarów lub monitorowania środków ochronnych – Część 4: Rezystancja przewodów uziemiających i przewodów wyrównawczych.
6. PN-HD 60364-5-53:2016-02 (wersja polska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 5-53: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Aparatura rozdzielcza i sterownicza.
7. PN-HD 60364-4-41:2009 (wersja polska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa – Ochrona przed porażeniem elektrycznym.
8. Udarowy miernik uziemień, typ WG-407. Karta katalogowa.
9. PN-HD 60364-7-701:2010 (wersja polska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 7-701: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji – Pomieszczenia wyposażone w wannę lub prysznic.
10. PN-HD 60364-7-703:2007 (wersja polska) Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych – Część 7-703: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji – Pomieszczenia i kabiny zawierające ogrzewacze sauny.

11. PN-HD 60364-7-704:2010 (wersja polska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 7-704: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji – Instalacje na terenie budowy i rozbiórki.
12. PN-HD 60364-7-709:2010 (wersja angielska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 7-709: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji – Porty jachtowe oraz podobne lokalizacje.
13. PN-HD 60364-7-714:2012 (wersja angielska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 7-714: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji – Instalacje oświetlenia zewnętrznego.
14. PN-HD 60364-7-753:2014-12 (wersja angielska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 7-753: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji – Kable grzewcze i wbudowane systemy grzewcze.
15. IEC TR 60755:2008 General requirements for residual current operated protective devices. 2nd edition.
16. PN-EN 61008-1:2013 (wersja angielska) Wyłączniki różnicowoprądowe bez wbudowanego zabezpieczenia nadprądowego do użytku domowego i podobnego (RCCB) – Część 1: Postanowienia ogólne.
17. PN-EN 61557-6:2008 (wersja angielska) Bezpieczeństwo elektryczne w niskonapięciowych sieciach elektroenergetycznych o napięciach przemiennych do 1000 V i stałych do 1500 V – Urządzenia przeznaczone do sprawdzania, pomiarów lub monitorowania środków ochronnych – Część 6: Urządzenia różnicowoprądowe (RCD) w sieciach TT, TN i IT.
18. PN-EN 62423:2013-06 (wersja polska) Wyłączniki różnicowoprądowe typu F i typu B z wbudowanym zabezpieczeniem nadprądowym i bez wbudowanego zabezpieczenia nadprądowego do użytku domowego i podobnego.
19. PN-HD 60364-5-52:2011 (wersja polska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 5-52: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Oprzewodowanie.
20. Ustawa Prawo budowlane z dnia 7 lipca 1994 r. (Dz.U. z 1994, Nr 89, poz. 414 z późn. zm.).

VERIFICATION OF LOW VOLTAGE ELECTRICAL INSTALLATIONS – A REVIEW OF THE PROVISIONS OF THE STANDARD PN-HD 60364-6:2016-07 RELATED TO TESTS

In the paper principles of testing of safety in low voltage systems, according to the standard PN-HD 60364-6:2016-07, are presented. The new provisions of the standard are compared with the provisions presented in the previous version: PN-HD 60364-6:2008. Main changes in these provisions are underlined. It may be concluded that the new standard introduces only slight modifications to the verification process.

Keywords: electrical installations, protection against electric shock, tests, verification.