

## ZAMÓW I CZYTAJ MIESIĘCZNIK ORAZ ZESZYTY PODRĘCZNIKA INPE!

Zadbaj o poziom swojej wiedzy technicznej. Zatrzymaj jej deprecjację w następstwie postępu technicznego, dynamicznych zmian przepisów prawnych, Polskich Norm i uznanych reguł technicznych.

MIESIĘCZNIK STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH



ODZNACZONY m.in. ZŁOTĄ ODZNAKĄ HONOROWĄ SEP

Założony w 1994 r. przez Zarząd Główny SEP

Miesięcznik *INPE* jest jedynym ogólnopolskim czasopismem, które zapewnia szybką i pełną, systematyczną informację o przepisach technicznych, normach i zasadach wiedzy technicznej w zakresie elektryki.

W miesięczniku *INPE* znajdziesz bieżące informacje o zmianach w przepisach technicznych, o normach opublikowanych, wycofanych i uznanych za Polskie Normy, komentarze i objaśnienia, porady i odpowiedzi na listy Czytelników, artykuły naukowo-techniczne, a także prezentujące aktualne zasady wiedzy technicznej i słownictwa elektrycznego.

DODATEK DO MIESIĘCZNIKA „INPE” SEP



ODZNACZONY m.in. ZŁOTĄ ODZNAKĄ HONOROWĄ SEP

Ukazuje się w cyklu 2- lub 3-miesięcznym

Miesięcznik *INPE* jest adresowany do firm i osób zainteresowanych elektryką w zakresie inwestycji, remontów, usług i eksploatacji sieci, instalacji i urządzeń elektrycznych oraz użytkowania obiektów w budownictwie powszechnym i specjalnym, a w szczególności osób zajmujących się inwestycjami, projektowaniem, wykonawstwem, nadzorem inwestycyjnym, rzeczoznawstwem oraz kształceniem i doskonaleniem kwalifikacji zawodowych w uczelniach i na kursach szkoleniowych. Od lipca 2004 roku ukazują się „Zeszyty monotematyczne Podręcznika *INPE* dla Elektryków”. Dla całorocznych Prenumeratorów „Miesięcznika *INPE*” są one bezpłatnym dodatkiem.

Zeszyty monotematyczne „Podręcznika...” oprócz aktualnego stanu wiedzy w zakresie prezentowanej w nich tematyki zawierają także dane i wskazówki zebrane z obowiązujących przepisów, aktualnych zasad wiedzy technicznej i Polskich Norm.

Podręcznik stanowi kompendium praktycznej wiedzy technicznej z dziedziny elektryki i z nią związanej, potrzebnej projektantom, kierownikom robót i budów, inspektorom nadzoru, użytkownikom i osobom odpowiedzialnym za utrzymanie w ruchu sieci, instalacji i urządzeń elektrycznych.

Wydawca i Redakcja: SEP – COSiW Zakład Wydawniczy *INPE*  
ul. Czapliniecka 44, 97-400 Bełchatów, tel./fax 44 633 33 55  
e-mail: redinpe@neostrada.pl

NIP: 526-000-09-79

www.redinpe.com

Adres dla korespondencji: ul. Kalinowa 5, 97-400 Bełchatów, fax 44 635 02 02

Redaktor naczelny: Tadeusz Malinowski, tel. 44 632 32 61, kom. 785 028 557

Z-ca Redaktora naczelnego: Jan Strojny, tel. 695 899 729

Biuro i księgowość: Małgorzata Filipiak, tel. 44 633 33 55, kom. 783 976 966

MIESIĘCZNIK STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH



INFORMACJE O NORMACH  
I PRZEPISACH  
ELEKTRYCZNYCH

ODZNACZONY m.in. ZŁOTĄ ODZNAKĄ HONOROWĄ SEP

Numer specjalny. Czerwiec 2012 r.

ISSN 1234-0081

Praca zbiorowa

ANEKS  
do 23. Zeszytu  
„Podręcznika *INPE* dla Elektryków”

Czerwiec 2012 r.

COSiW SEP ZAKŁAD WYDAWNICZY „INPE” w BEŁCHATOWIE

**WYKAZ ZESZYTÓW MONOTEMATYCZNYCH**  
**„Podręcznika INPE dla ELEKTRYKÓW”**

Zeszyty monotematyczne „Podręcznika INPE dla Elektryków” zawierają dane i wskazówki zebrane z obowiązujących przepisów, aktualnych zasad wiedzy technicznej i Polskich Norm. Dotychczas ukazały się:

<b>Zeszyt 1</b>	<b>Instalacje elektryczne. Wiadomości ogólne</b> – doc. dr inż. Jan Strojny Recenzenci: inż. Tadeusz Malinowski, dr inż. Jan Strzałka	(88 stron)
<b>Zeszyt 2</b>	<b>Przemysłowe instalacje elektryczne do 1 kV. Klasyfikacja i wymagania ogólne</b> – dr inż. Jan Strzałka. Recenzent: prof. dr hab. inż. Władysław Wasiluk	(96 stron)
<b>Zeszyt 3</b>	<b>Normalizacja w elektryce – Część 1.</b> – mgr inż. Marcin Malinowski. Recenzent: dr inż. Marek Grzegory	(120 stron)
<b>Zeszyt 4</b>	<b>Normalizacja w elektryce – Część 2.</b> – mgr inż. Marcin Malinowski. Recenzent: dr inż. Marek Grzegory	(128 stron)
<b>Zeszyt 5</b>	<b>Ochrona przeciwporażeniowa w urządzeniach wysokiego napięcia</b> – dr inż. Witold Jabłoński. Recenzent: dr inż. Lech Danielski	(120 stron)
<b>Zeszyt 6</b>	<b>Jakość energii elektrycznej. Europejski program LPQI</b> – praca zbiorowa pod redakcją doc. dr. inż. Jana Strojnego	(80 stron)
<b>Zeszyt 7</b>	<b>Instalacje elektryczne w budynkach mieszkalnych. Podstawy planowania i obliczeń</b> – prof. dr hab. inż. Henryk Markiewicz, dr inż. Antoni Klajn Recenzenci: inż. Tadeusz Malinowski, doc. dr inż. Jan Strojny	(112 stron)
<b>Zeszyt 8</b>	<b>Ograniczanie przepięć w instalacjach elektrycznych</b> – prof. dr hab. inż. Andrzej Sowa. Recenzent: prof. dr hab. inż. Zdobysław Flisowski	(96 stron)
<b>Zeszyt 9</b>	<b>Oświetlenie elektryczne</b> – dr inż. Jan Grzonkowski, dr inż. Piotr Pracki. Recenzent: prof. dr hab. inż. Władysław Dybczyński	(112 stron)
<b>Zeszyt 10</b>	<b>Instalacja elektryczna w systemie KNX/EIB</b> – dr inż. Antoni Klajn, mgr inż. Małgorzata Bielówka. Recenzent: prof. dr hab. inż. Henryk Markiewicz	(88 stron)
<b>Zeszyt 11</b>	<b>Ochrona odgromowa obiektów budowlanych</b> – prof. dr hab. inż. Andrzej Sowa Recenzent: prof. dr hab. inż. Zdobysław Flisowski	(104 strony)
<b>Zeszyt 12</b>	<b>Uziemienia w sieciach, instalacjach i urządzeniach elektroenergetycznych</b> – dr inż. Witold Jabłoński. Recenzent: dr inż. Lech Danielski	(116 stron)
<b>Zeszyt 13</b>	<b>Sieci i instalacje elektroenergetyczne w zakładach przemysłowych</b> – prof. dr hab. inż. Henryk Markiewicz. Recenzenci: dr inż. Jan Strojny, inż. Tadeusz Malinowski	(88 stron)
<b>Zeszyt 14</b>	<b>Jakość energii i niezawodność zasilania w instalacjach elektrycznych</b> – dr inż. Antoni Klajn, prof. dr hab. inż. Henryk Markiewicz Recenzent: prof. dr hab. inż. Zbigniew Hanzelka	(88 stron)
<b>Zeszyt 15</b>	<b>Ograniczenie przepięć w systemach przesyłu sygnałów</b> – prof. dr hab. inż. Andrzej Sowa. Recenzent: dr hab. inż. Jakub Furgał	(108 stron)
<b>Zeszyt 16</b>	<b>Urządzenia i instalacje elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem</b> – mgr inż. Aleksander Skibiński. Recenzent: inż. Roman Stadnicki	(72 strony)
<b>Zeszyt 17</b>	<b>Sieci i instalacje elektroenergetyczne w podziemnych zakładach górniczych</b> – dr inż. Sergiusz Boron, dr inż. Andrzej Cholewa, dr hab. inż. Piotr Gawor Recenzent: doc. dr inż. Stanisław Kreczmer	(104 strony)
<b>Zeszyt 18</b>	<b>Sieci elektroenergetyczne. Struktura i wybrane zagadnienia</b> – mgr inż. Lech Bożentowicz, mgr inż. Miłoslawa Kujaszczyk-Bożentowicz Recenzent: prof. dr hab. inż. Jerzy Kulczycki	(100 stron)
<b>Zeszyt 19</b>	<b>Zabezpieczenia elektroenergetyczne – Podstawy</b> – prof. dr hab. inż. Bohdan Synal, dr inż. Wilhelm Rojewski Recenzent: prof. dr hab. inż. Andrzej Wiszniewski	(116 stron)

**cd. WYKAZU ZESZYTÓW MONOTEMATYCZNYCH**  
**„Podręcznika INPE dla ELEKTRYKÓW”**

<b>Zeszyt 20</b>	<b>Stacje elektroenergetyczne. Urządzenia główne stacji tranformatowo-rozdzielczych</b> – dr hab. inż. Antoni Klajn, prof. dr hab. inż. Henryk Markiewicz Recenzent: doc. dr inż. Jan Strojny	(112 stron)
<b>Zeszyt 21</b>	<b>Stacje elektroenergetyczne. Układy połączeń, budowa i urządzenia kierowania pracą stacji</b> – dr hab. inż. Antoni Klajn, prof. dr hab. inż. Henryk Markiewicz Recenzent: doc. dr inż. Jan Strojny	(96 stron)
<b>Zeszyt 22</b>	<b>Instalacje elektroenergetyczne w obiektach wiejskich</b> – doc. dr inż. Stanisław Krakowiak. Recenzent: mgr inż. Wojciech Weiss	(80 stron)
<b>Zeszyt 23</b>	<b>Pomiary w instalacjach elektrycznych o napięciu do 1 kV</b> – mgr inż. Fryderyk Łasak. Recenzent: dr inż. Jan Strzałka	(104 strony)
<b>Zeszyt 24</b>	<b>Energoelektronika. Elementy i układy</b> – prof. dr hab. inż. Maciej Tondos, dr inż. Piotr Michalak Recenzent: prof. dr hab. inż. Marian Noga	(80 stron)
<b>Zeszyt 25</b>	<b>Ochrona katodowa stalowych konstrukcji podziemnych (wiadomości podstawowe)</b> – dr inż. Wojciech Sokółski Recenzent: prof. dr hab. inż. Wojciech Machczyński	(88 stron)
<b>Zeszyt 26</b>	<b>Energetyka jądrowa dla Polski</b> – prof. dr hab. inż. Zdzisław Celiński, Maciej Jurkowski, doc. dr inż. Andrzej Strupczewski, doc. dr Tadeusz Wójcik Recenzent: prof. dr hab. inż. Jacek Marecki	(96 stron)
<b>Zeszyt 27</b>	<b>Trakcja elektryczna prądu stałego. Układy zasilania</b> – dr inż. Ireneusz Chrabąszcz, dr inż. Janusz Prusak, inż. Sławomir Drapik Recenzent: prof. dr hab. inż. Eugeniusz Kałuża	(104 strony)
<b>Zeszyt 28</b>	<b>Elektromechatronika pojazdów samochodowych. Wybrane zagadnienia</b> – prof. dr hab. inż. Janusz Mazur, prof. dr hab. inż. Jerzy Tokarzewski, dr inż. Bernard Fryškowski, dr inż. Krzysztof Polakowski, dr inż. Andrzej Sęk, mgr inż. Rafał Bogusz Recenzenci: prof. dr hab. inż. Aleksander Jastrebów, dr hab. inż. Stanisław Gad, prof. PŚK	(88 stron)
<b>Zeszyt 29</b>	<b>Wprowadzenie do technologii LonWorks</b> – dr inż. Grzegorz Hayduk, mgr inż. Paweł Kwasnowski. Recenzent: prof. dr hab. inż. Marian Noga	(104 strony)
<b>Zeszyt 30</b>	<b>Nowe wymagania w dziedzinie ochrony odgromowej obiektów budowlanych</b> – prof. dr inż. Andrzej Sowa, mgr inż. Krzysztof Wincencik Recenzent: prof. dr hab. inż. Jakub Furgał	(116 stron)
<b>Zeszyt 31</b>	<b>Oddziaływanie na środowisko linii napowietrznych wysokiego napięcia</b> – dr inż. Marek Szuba. Recenzent: prof. dr hab. inż. Zbigniew Wróblewski	(116 stron)
<b>Zeszyt 32</b>	<b>Prace pod napięciem w elektroenergetyce – bezwzględniowe techniki utrzymania sieci dystrybucyjnej</b> – mgr inż. Bogumił Dudek Recenzent: prof. dr hab. inż. Zbigniew Gacek	(104 strony)
<b>Zeszyt 33</b>	<b>Aparaty elektryczne I. Podstawy doboru</b> – prof. dr hab. inż. Jan Maksymiuk Recenzent: prof. dr hab. inż. Franciszek Mosiński	(112 stron)
<b>Zeszyt 34</b>	<b>Aparaty elektryczne II. Podstawy eksploatacji</b> – prof. dr hab. inż. Jan Maksymiuk Recenzent: prof. dr hab. inż. Franciszek Mosiński	(120 stron)
<b>Zeszyt 35</b>	<b>Oświetlenie drogowe</b> – dr inż. Małgorzata Zalesińska Recenzent: prof. dr hab. inż. Władysław Dybczyński	(72 stron)
<b>Zeszyt 36</b>	<b>Prace pod napięciem w elektroenergetyce – bezwzględniowe techniki utrzymania sieci przesyłowej</b> – mgr inż. Bogumił Dudek Recenzent: prof. dr hab. inż. Zbigniew Gacek	(80+28 strony)
<b>Zeszyt 37</b>	<b>Bezpieczeństwo użytkownika urządzeń elektrycznych</b> – doc. dr inż. Jan Strojny Recenzent: prof. dr hab. inż. Henryk Markiewicz	(112 stron)
<b>Zeszyt 38</b>	<b>Technologie rozproszonych źródeł energii</b> – prof. dr hab. inż. Józef Paska Recenzent: prof. dr hab. inż. Waldemar Kamrat	(120 stron)
<b>Zeszyt 39</b>	<b>Urządzenia elektryczne w strefach zagrożonych wybuchem. Wybrane zagadnienia</b> – inż. Michał Świerżewski Recenzent: inż. Roman Stadnicki	(104 strony)

ANEKS DO 23. ZESZYTU PODRĘCZNIKA *INPE* DLA ELEKTRYKÓW

## SPIS TREŚCI

Od Redakcji – Tytułem wstępu – <i>TM</i> .....	2
1. Uwagi do Zeszytu nr 23 „Podręcznika <i>INPE</i> dla elektryków” – <i>Witold Jabłoński</i> .....	3
2. Kontrola stanu instalacji elektrycznych niskiego napięcia – przegląd aktualnych wymagań w zakresie prób i pomiarów – <i>Stanisław Czapp</i> .....	11
3. W sprawie pomiaru impedancji pętli zwarciowej w układzie TN z wyłącznikami różnicowoprądowymi o $I_{\Delta n} = 500$ mA – <i>Stanisław Czapp</i> .....	28
4. W sprawie sprawdzania stanu ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach z wyłącznikami różnicowoprądowymi – <i>Edward Musiał</i> .....	30
5. Sprawdzanie instalacji elektrycznych niskiego napięcia. Przegląd treści oraz błędów tłumaczenia normy PN-HD 60364-6:2008 – <i>Edward Musiał</i> .....	43
6. Kontrola stanu technicznego urządzeń ochrony odgromowej i przeciwprzebieciowej – <i>Edward Musiał</i> .....	70
7. Badanie stanu ochrony przeciwporażeniowej w obwodach urządzeń energoelektrycznych – <i>Edward Musiał</i> .....	86
8. Sprawdzanie warunku samoczynnego wyłączenia zasilania w obwodzie zabezpieczonym wyłącznikiem nadprądowym – <i>Edward Musiał</i> .....	111
9. W sprawie wzorcowania i sprawdzania mierników – <i>Edward Musiał</i> .....	117
10. Podsumowanie – <i>Tadeusz Małinowski</i> .....	119

## TYTULEM WSTĘPU



Zeszyt 23. pt. „Pomiary w instalacjach elektrycznych do 1 kV” ukazał się w lutym 2009 r. W ciągu 3 lat, wskutek zmian legislacyjnych i normalizacyjnych, ulegał stopniowej dezaktualizacji.

W nocie wydawcy zamieszczonej, podobnie jak w innych, w 23. Zeszycie zalecaliśmy Czytelnikom stałe korzystanie z Miesięcznika *INPE*, gdzie publikowane są i komentowane zmiany norm i przepisów. Pierwsze artykuły o zmianach związanych z tematyką 23. Zeszytu ukazały się w Miesięczniku *INPE* już w 2009 r. w numerach: 118-119 (lipiec-sierpień), 122-123 (listopad-grudzień), i kolejne w roku 2010: 125 (luty), 126 (marzec), 127 (kwiecień), 129-130 (czerwiec-lipiec), 131 sierpień, w roku 2011: 136-137 (styczeń-luty), 138 (marzec), 139 (kwiecień), 140 (maj) oraz w 2012: 150 (marzec) i 153 (czerwiec). Zmiany w zbiorze Polskich Norm publikowane są w każdym numerze.

Niniejszy Aneks obejmuje wybór z wyżej wymienionego zbioru 9 publikacji, komentujących zmiany i aktualizujących treść 23. zeszytu.

Zachęcam do lektury Aneksu i strony internetowej [www.redinpe.com](http://www.redinpe.com), gdzie na podstronie *Zeszyty*, w zakładce *Erraty i uzupełnienia* zamieszczane są informacje aktualizujące Zeszyty „Podręcznika...”.

**Tadeusz Malinowski**

*Redaktor Naczelny – Kierownik ZW INPE*

### Czasopismo jest dofinansowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Artykuły o charakterze naukowo-technicznym są recenzowane. Opinie zawarte w artykułach, zwłaszcza polemicznych, prezentujących osobiste poglądy autorów, wykraczające poza aktualne zasady wiedzy technicznej, nie muszą być podzielane przez Redakcję.

Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za treść ogłoszeń, reklam i artykułów sponsorowanych. Nie zwraca materiałów nie zamówionych i zastrzega sobie prawo skracania tekstów.

Przedruk z miesięcznika *INPE* jest możliwy wyłącznie po otrzymaniu pisemnej zgody Redakcji.

**Rada Programowa:** • Prof. dr hab. inż. Mieczysław Hering (przewodniczący) • mgr inż. Franciszek Gładkowski • dr inż. Witold Jabłoński • doc. dr inż. Stanisław Krakowiak • prof. dr hab. inż. Henryk Markiewicz • mgr inż. Jan Musiał • dr inż. Ryszard Niewiedział • mgr inż. Zenon Stodolski • mgr inż. Zbigniew Szymański • mgr inż. Józef Wysocki (członkowie)

**Miesięcznik *INPE* (Informacje o Normach i Przepisach Elektrycznych)**

**ISSN 1234-0081**

**Zeszyty Podręcznika *INPE* dla Elektryków** (bezpłatny dodatek dla całorocznych prenumeratorów *INPE*)

**Wydawca i Redakcja:** SEP – COSiW Zakład Wydawniczy *INPE*,

ul. Czaplينيةcka 44, 97-400 Bełchatów, tel./fax 44 633 33 55

e-mail: [redinpe@neostrada.pl](mailto:redinpe@neostrada.pl), [www.redinpe.com](http://www.redinpe.com),

**NIP: 526-000-09-79**

**Adres dla korespondencji:** ul. Kalinowa 5, 97-400 Bełchatów, fax 44 635 02 02

**Redaktor naczelny:** Tadeusz Malinowski tel. 44 632 32 61, kom. 785 028 557

**Z-ca Redaktora naczelnego:** Jan Strojny, tel. 695 899 729

**Biuro i księgowość:** Małgorzata Filipiak, tel. 44 633 33 55, kom. 783 976 966

**Marketing i Kolportaż:** tel. 782 415 731

**Skład komputerowy i druk:** Skaner-Poligrafia Sp. z o.o., ul. Czyżewskiego 54, 97-400 Bełchatów, tel. 44 633 83 00, tel./fax 44 633 62 69

**Rok wyd. XVII**

**Nakład: do 5500 egz.**

UWAGI DO ZESZYTU NR 23 „PODRĘCZNIKA *INPE* DLA ELEKTRYKÓW”

## 1. Wstęp

W lutym 2009 r. ukazał się zeszyt 23 Podręcznika *INPE* dla elektryków zatytułowany „Pomiary w instalacjach elektrycznych o napięciu do 1 kV” (nazywany dalej Podręcznikiem). Z dużym zainteresowaniem przeglądałem to opracowanie, gdyż dotyczy ono zagadnień, które są bardzo ważne, a przez wielu elektryków słabo znane, często lekceważone i niewłaściwie realizowane. U podstaw takiej sytuacji należy upatrywać brak dobrych publikacji na ten temat, często zmieniające się, trudno dostępne, drogie i nienajlepiej napisane oraz tłumaczone normy, sposób przeprowadzania przetargów na badania instalacji (wygrywa oferta najtańsza), a także brak dokumentacji instalacji elektrycznych poddawanych badaniom.

Niestety tekst Podręcznika rozczarował mnie. Postanowiłem więc, że gdy będę miał trochę czasu, to przeczytam ten zeszyt dokładnie i przekażę uwagi Autorowi. Na tę chwilę czekałem ponad rok. Gdy przeczytałem omawiane opracowanie okazało się, że liczba uwag, które powinienem zgłosić jest tak duża, a ich zebranie i uporządkowanie zajmie mi zbyt dużo czasu. Dotyczą one m.in. przywołanych dokumentów normatywnych, interpretacji ich postanowień, stosowanej terminologii, zakresu badań odbiorczych i eksploatacyjnych, redakcji Podręcznika i wielu innych zagadnień.

Dlatego zdecydowałem się przedstawić, i to publicznie, wybrane uwagi, które dotyczą spraw istotnych dla wielu elektryków i które powinny dotrzeć do nich niezależnie od tego, czy wezmą Podręcznik do ręki, czy też nie. Są to tylko wybrane uwagi odnośnie do interpretacji niektórych dokumentów, niewłaściwie stosowanych terminów oraz zakresu opracowania. Wybrałem taką drogę, gdyż mam nadzieję, że uwagi te pozwolą zastanowić się wielu elektrykom, w tym niektórym autorom publikacji, nad sprawami, które nie zawsze są doceniane i właściwie rozumiane lub są zgola nieznane...

## 2. Uwagi do terminologii stosowanej w podręczniku

Terminologia stosowana w wielu polskich publikacjach (w tym i w dokumentach normatywnych) dotyczących instalacji elektrycznych jest często niewłaściwa, przestarzała, a czasem błędna pod względem językowym. Niestety, Autor omawianej publikacji też nie ustrzegł się takich uchybień. Gdy autorzy różnych publikacji powielają błędy i uchybienia terminologiczne popełnione w dokumentach normatywnych, pojawia się pytanie czy wolno je poprawiać. Uważam, że przynajmniej błędy językowe należy poprawiać i terminy z norm sprzed lat zastępować nowymi. Zastrzeżenia do nowych terminów należy zgłaszać do PKN.

Poniżej przedstawiam moje uwagi do terminów, które są stosowane w omawianym opracowaniu: pomiar, oględziny, próba, kontrola, napięcie dotykowe i oporność. Przy omawianiu większości tych terminów będę podawał ich znaczenie zaczerpnięte z Małego słownika języka polskiego wydanego przez PWN pod redakcją S. Skorupki, H. Auderskiej i Z. Łempickiej.

Często termin „pomiar” jest używany w niewłaściwym znaczeniu. Taki błąd popełnił Autor już w tytule podręcznika. Zamiast słowa „pomiar”, Autor powinien zastosować słowo „sprawdzenie”, „badanie” lub „kontrola”, które mają znacznie szersze znaczenie niż słowo „pomiar”.

*Pomiar* to porównanie danej wielkości fizycznej z wielkością tego samego rodzaju przyjętą za jednostkę, dane uzyskane przy mierzeniu czegoś.

*Sprawdzanie* to kontrolowanie, badanie czegoś, stwierdzanie, przekonywanie się, czy coś jest zgodne z prawdą, czy tak jest, jak powinno.

*Badanie* to dokładne, gruntowne poznawanie; sprawdzanie, wyjaśnianie przyglądając się, dotykając, słuchając.

*Kontrolowanie* to porównywanie stanu faktycznego ze stanem wymaganym; nadzór nad kimś lub czymś.

W polskich dokumentach normatywnych terminy „sprawdzanie”, „badanie” i „kontrolowanie” są uznawane za synonimy. Podaje się, że te czynności składają się z oględzin oraz pomiarów i prób.

*Oględziny* to obejrzenie, widzenie.

*Próby* to badania mające na celu sprawdzenie jakości czegoś, doświadczenie.

Tak więc tytuł podręcznika zawęża jego zakres tematyczny. Wprawdzie Autor pisze w Podręczniku o oględzinach i próbach, ale oględzinom poświęca niewiele miejsca.

Drugą grupą terminów, które sprawiły pewne kłopoty Autorowi Podręcznika, to terminy dotyczące ochrony przeciwporażeniowej. Terminy te w ostatnich latach zostały zmienione w IEC i CENELEC. Wprowadzono je do Międzynarodowego słownika terminologicznego elektryki (część 195 [6] i 826 [7]) oraz do nowych norm IEC i CENELEC. W większości stopniowo wycofywanych norm PN-IEC pozostały jednak terminy stare. W Podręczniku są stosowane niektóre terminy stare. Moim zdaniem należałoby w całym tekście Poradnika wprowadzić nowe terminy. Stare terminy można dodawać w nawiasie za nowymi. Do takich starych terminów należą terminy „napięcie dotykowe” i „napięcie rażeniowe”. W nowych normach angielskojęzycznych termin „touch voltage” (napięcie dotykowe) oznacza to, co w polskiej dotychczasowej terminologii było „napięciem dotykowym rażeniowym”. Dla jednoznaczności w języku angielskim termin ten jest zapisywany w postaci „(effective) touch voltage”. Tradycyjnemu polskiemu terminowi „napięcie dotykowe” w języku angielskim odpowiada termin „prospective touch voltage”. W nowych normach polskich zastosowano prawie dosłowne tłumaczenie terminów angielskich. Polskie „napięcie dotykowe” zastąpiono terminem „napięcie dotykowe spodziewane”, a polskie „napięcie rażeniowe” – „napięciem dotykowym rzeczywistym, napięciem dotykowym rażeniowym”. Stosowanie w Podręczniku starych terminów nie tylko nie przyzwyczajają czytelników do terminów nowych, ale i może prowadzić do nieporozumień. Osoba znająca nową terminologię może mieć wątpliwości, o jakim napięciu dotykowym Autor pisze.

### 3. Uwagi do przywołanych dokumentów normatywnych i interpretacji niektórych ich postanowień

W p. 15. Autor zestawił spis 26 aktów prawnych, 17 norm oraz 13 innych publikacji. Moim zdaniem celowe jest w spisie literatury podawać jedynie te pozycje, które są w tekście Podręcznika. Tymczasem w obecnym tekście Podręcznika przywołano tylko 14 aktów prawnych, 6 norm i tylko jedną publikację ze spisu literatury. W tekście Podręcznika są też wymieniane normy, których brak jest w spisie literatury (np. na str. 15 jest norma DIN/VDE 0413, której w spisie literatury brak) lub normy DIN/VDE bliżej nieokreślone (str. 28).

Niektóre akty prawne w tekście podręcznika mają odwołania do spisu literatury z niewłaściwymi oznaczeniami (brak litery A i mają niewłaściwe numery). Np. zamiast oznaczenia [A-1] jest oznaczenie [18], zamiast [A-2] jest [19], zamiast [A-19] jest [28]. Takich pomyłek jest co najmniej osiem. Niektóre dokumenty normatywne są już wycofane (np. [A-14]) lub znowelizowane w znacznym stopniu (np. [A-1], [A-2], [A-8]), co wpływa na nieaktualność niektórych fragmentów tekstu Podręcznika.

Poważne zastrzeżenia mam do zawartych w Podręczniku niektórych interpretacji postanowień aktów prawnych. Pierwsze takie zastrzeżenie dotyczy interpretacji postanowień Ustawy o normalizacji [18] (str. 5). Nie jest prawdziwe stwierdzenie, że Polskie Normy powoływane w normatywnych aktach prawnych są obowiązujące. Ustawa o normalizacji z 12 września 2002 r. (Dz. U. nr 169, poz 1386 z późn. zm.) w art. 5, ust. 3 jednoznacznie stanowi, że „stosowanie Polskich Norm jest dobrowolne”. Nie ma w tej ustawie podstawy do obowiązkowego stosowania Polskich Norm.

*[Przypis Redakcji]\* Ustawa w art. 29 i 30 stanowi, że z dniem 1 stycznia 2003 r. utraciły moc wszystkie akty wykonawcze i wraz z nimi rozporządzenia określające Polskie Normy do obowiązkowego stosowania. Nie można też stwierdzić, że ustawa o normalizacji nie ma wpływu na wcześniej wydane ustawy zawierające przepisy o obowiązkowym stosowaniu norm. Zgodnie bowiem z obowiązującymi normami kolizyjnymi i intertemporalnymi ustawa późniejsza uchyla sprzeczne z nią przepisy ustaw wcześniejszych.*

Przepis art. 5, ust. 4 ustawy wskazuje tylko, że Polskie Normy mogą być, po opublikowaniu ich w języku polskim, powoływane w przepisach prawnych, ale nie ma podstaw do twierdzenia, że powołane w nich Polskie Normy opatrzone klauzulą zobowiązującą do ich stosowania, w całości lub w określonym zakresie stają się obligatoryjne.

Wzajemne relacje między przepisami a normami są przedmiotem europejskiego dokumentu normatywnego PKN-CENELEC/Guide 3:2006 oraz normy PN-EN 45020:2007 (U). Zgodnie z tymi dokumentami **powołanie normy w przepisie** może być sformułowane **jako obowiązujące**, tzn. stwierdzające, że aby zrealizować cel przepisu, należy zastosować określoną normę, co należy traktować jako wymaganie jej stosowania, **albo jako powołanie wskazujące**, tzn. stwierdzające, że zastosowanie określonej normy jest jednym ze sposobów realizacji celu przepisu, co można traktować jako zalecenie stosowania normy.

Każde powołanie jest albo **datowane** (określa rok publikacji normy), albo **niedatowane** (określa tylko numer i/lub tytuł normy bez roku publikacji). W przypadku powołania niedatowanego kolejne nowelizacje normy, od daty ich publikacji, z mocy prawa stanowią przedmiot powołania. Nietrudno zrozumieć, że powołania w przepisach z zasady powinny być niedatowane, aby przepis powoływał aktualnie sformułowania uznanych reguł technicznych, jakimi są także publikowane Polskie Normy. [19]

**Uznane reguły techniczne** wg Dokumentu ISO/IEC Guide 2/1986 są to *rozstrzygnięcia problemów technicznych przyjęte przez większość gremium reprezentatywnych specjalistów jako odpowiadające aktualnemu stanowi wiedzy*. W polskim prawie są one także nazywane **zasadami wiedzy technicznej**. Należą do nich normy, komentarze do norm opracowane przez uznanych specjalistów i zrecenzowane przez dociekliwych ekspertów. Jeśli określony zakres wiedzy technicznej nie jest objęty właściwością Norm Europejskich ani norm krajowych danego kraju, to za podstawę należy przyjąć normę międzynarodową IEC albo właściwą normę krajową innego kraju. Takie postanowienie można znaleźć np. w punkcie 511.1 normy PN-HD 60364-5-51:2006 (U) Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Część 5.51: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Postanowienia ogólne. Prawnie uznanymi zasadami technicznymi są dokumenty normatywne, w tym przepisy i normy, oraz inne dokumenty uznane przez upoważnioną instytucję jako oparte na zasadach wiedzy technicznej. W art. 5.1. Prawa budowlanego zapisano „obiekt budowlany wraz ze związanymi z nim urządzeniami budowlanymi należy, biorąc pod uwagę przewidywany okres użytkowania, projektować i budować w sposób określony w przepisach, w tym techniczno-budowlanych, oraz zgodnie z zasadami wiedzy technicznej...”. Zapis powyższy odnosi się m.in. do instalacji elektrycznych, gdyż są one elementami obiektów budowlanych, czy też związanymi z nimi urządzeniami budowlanymi...

W chwili, gdy Autor pisał podręcznik, dostępna była powszechnie tylko norma PN-IEC 60364-6-61 [9], gdyż norma PN-HD 60364-6 [5] była jeszcze w angielskiej wersji językowej (U) i jej dostępność oraz możliwość zrozumienia tekstu przez większość elektryków były w dużej mierze ograniczone. Obecnie w aktualnym rozporządzeniu MI w sprawie warunków technicznych, jakie powinny spełniać budynki i ich usytuowanie [10] przywołana jest norma PN-HD 60364-6 [5]. Normę tę należy stosować obowiązkowo przy sprawdzaniu obiektów oddanych do eksploatacji, gdy zaczęło obowiązywać rozporządzenie, w którym ją przywołano. Normę poprzednią można stosować do obiektów budowlanych oddanych do użytku przed przywołaniem

<sup>\*) W Przypisie Redakcji wykorzystano także artykuły dra inż. Edwarda Mustala opublikowane w Biuletynie INPE Nr 46 z 2002 r. „Powszechnie uznane reguły techniczne” i w Miesięczniku INPE Nr 93-94 z 2007 r. „Pojmowanie przepisów i norm bezpieczeństwa” (TM).</sup>

w rozporządzeniu MI nowej normy PN-HD. Jest bałagan dlatego, że powołania norm w przepisach są datowane, a tak być nie powinno...

Źle też może być rozumiany, zamieszczony w Podręczniku (str. 6), komentarz do Prawa budowlanego [15] „Zatem osoba wykonująca pomiary ochronne i podpisująca protokoły z tych pomiarów powinna mieć zaświadczenie D i E z uprawnieniami do wykonywania pomiarów ochronnych”. Należy wyjaśnić, że zgodnie z zapisami Kodeksu pracy [16], prace niebezpieczne powinny wykonywać co najmniej dwie osoby. Obecnie, po wycofaniu rozporządzenia oznaczonego w Podręczniku oznacznikiem [A-14], prace niebezpieczne ustala pracodawca w uzgodnieniu z pracownikami lub ich przedstawicielami, uwzględniając ogólne wymagania zamieszczone w rozporządzeniach resortowych.

Przy sprawdzaniu instalacji elektrycznych niskiego napięcia, zgodnie z postanowieniami rozporządzenia MG w sprawie bhp przy urządzeniach i instalacjach energetycznych [13] oraz rozporządzenia MGPiPS w sprawie poświadczenia kwalifikacji [14], dopuszcza się, aby wykonująca badania miała uprawnienia D i E, zaś druga osoba, spełniająca rolę osoby asekurującej, miała zaświadczenie, że przeszła szkolenie w zakresie udzielania pierwszej pomocy osobie porażonej prądem elektrycznym. Osoby wykonujące takie sprawdzenia mogą też, zgodnie z rozporządzeniem MGPiPS [14], legitymować się zaświadczeniami kwalifikacyjnymi, przy czym osoba mająca tylko uprawnienia typu E może wykonywać jedynie pomiary, a osoba kierująca sprawdzaniem instalacji, oceniająca wyniki pomiarów, wykonująca oględziny i oceniająca ich wyniki, a także podpisująca protokół ze sprawdzeń, powinna mieć uprawnienia typu D.

Wiele nieporozumień mogą wywołać wyjaśnienia zamieszczone w Podręczniku dotyczące prawnej kontroli metrologicznej przyrządów pomiarowych wykorzystywanych do pomiarów wykonywanych w ramach sprawdzeń instalacji elektrycznych. Autor Podręcznika w końcowym tekście p. 1.1 (str. 7) pisze, że na podstawie postanowień Rozporządzenia MG [11] „... prawnej kontroli metrologicznej, z przyrządów pomiarowych służących do pomiarów wielkości elektrycznych, podlegają tylko liczniki energii elektrycznej czynnej prądu przemiennego, klasy dokładności 0,2; 0,5; 1 i 2”. Kilka stron dalej (str. 13) Autor Podręcznika pisze, że „zgodnie z art. 8.1.2 rozdz. 3 Prawa o miarach przyrządy stosowane w ochronie zdrowia, życia i środowiska, w ochronie bezpieczeństwa i porządku publicznego, czyli również przyrządy do sprawdzania skuteczności ochrony przeciwporażeniowej, podlegają prawnej kontroli metrologicznej, mimo że nie zostały wymienione w rozporządzeniu ministra”. W tym drugim zapisie prawdą jest, że przyrządy pomiarowe stosowane w ochronie zdrowia, życia i środowiska, ... podlegają prawnej kontroli metrologicznej. Nie jest natomiast prawdą, że podlegają tej kontroli przyrządy do sprawdzania skuteczności ochrony przeciwporażeniowej. Wystarczy zasięgnąć opinii Okręgowego Urzędu Miar albo przeanalizować postanowienia Prawa o miarach [17]. Należy zauważyć, że w ostatnim wierszu art. 8.1 Prawa o miarach (w którym jest mowa o tym, że przyrządy pomiarowe stosowane w ochronie zdrowia, życia i środowisk podlegają prawnej kontroli metrologicznej) zapisano, iż dotyczy to przyrządów, które „są określone w przepisach”. W art. 8.6 Prawa o miarach zapisano „Minister właściwy do spraw gospodarki określi, w drodze rozporządzenia, rodzaje przyrządów pomiarowych podlegających prawnej kontroli metrologicznej, oraz zakres tej kontroli...”. Jak więc mógł on pominąć tak ważne sprawy dotyczące życia i zdrowia. Okazuje się, że wymienianych w art. 8.1 przyrządów pomiarowe stosowane w ochronie zdrowia i życia, które powinny podlegać kontroli metrologicznej, miano na myśli przyrządy medyczne. Te przyrządy są objęte rozporządzeniem Ministra Zdrowia i nie ma tam mowy o przyrządach dotyczących ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach elektrycznych niskiego napięcia. W tej sytuacji niepotrzebny jest cały tekst p. 2.3 Podręcznika, z wyjątkiem tekstu dotyczącego liczników energii elektrycznej, które podlegają kontroli metrologicznej. Należy przy tym zauważyć, że tekst dotyczący liczników energii elektrycznej nie jest zgodny z zapisem znajdującym się w rozporządzeniu MG [12]. *[Przypis redakcji] Zobacz p. 7. Aneksu.*

Poważnym błędem jest twierdzenie zawarte w p. 8.1 (str. 37), że sprawdzenie skuteczności ochrony przez samoczynne wyłączenie zasilania w sieci TN polega na sprawdzeniu, czy spełniony jest warunek zapisany wzorem (8.1) dotyczący impedancji pętli zwarciowej. Jest to



powszechnie spotykany błąd. Wg obowiązującej jeszcze normy PN-IEC 60364-4-41 [8] (jak i normy PN-HD 60364-4-41 [4], która zastąpi normę PN-IEC o tym samym numerze, gdy zostanie przywołana w rozporządzeniu MI [10]) skuteczność ochrony przy dotyku pośrednim (przy uszkodzeniu) przez samoczynne wyłączenie zasilania wymaga spełnienia trzech warunków (patrz 413.1):

- samoczynnego wyłączenia zasilania w wymaganym czasie,
- wykonania w sieci zasilającej i w instalacji wymaganych uzemień przewodu PEN (PE),
- wykonania wymaganych połączeń wyrównawczych.

Sprawdzenie tylko warunku zapisanego w Podręczniku wzorem (8.1) i stwierdzenie, że warunek ten został spełniony upoważnia jedynie do wniosku, że warunek samoczynnego wyłączenia zasilania w wymaganym czasie spełnia wymagania obowiązującej normy.

Na zakończenie poruszę zagadnienia dotyczące dokładności pomiarów i częstości wykonywania sprawdzeń instalacji elektrycznych niskiego napięcia. W p. 3.3 Podręcznika Autor słusznie stwierdza, że w polskich dokumentach normatywnych nie została podana wymagana dokładność różnych pomiarów i że podczas badań instalacji elektrycznych należy dążyć do wykonania pomiarów z możliwie największą dokładnością. Należałoby dodać, iż dokładność wykonania pomiarów zależy od właściwego doboru układu pomiarowego, właściwego doboru sprawnych urządzeń pomiarowych, a nieraz od cech obiektu mierzonego. Dlatego podanie konkretnych wartości dopuszczalnych błędów pomiarowych nie jest możliwe ani celowe. Można tylko apelować o staranne i poprawne wykonywanie pomiarów. Błąd pomiaru należy traktować w kategoriach probabilistycznych i nikt nie potrafi stwierdzić, jaki dokładnie błąd popełnił przy konkretnym pomiarze, ale powinien zdawać sobie sprawę, jakiej wartości błędu nie przekroczył. W przeciwnym razie psu na budę wszelkie pomiary. Dlatego podana przez Autora ogólna informacja, że „instrukcje...” stawiają wymóg, aby uchyb pomiarowy przy badaniach instalacji elektrycznych nie przekraczał  $\pm 20\%$  jest wątpliwa. Podobnie jest z dokładnością pomiarów podaną w normie PN-E-04700 [1] zawierającą wytyczne przeprowadzania pomontażowych badań odbiorczych. W normie tej zapisano, że błąd pomiaru nie powinien być większy niż 5 %, jeżeli w wymaganiach szczegółowych zawartych w innych punktach normy nie zamieszczono innej wartości dopuszczalnego błędu, bądź nie wymagają tego inne normy i przepisy. Tymczasem przy pomiarach skuteczności uzemień w stacjach o górnym napięciu 110 kV nigdzie nie określono innej wartości dopuszczalnego błędu pomiaru, a w rzeczywistości błąd ten może przekraczać nawet 100%. Zależy on bowiem od nieliniowych parametrów geoelektrycznych gruntu. Takie błędy są dopuszczalne, gdyż wyniki pomiarów są zawsze zawyżone. Przy omawianych pomiarach możemy jedynie mówić o sprawnym przyrządzie pomiarowym i właściwym odczycie wyniku. Tabela 3.1 nie dotyczy błędów pomiarów, lecz dotyczy tylko błędów roboczych przyrządów pomiarowych stosowanych do badań instalacji elektrycznych niskiego napięcia. Jest ona opracowana w oparciu o postanowienia wieloarkuszowej normy PN-EN 61557 „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” [3]. W Podręczniku warto wyjaśnić, co to jest błąd roboczy.

Podobnie wygląda sprawa częstości wykonywania sprawdzeń w instalacjach elektrycznych. Zgodnie z zapisami CENELEC każdy kraj ma prawo ustalić maksymalne okresy sprawdzania okresowego instalacji. Tak też stało się w Polsce. Te maksymalne okresy są podane w Prawie budowlanym [15]. W najnowszej wersji Prawa budowlanego są to okresy roczne, 5-letnie lub półroczne (w zależności od cech badanego obiektu). Rzeczywistą częstość sprawdzania okresowego należy zapisać w instrukcji eksploatacji obiektu (instalacji). Za podaną częstość odpowiada właściciel lub zarządca obiektu. W normie PN-HD 60364-6 zapisano, że przy wyznaczeniu częstości sprawdzeń okresowych należy uwzględnić rodzaj instalacji i wyposażenia, jej działanie, częstość i jakość konserwacji oraz wpływy zewnętrzne, na które może być instalacja narażona. Należy się również zastanowić, czy jest sens przytaczania tabeli 5.1, gdyż dane w niej

zamieszczone pochodzą z dawno anulowanego zarządzenia. Dane te nie uwzględniają wielu wyżej wspomnianych czynników, które powinny wpływać na częstość pomiarów.

### 4. Uwagi do zakresu tematycznego podręcznika i zasad przedstawiania zagadnień

Zakres tematyczny Podręcznika nie jest w pełni zrozumiały. Nie obejmuje on pełnego zakresu oględzin ani pomiarów i prób zawartych w normie PN-IEC 60364-6-61 [9], a tym bardziej zakresu podanego w normie PN-HD 60364-6 [5]. Warto w Podręczniku zamieścić nie tylko pełny zakres oględzin podany w p. 61.2.3 tej ostatniej normy, ale zwrócić też uwagę i podać wybrane przykłady tematów, jakie należy sprawdzić podczas oględzin, które są zamieszczone w załączniku G normy PN-HD [5].

Natomiast Podręcznik zawiera nieujęte w ww. normach wymagania dotyczące badań niektórych urządzeń (p. 7.3.2), niektóre wymagania dotyczące kontroli elektronarzędzi (p. 12), skromne informacje dotyczące badań spawarek i zgrzewarek (p. 13), badania sprzętu ochronnego (p. 14) i wymagania dotyczące badań instalacji odgromowych (p. 10.4 i p. 10.7). Podawanie informacji o badaniach ww. urządzeń, które nie są elementami instalacji elektrycznych niskiego napięcia powoduje pojawienie się pytania, dlaczego je opisano i dlaczego nie opisano badań silników elektrycznych, które są często elementami instalacji i innych często spotykanych odbiorników.

Trudno zrozumieć, dlaczego Autor Podręcznika zamieszcza w niektórych punktach tego opracowania informacje, które nie powinny się w nich znaleźć. Np. ostatnie zdanie p. 2.3 jest wyjaśnieniem trzeciego pytania z p. 2.2 i tak jak odpowiedzi na pierwsze dwa pytania powinno być umieszczone w p. 2.2. Dziwiwo może umieszczenie w p. 4.3 niektórych szczegółowych wyjaśnień zawartych w załączniku E normy PN-IEC 60364-6-61. Odnoszą się one do pomiarów impedancji pętli zwarciowej i tak jak inne informacje zamieszczone w załącznikach powinny być podane w opisie właściwych badań. Trudno wytłumaczyć, dlaczego w p. 7 zatytułowanym „Zakres wykonywania poszczególnych badań” opisano tylko część badań, a opisy innych badań zamieszczone w punktach 8, 9 i 10.

### 5. Uwagi do redakcji Podręcznika

Już na podstawie podanych wyżej niektórych uwag można przypuszczać, że stosowane w Podręczniku terminy, błędne odwołania do spisu literatury i umieszczanie fragmentów tekstów w niewłaściwych punktach, poświęconych innym zagadnieniom, niepełne wyjaśnienia zasad stosowania norm, podawanie wiadomości niepotrzebnych itp. mogą sprawiać czytelnikom trudności w rozumieniu opisywanych zagadnień. Takie trudności mogą wystąpić również dlatego, że Podręcznik zawiera szereg drobnych błędów redakcyjnych. A oto przykłady tych drobnych niejasności i błędów. W ostatnim zdaniu zamieszczonym na str. 26 użyto gwarowego terminu „szybkie wyłączenie” i powołano się na nieoznaczoną tabelę. Termin „szybkie wyłączenie” jest terminem gwarowym i nie powinien znaleźć się w druku. Na str. 27 w wyjaśnieniu oznaczeń wzoru (7.2) podano co to jest  $U_L$ , choć takie oznaczenie we wzorze nie występuje. Celowe jest podanie źródła, z którego zaczerpnięto wartości podane w tabelach 7.2 i 7.3. Jest to istotne, gdyż podawane w nich wartości są nieraz zmieniane. Tak się stało z minimalnymi wartościami rezystancji izolacji zamieszczonymi w dwóch górnych wierszach tabeli 7.3. Autor podał te wartości za normą PN-IEC 60364-6-61, a od kilku miesięcy obowiązuje norma PN-HD 60364-6, w której te wartości wzrosły dwukrotnie. Na str. 31 w p. 7.3.2 brak jest informacji o źródle wartości współczynników absorpcji  $K$ . Nie jest nim norma PN-E-04007 [1], bo w normie tej współczynniki  $K$  mają inne wartości (patrz p. 4.3.3 ww. normy). Pojawia się też pytanie, dlaczego podaje się wartości współczynnika  $K$ , jeżeli pomiar i obliczenia zostały usunięte z ww. normy. Jeżeli dla transformatorów „starych” pomiar taki wciąż istnieje, to należy wyraźnie zaznaczyć, że dotyczy on transformatorów olejowych. Na str. 35, w p. 7.5 podano informację o próbie wytrzymałości elektrycznej izolacji instalacji. Należy zaznaczyć, że taka próba jest wymagana przez normę PN-IEC 60364-6-61 [9], a w normie PN-HD 60364-6 [5] obowiązującej od 2010 r. nie wymaga się przeprowadzania takich badań. Na str. 37 błędnie oznaczono znamionowy prąd różnicowy urządzenia ochronnego różnicowoprądowego. Zamiast  $I_n$  powinno być  $I_{\Delta n}$ . Trudne do zrozumienia może okazać się zdanie zamieszczone w p. 8.1

„Impedancja pętli zwarcia wynika z sumy impedancji przewodów doprowadzających (?) impedancji uzwojeń transformatora, impedancji wszystkich urządzeń i przewodów znajdujących się w instalacji odbiorczej aż do punktu pomiaru”. Zdanie zawarte w drugim od dołu akapicie p. 8.1 jest niepotrzebne, bo dotyczy projektowania, a nie pomiarów. Zamiast tego zdania należy przedstawić informacje zawarte w p. E. 612.6.3. Autor Podręcznika część tych informacji zamieścił niewłaściwie w p. 4.3. Tekst zamieszczony na stronie 47 jest trudny do zrozumienia, a szczególnie tekst zawarty w drugim akapicie p. 9.1. W punkcie 9.2 kilkakrotnie prąd znamionowy różnicowy wyłącznika różnicowoprądowego oznaczono  $I_n$  zamiast  $I_{nN}$ , a prąd zadziałania tego wyłącznika –  $I$  zamiast  $I_{\Delta}$ . Wzór (9.1) na stronie 50 zawiera błędne oznaczenie. W p. 9.3 występuje niewłaściwe oznaczenie prądu wyzwalającego. Nieprawdziwe jest też wymaganie pomiaru czasu wyłączenia wyłącznika (takiego wymagania nie ma w normie PN-IEC 60364-6-61, a w normie PN-HD 60364 takie pomiary zaleca się w ramach sprawdzeń odbiorczych. Z takich pomiarów w ramach sprawdzeń okresowych Polska się zwolniła.

Największy problem jest z informacją zawartą w ostatnim akapicie p. 9.3, gdyż taki zapis istnieje w p. C.61.3.6.1 normy PN-HD 60364-6, ale jest on sprzeczny z wymaganiami zawartymi w normie PN-HD 60364-4-41. Wyjaśnienie tych rozbieżności jest konieczne, ale ze względu na ograniczoną objętość artykułu, tym razem go pominię. Użyty w tytule p. 10.1 termin „rezystancja uziomu” nie jest poprawny. Powinno się używać terminu „rezystancja uziemienia”.

Nieuzasadnione jest twierdzenie zawarte w p.10.1, że do poprawnego wykonania pomiaru rezystancji uziemienia metodą techniczną z zasilaniem sieciowym wymagane są przyrządy pomiarowe o wysokiej klasy dokładności. Takiego wymagania nigdzie nie spotkałem i jest ono nieuzasadnione biorąc pod uwagę zasadę ustalania wartości dopuszczalnej i błędy popełniane ze względu na budowę i własności geoelektryczne gruntu. Nie jest też prawdą, że rezystancja sondy nie powinna przekraczać 300  $\Omega$ . Takie wymaganie dotyczy tylko miernika typu IMU, który w praktyce już nie jest stosowany. Uważam, że w p. 10 Podręcznika należy wyraźnie odróżnić wartość rezystancji zmierzonej od największej, spodziewanej w ciągu roku rezystancji uziemienia, potrzebnej do oceny skuteczności uziemienia. Autor wspomina o tym, ale w miejscu nieodpowiednim, bo w p. 10.2 poświęconym rezystancji uziomów pomocniczych.

Tekst zawarty w p. 10.2 ma niewiele wspólnego z tytułem punktu. Proponuję napisać, że rezystywności podane w p. 10.2 są rezystywnościami próbek gruntu o jednorodnej budowie. Grunty rzeczywiste nigdy nie są jednorodne.

Informacje przedstawione w p. 10.3 są wiadomościami uproszczonymi (poglądowymi) i przez to nie zawsze prawdziwymi. Nie uwzględniają one bowiem parametrów geoelektrycznych gruntu, który zawsze ma budowę niejednorodną. Należałoby zaznaczyć, dla jakich gruntów (o jakich parametrach geoelektrycznych) podane informacje są słuszne. Skrajnym nieporozumieniem są dane dotyczące trwałości uziomów ocynkowanych i pomiedziowanych. Warto by napisać, kiedy one mogą być prawdziwe.

Informacje zawarte w p. 10.5 są zdawkowe i nie bardzo nadają się do wykorzystania w praktyce. Należałoby wyjaśnić, jakie mogą być minimalne odległości „a”, aby wzór (10.2) można było zastosować. Należałoby też wyjaśnić, jak zalecane odległości „a” zależą od celu, dla którego wykonywany jest pomiar. Jeżeli pomiar wykonywany jest po to, aby zaprojektować uziom, to odległość „a” zależy przede wszystkim od przewidywanych rozmiarów projektowanego uziomu (prąd uziomowy przepływa przez różne warstwy gruntu).

## 6. Wnioski końcowe

1. Publikacja zawierająca wytyczne wykonywania sprawdzeń instalacji elektrycznych niskiego napięcia jest bardzo potrzebna, gdyż dotyczy ona sprawdzeń (badań), które są powszechnie wymagane, zagadnień, które są ważne, a przez wielu elektryków słabo znane, często lekceważone i niewłaściwie realizowane.
2. Podręcznik *INPE* dotyczący sprawdzeń instalacji elektrycznych niskiego napięcia (zeszyt 23) zawiera informacje dziś już w dużej części nieaktualne, a wiele informacji w nim zawartych i jego redakcja budzą zastrzeżenia. **Dlatego powinien on być zaktualizowany i poprawiony w możliwie krótkim czasie.**

3. Autor Podręcznika nie skorzystał albo nie chciał korzystać z publikacji ekspertów zamieszczanych w Miesięczniku *INPE*, w wyniku czego nie uniknął błędów merytorycznych. Przykładowo można tu wymienić artykuły:

- 1) Musiał Edward: *Kontrola stanu technicznego ochrony odgromowej i przeciwprzepięciowej*. Miesięcznik *INPE* Nr 100 (styczeń 2008 r.) str. 18-36,
- 2) Czapp S.: *Badanie wpływu wyższych harmonicznych na czułość wyłączników różnicowoprądowych typu AC i A*. Miesięcznik *INPE* Nr 97 (październik 2007 r.) str. 3-12,
- 3) Musiał Edward: *Pojmowanie przepisów i norm bezpieczeństwa*. Miesięcznik *INPE* Nr 93-94 (wrzesień 2007 r.) str. 3-23,
- 4) Musiał Edward: *Badanie stanu ochrony przeciwporażeniowej w obwodach energoelektronicznych*. Miesięcznik *INPE* Nr 80-81 (maj-czerwiec 2006 r.) str. 5-46,
- 5) Danielski Lech, Jabłoński Witold: *Ochrona przeciwporażeniowa w sieciach rozdzielczych niskiego napięcia*. Miesięcznik *INPE* nr 78 (marzec 2006 r.) str. 30-44.

Poza ww. w *INPE* do końca 2008 r. ukazało się 16 artykułów o tematyce zbieżnej z treścią Podręcznika i 8 po 1 stycznia 2009 r.

### Polskie Normy i akty normatywne przywołane

1. PN-E-04700:1998/AZ1:2000. Urządzenia i układy elektryczne w obiektach elektroenergetycznych. Wytyczne przeprowadzania pomontażowych badań odbiorczych.
2. PN-EN 45020:2009. Normalizacja i dziedziny związane. Terminologia.
3. PN-EN 61557. 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 (norma wieloarkuszowa).
4. PN-HD 60364-4-41:2009. Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed porażeniem elektrycznym.
5. PN-HD 60364-6:2008. Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 6: Sprawdzanie.
6. PN-IEC 60050-195:2001. Międzynarodowy słownik terminologiczny elektryki. Uziemienia i ochrona przeciwporażeniowa.
7. PN-IEC 60050-826:2001. Międzynarodowy słownik terminologiczny elektryki. Część 826 – Instalacje elektryczne.
8. PN-IEC 60364-4-41:2000. Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przeciwporażeniowa.
9. PN-IEC 60364-6-61:2000. Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Sprawdzanie. Sprawdzanie odbiorcze.
10. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz. U. nr 75 z 2002 r., poz. 690 (wersja: 2009.07.08).
11. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 7 stycznia 2008 r. w sprawie prawnej kontroli metrologicznej przyrządów pomiarowych. Dz. U. nr. 5 z 2008 r., poz. 29 (wersja z 2010.07.27).
12. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 9 stycznia 2008 r. w sprawie rodzajów przyrządów pomiarowych podlegających prawnej kontroli metrologicznej oraz zakresu tej kontroli. Dz. U. nr 3 z 2008 r., poz. 13 (wersja z 2008.07.28).
13. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 17 września 1999 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach i instalacjach energetycznych. Dz. U. nr 80 z 1999 r., poz. 912.
14. Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 28 kwietnia 2003 r. w sprawie szczegółowych zasad stwierdzania posiadanych kwalifikacji przez osoby zajmujące się eksploatacją urządzeń instalacji i sieci. Dz. U. nr 89 z 2003 r., poz. 828.
15. Ustawa z 7 dnia lipca 1994 r. Prawo budowlane. Dz. U. nr 156 z 2006 r., poz. 1118 (wersja: 2010.07.17).
16. Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeks Pracy (Dz. U. nr 21 z 1998 r., poz. 94 z późn. zm.).
17. Ustawa z dnia 11 maja 2001 r. Prawo o miarach. Dz. U. nr 243 z 2004 r., poz. 2441 (wersja z 2010.07.28).
18. Ustawa z dnia 12 września 2002 r. o normalizacji. Dz. U. nr 169 z 2002 r., poz. 2386 (wersja z 2010.08.12).
19. PKN – CENELEC/GUIDE 3. Wzajemne relacje między przepisami i normami  
Część 1: Powoływanie się na normy – główne sposoby stosowania  
Część 2: Harmonizacja przepisów i powołań na normy (maj 2006).

### Dane źródłowe:

Jabłoński W.: *Uwagi do Zeszytu nr 23 „Podręcznika INPE dla elektryków”*, Miesięcznik *INPE* 2010 r. nr 131, s. 103-112.

## KONTROLA STANU INSTALACJI ELEKTRYCZNYCH NISKIEGO NAPIĘCIA – PRZEGLĄD AKTUALNYCH WYMAGAŃ W ZAKRESIE PRÓB I POMIARÓW

### Streszczenie

W artykule omówiono zasady wykonywania prób i pomiarów w instalacjach elektrycznych niskiego napięcia. Szczególną uwagę zwrócono na zmiany wymagań w tym zakresie wprowadzone przez nowe wydanie normy PN-HD 60364-6:2008 Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 6: Sprawdzenie.

### 1. Wstęp

Kontrola stanu instalacji elektrycznych niskiego napięcia powinna być wykonana po zakończeniu budowy, przebudowy lub remontu instalacji (sprawdzanie odbiorcze), a także okresowo w trakcie jej użytkowania (sprawdzanie okresowe). Wymagania w zakresie zarówno sprawdzania odbiorczego, jak i okresowego są określone przede wszystkim w normie PN-HD 60364-6:2008 Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 6: Sprawdzenie [1]. Norma ta zastąpiła poprzednie jej edycje [2, 3] i została przywołana w Rozporządzeniach [4, 5]. Uzupełnieniem wymagań w zakresie sprawdzania instalacji niskiego napięcia jest m.in. norma [6] oraz wycofane przepisy eksploatacji [7].

Zgodnie z aktualną normą [1] wyróżnia się 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;
- **ogłędziny** – kontrola instalacji elektrycznej za pomocą wszelkich zmysłów (wzrok, słuch, powonienie, dotyk). Przy oględzinach nie wykorzystuje się próbników i mierników;
- **próba**<sup>1</sup> – użycie w instalacji elektrycznej środków (próbników, 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.

W niniejszym artykule zostaną omówione czynności, które wykonuje się w ramach prób i pomiarów. Ich zakres przy sprawdzaniu okresowym jest niemal identyczny, 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,

<sup>1)</sup> Użyty w normie [1] termin „próba” jest pojęciem szerokim – obejmuje próby wykonywane próbnikami (testerami), pomiary wykonywane miernikami oraz próby działania.

- e) sprawdzić samoczynne wyłączanie zasilania,
- f) sprawdzić ochronę uzupełniającą,
- g) sprawdzić biegunowość,
- h) sprawdzić kolejność faz,
- i) wykonać próby funkcjonalne i operacyjne,
- j) sprawdzić spadek napięcia.

Powyższe czynności 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.

### 2. Próba 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 połączeń wyrównawczych miejscowych, a także wtedy, gdy rezygnuje się z pomiaru impedancji pętli zwarciowej lub pomiaru rezystancji uziemia, co dopuszcza norma [1].

Według normy [1] wymaga się, aby przyrządy pomiarowe były dobrane zgodnie z postanowieniami wieloarkuszowej normy *PN-EN 61557 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*. Próbę ciągłości przewodów ochronnych należy wykonać wykorzystując próbnik spełniający wymagania części 4 tej normy [8]. Zgodnie z [8] napięcie pomiarowe może być stałe lub przemiennie o wartości od 4 V do 24 V w stanie bezobciążeniowym, a prąd pomiarowy nie powinien być mniejszy niż 0,2 A. Największy dopuszczalny błąd roboczy wynosi  $\pm 30\%$  w zakresie pomiarowym od  $0,2\ \Omega$  do  $2\ \Omega$ .

Przystępując do sprawdzenia ciągłości przewodów ochronnych i połączeń wyrównawczych należy pamiętać, że zgodnie ze znowelizowanymi przepisami [4], nie ma obowiązku obejmowania połączeniami wyrównawczymi metalowej armatury sanitarnej w obiektach wyposażonych w instalację wodociągową, ogrzewczą wodną, kanalizacyjną itp. wykonaną przewodami niemetalowymi. Zgodnie z [4] połączeniami wyrównawczymi należy obejmować:

- instalację wodociągową wykonaną z przewodów metalowych,
- metalowe elementy instalacji kanalizacyjnej,
- instalację ogrzewczą wodną wykonaną z przewodów metalowych,
- metalowe elementy instalacji gazowej,
- metalowe elementy sztywów i maszynownię dźwigów,
- metalowe elementy przewodów i wkładów kominowych,
- metalowe elementy przewodów i urządzeń do wentylacji i klimatyzacji,
- metalowe elementy obudowy urządzeń instalacji telekomunikacyjnej.

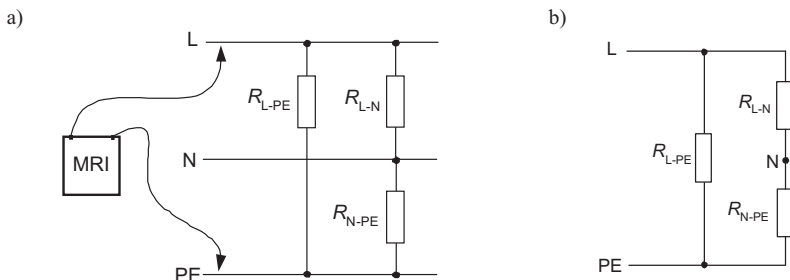
### 3. Pomiar rezystancji izolacji

Podstawowym pomiarem, który powinien być wykonany podczas badań izolacji instalacji jest pomiar rezystancji izolacji i ewentualnie wskaźników syntetycznych z nią związanych. W uzasadnionych przypadkach, gdy urządzeń nie można wyłączyć spod napięcia na czas pomiarów lub izolacja urządzenia nie jest dostępna, ponieważ urządzenie jest zabudowane lub pracuje pod wodą bądź pod ziemią, zamiast pomiaru rezystancji izolacji można wykonać pomiar prądu upływowego, który również wiele może mówić o stanie izolacji urządzenia. W tabeli 1 przedstawiono metody oceny stanu izolacji [9].

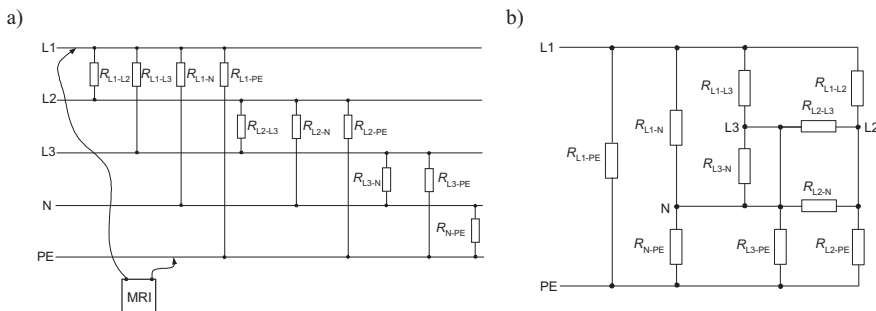
Tabela 1. Metody oceny stanu izolacji

Metoda	Możliwe do wykrycia	Miara oceny dla sprawdzającego
ogłędziny	uszkodzenia, błędy montażu	widoczne uchybienia
pomiar rezystancji izolacji	uszkodzenia, zawilgocenia, zanieczyszczenia	wartości graniczne rezystancji
pomiar prądu upływowego	zawilgocenia, zanieczyszczenia, pojemność	wartości graniczne prądu upływowego

Zgodnie z wymaganiami normy PN-HD 60364-6:2008 [1] rezystancję izolacji należy zmierzyć między przewodami czynnymi a uziemionym przewodem ochronnym. Podczas pomiaru wszystkie przewody czynne mogą być zwarte ze sobą. Jest to istotna zmiana w porównaniu z poprzednio wydaną w języku polskim normą PN-IEC 60364-6-61:2000 [2]. Dotychczas pomiar był wykonywany pomiędzy poszczególnymi parami przewodów czynnych oraz między każdym przewodem czynnym a ziemią, czyli przewodem PEN lub PE. Zwierać przewody czynne i wykonywać pomiary między tymi zwartymi przewodami a ziemią należało tylko w obwodach z urządzeniami elektronicznymi, aby urządzenia te nie uszkodziły się podczas pomiaru. Z pomiaru rezystancji izolacji pomiędzy każdą parą przewodów czynnych nadal nie można zrezygnować w miejscach, w których występuje zagrożenie pożarowe. Chodzi o zapobieganie zwarciom małoprądowym pomiędzy przewodami czynnymi, które mogą spowodować pożar, a nie są wykrywane przez zabezpieczenia zwarciowe ani zabezpieczenia różnicowoprądowe.



Rys. 1. Częstkowe rezystancje izolacji w trójprzewodowym jednofazowym obwodzie instalacji przy pomiarze L-PE: a) rezystancje pomiędzy poszczególnymi żyłami, b) schemat zastępczy



Rys. 2. Częstkowe rezystancje izolacji w trójfazowym pięcioprzewodowym obwodzie instalacji przy pomiarze L1-PE: a) rezystancje pomiędzy poszczególnymi żyłami, b) schemat zastępczy

Pomiar między każdą parą żył przewodu i tak nie daje miarodajnych informacji o stanie izolacji między tymi żyłami [10]. Otrzymana rezystancja przy pomiarze pomiędzy dwiema żyłami np. L-PE w obwodzie jednofazowym w rzeczywistości nie odwzorowuje rezystancji doziemnej izolacji przewodu fazowego. Na rysunku 1 przedstawiono cząstkowe rezystancje izolacji podczas pomiaru w trójprzewodowym obwodzie jednofazowym.

Jeżeli podczas pomiaru przewód neutralny nie jest uziemiony, to otrzymana rezystancja izolacji jest wynikiem naturalnego powiązania trzech cząstkowych rezystancji i wynosi:

$$R_{wL-PE} = \frac{R_{L-PE} \cdot (R_{L-N} + R_{N-PE})}{R_{L-PE} + R_{L-N} + R_{N-PE}} \quad (1)$$

W pięcioprzewodowym obwodzie trójfazowym cząstkowych rezystancji jest więcej i sytuacja jest bardziej skomplikowana, co przedstawia rysunek 2. W obwodzie zawierającym  $n$  biegunów nieuziemionych, liczba cząstkowych rezystancji izolacji mających wpływ na wynik pojedynczego pomiaru wynosi [10]:

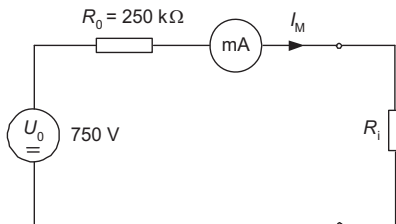
$$N_p = \frac{(n+1)!}{2(n-1)!} \quad (2)$$

Kolejną istotną zmianą zawartą w normie [1] jest zaostrożenie wymagań co do najmniejszej dopuszczalnej rezystancji izolacji. Napięcie pomiarowe oraz najmniejszą dopuszczalną wartość rezystancji izolacji przewodów elektroenergetycznych instalacji niskiego napięcia podano w tabeli 2.

**Tabela 2.** Najmniejsze dopuszczalne wartości rezystancji izolacji przewodów instalacji niskiego napięcia [1]

Napięcie znamionowe instalacji [V]	Napięcie pomiarowe [V]	Rezystancja izolacji [MΩ]
Obwody SELV lub PELV	250	0,5 (poprzednio 0,25)
Nie większe niż 500 V, w tym FELV	500	1,0 (poprzednio 0,5)
Większe niż 500 V	1000	1,0

Zastosowany miernik do pomiaru rezystancji izolacji powinien [11] mieć napięcie pomiarowe stałe, w stanie jałowym nie powinno ono przekraczać  $1,5U_N$ , gdzie  $U_N$  jest nominalnym napięciem wyjściowym (np. 500 V, jak w tabeli 2). Prąd nominalny powinien mieć wartość co najmniej 1 mA, a wartość szczytowa prądu pomiarowego nie powinna być większa od 15 mA (wartość szczytowa składowej przemiennej nie powinna przekraczać 1,5 mA). Największy dopuszczalny błąd roboczy wynosi  $\pm 30\%$ .



- $U_0$  – napięcie miernika w stanie jałowym
- $R_0$  – rezystancja wewnętrzna miernika
- $R_i$  – rezystancja izolacji badanego urządzenia
- $I_M$  – prąd pomiarowy

**Rys. 3.** Schemat przykładowego miernika rezystancji izolacji o napięciu nominalnym 500 V



Te warunki spełnia miernik o podanym na rysunku 3 układzie pomiarowym. Napięcie pomiarowe na zaciskach miernika zależy od wartości mierzonej rezystancji izolacji  $R_i$ . Ma wartość nie mniejszą niż napięcie nominalne miernika, jeżeli prąd pomiarowy nie przekracza 1 mA. Nominalny prąd pomiarowy w mierniku o napięciu 500 V uzyskuje się, gdy rezystancja izolacji jest równa 0,5 M $\Omega$ . Przy rozwartych zaciskach napięcie nie powinno być wyższe niż 1,5  $U_N$  (750 V w mierniku o napięciu 500 V). W mierniku o rezystancji wewnętrznej  $R_0 = 250$  k $\Omega$  w stanie zwarcia, czyli przy napięciu  $U = 0$ , prąd pomiarowy wynosi 3 mA.

#### 4. Sprawdzanie ochrony za pomocą SELV, PELV lub separacji elektrycznej

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 dla obwodów SELV i PELV jest podana w tabeli 2.

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.

W praktyce napięcie pomiarowe powinno wynosić 500 V, a najmniejsza dopuszczalna rezystancja izolacji 1,0 M $\Omega$ .

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 określonym czasie. Wymagania odnośnie do czasu wyłączenia są takie, jak dla układu TN (tabela 3).

#### 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 przemienne – powinno być równe napięciu znamionowemu instalacji i mieć tę samą częstotliwość. Można też wykonać pomiar z wykorzystaniem niższych wartości napięć, ale nie niższych niż 25 V. Wtedy jednak dodatkowo jest wymagany pomiar rezystancji izolacji podłóg i ścian przy napięciu pomiarowym DC o wartości co najmniej:

- 500 V – dla napięć znamionowych instalacji nie większych niż 500 V,
- 1000 V – dla napięć znamionowych instalacji większych niż 500 V.

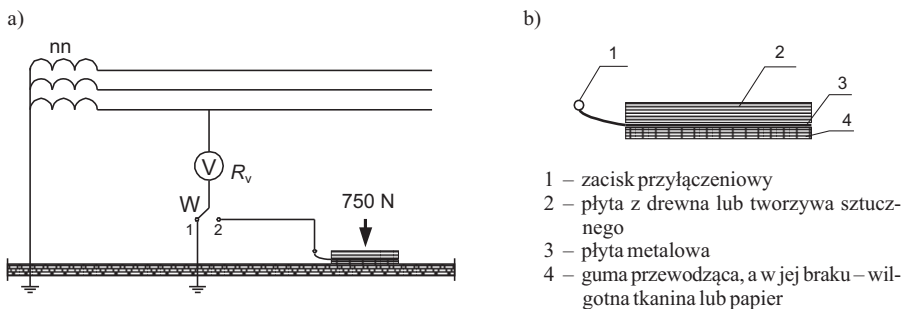
W przypadku instalacji napięcia stałego, pomiar rezystancji podłóg i ścian sprowadza się do wykonania pomiaru rezystancji izolacji, jak to wymieniono powyżej.

W instalacjach o napięciu przemiennym w praktyce stosuje się metodę woltomierzową lub metodę techniczną. Na rysunku 4 przedstawiono sposób pomiaru rezystancji podłóg (stanowiska) z wykorzystaniem metody woltomierzowej.

Układ jest zasilany napięciem sieci 230/400 V. Rezystancję mierzy się pomiędzy elektrodą probierczą a przewodem ochronnym instalacji (uziemiającą konstrukcją). Elektroda o wymiarach 25×25 cm powinna być dociśnięta siłą 750 N (250 N w przypadku ścian). Do stanowiska powinna przylegać miękka część elektrody np. wilgotnej tkaniny lub gumy przewodzącej.

W metodzie tej mierzy się dwa napięcia:

- $U_1$  – napięcie względem ziemi – łącznik  $W$  w położeniu 1,
- $U_2$  – napięcie na rezystancji wewnętrznej woltomierza,
- $R_v$  – łącznik  $W$  w położeniu 2.

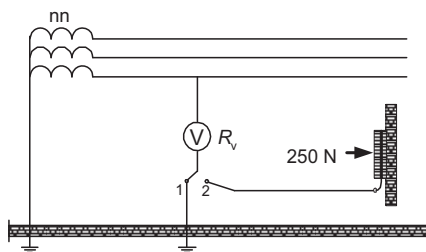


Rys. 4. Sposób pomiaru rezystancji stanowiska metodą woltmierzową, a) układ pomiarowy, b) budowa elektrody pomiarowej

Szukaną rezystancję stanowiska można obliczyć ze wzoru:

$$R_{st} = R_v \cdot \left( \frac{U_1}{U_2} - 1 \right) \quad (3)$$

Analogicznie należy wykonać pomiar rezystancji/impedancji ścian (rys. 5).



Rys. 5. Sposób pomiaru rezystancji ścian metodą woltmierzową

Do pomiaru rezystancji podłóg można użyć również innego rodzaju elektrody [1]. Elektroda ta jest metalowym statywem trójnożnym, którego elementy spoczywające na podłodze tworzą wierzchołki trójkąta równobocznego. Każdy z podtrzymujących elementów jest wykonany jako elastyczna podstawa zapewniająca, po obciążeniu, odpowiednią styczność z badaną powierzchnią na płaszczyźnie o polu powierzchni około 900 mm<sup>2</sup> i rezystancji przejścia mniejszej niż 5000 Ω.

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

- 50 kΩ – jeżeli napięcie znamionowe instalacji nie przekracza 500 V,
- 100 kΩ – jeżeli napięcie znamionowe instalacji przekracza 500 V.

Jeżeli warunki podane powyżej nie są spełnione, to, z punktu widzenia ochrony przeciwporażeniowej, te podłogi i ściany traktuje się jak części przewodzące obce.

## 6. Samoczynne wyłączenie zasilania

### 6.1. Wymagania odnośnie do czasu wyłączenia i prądu wyłączającego

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 długotrwale.
- Największe dopuszczalne czasy wyłączenia zasilania według normy [12] są podane w tabeli 3.

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.

Należy sprawdzić, czy obwody gniazd wtyczkowych ogólnego przeznaczenia o prądzie znamionowym nieprzekraczającym 20 A, które są użytkowane przez laików (np. pracownicy biurowi) oraz obwody urządzeń przenośnych o znamionowym prądzie nieprzekraczającym 32 A użytkowane na zewnątrz pomieszczeń są chronione za pomocą wyłączników różnicowoprądowych wysokoczułych ( $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$ ).

**Tabela 3.** Największy dopuszczalny czas wyłączenia zasilania w sekundach [12]

Układ	50 V < $U_o$ 120 V		120 V < $U_o$ 230 V		230 V < $U_o$ 400 V		$U_o > 400 \text{ V}$	
	AC	DC	AC	DC	AC	DC	AC	DC
TN	0,8	<sup>1)</sup>	0,4	5	0,2	0,4	0,1	0,1
TT	0,3	<sup>1)</sup>	0,2	0,4	0,07	0,2	0,04	0,1

<sup>1)</sup> Wyłączenie może być wymagane z innych powodów niż zagrożenie porażeniem,  
 AC – prąd przemienny,  
 DC – prąd stały,  
 $U_o$  – napięcie instalacji względem ziemi.

Podane w tabeli 3 czasy wyłączenia powinny być dotrzymane przy prądzie ziemnozwarciowym równym prądowi wyłączającemu zabezpieczenia. Prąd wyłączający  $I_{\Delta a}$ , czyli taki, który zapewnia przy zwarciu z przewodzącą obudową urządzenia elektrycznego wyłączenie zasilania w określonym przez normę czasie, zależy od rodzaju i prądu znamionowego zabezpieczenia. W niniejszym artykule pominięto zasady wyznaczania prądu wyłączającego zabezpieczeń nadprądowych, jako że nie zmieniły się one, są dobrze znane i były wielokrotnie opisywane, natomiast poruszony będzie problem prądu wyłączającego zabezpieczeń różnicowoprądowych.

Otóż zgodnie z aktualną normą [12] największe dopuszczalne czasy wyłączenia zasilania powinny być dotrzymane również przez zabezpieczenia różnicowoprądowe. Jeżeli przyjrzeć się wymaganiom norm przedmiotowych [13, 14] dotyczących charakterystyk działania wyłączników różnicowoprądowych, to okazuje się, że prąd wyłączający wcale nie musi być znamionowym prądem różnicowym zadziałania  $I_{\Delta n}$  (tabela 4).

Jeżeli porównać zapisy norm przedmiotowych [13, 14] oraz aktualnej normy dotyczącej sprawdzania instalacji [1], w której zaleca się, aby maksymalne czasy wyłączenia sprawdzać przy prądzie  $5I_{\Delta n}$ , to okazuje się, że przy prądzie  $5I_{\Delta n}$  nie zawsze dotrzyma się wymaganego czasu wyłączenia zasilania. W przypadku wartości w tabeli 4 mniejszych od  $5I_{\Delta n}$  zalecenie normy [1] jest spełnione z nadmiarem, natomiast w przypadku wartości większych, zalecenie podane w normie [1] jako  $5I_{\Delta n}$  jest niewystarczające. Po prostu trzeba większego prądu (np.  $7I_{\Delta n}$ ), aby wyłącznik zadziałał w wymaganym przez normę [1] czasie.

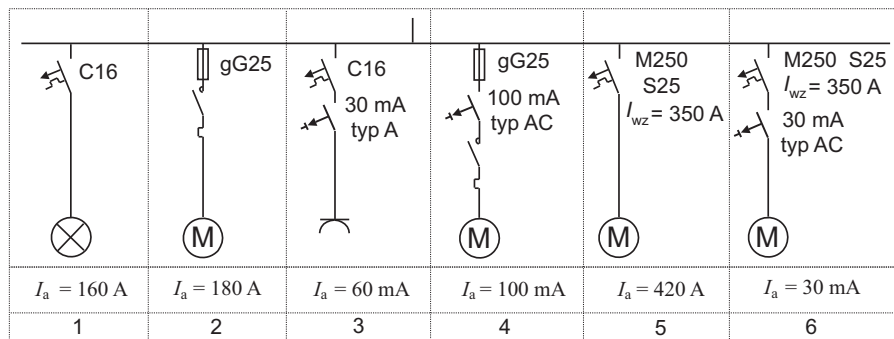
Należy pamiętać, że zastosowanie wyłącznika różnicowoprądowego znacznie ułatwia zapewnienie wyłączenia zasilania w obwodach z zainstalowanymi zabezpieczeniami nadprądowymi o dużym prądzie znamionowym i dużym prądzie wyłączającym. Tak może być np. w obwodach zabezpieczonych wkładkami bezpiecznikowymi zwłocznymi lub wyłącznikami nadprądowymi instalacyjnymi o charakterystyce typu D. Jeżeli okaże się, że zabezpieczenie nadprądowe nie wyłącza tego zwarcia w czasie podanym w tabeli 3, to rolę urządzenia wyłączającego może

przejąć zainstalowany dodatkowo wyłącznik różnicowoprądowy. Z uwagi na to, że prąd wyłączający wyłącznika różnicowoprądowego jest rzędu setek miliamperów bądź są to pojedyncze ampery, jego zastosowanie powoduje, że niemal zawsze warunek samoczynnego wyłączania zasilania jest spełniony.

**Tabela 4.** Prąd wyłączający wyłączników różnicowoprądowych w zależności od wymaganego czasu wyłączenia zasilania podanego w tabeli 3 [13, 14, 15]

Czas wyłączenia [s]	Prąd wyłączający $I_a$ wyłączników różnicowoprądowych					
	bezwłocznym i krótkowłocznym			selektywnym		
	AC	A (30 mA)	B	AC	A	B
0,04	$5I_{\Delta n}$	$7I_{\Delta n}$ lub 0,35 A	$10I_{\Delta n}$	–	–	–
0,07	$5I_{\Delta n}$	$7I_{\Delta n}$ lub 0,35 A	$10I_{\Delta n}$	–	–	–
0,1	$5I_{\Delta n}$	$7I_{\Delta n}$ lub 0,35 A	$10I_{\Delta n}$	–	–	–
0,2	$2I_{\Delta n}$	$4I_{\Delta n}$	$4I_{\Delta n}$	$2I_{\Delta n}$	$2,8I_{\Delta n}$	$4I_{\Delta n}$
0,3	$I_{\Delta n}$	$2I_{\Delta n}$	$2I_{\Delta n}$	$2I_{\Delta n}$	$2,8I_{\Delta n}$	$4I_{\Delta n}$
0,4	$I_{\Delta n}$	$2I_{\Delta n}$	$2I_{\Delta n}$	$2I_{\Delta n}$	$2,8I_{\Delta n}$	$4I_{\Delta n}$
0,8	$I_{\Delta n}$	$2I_{\Delta n}$	$2I_{\Delta n}$	$I_{\Delta n}$	$1,4I_{\Delta n}$	$2I_{\Delta n}$
1	$I_{\Delta n}$	$2I_{\Delta n}$	$2I_{\Delta n}$	$I_{\Delta n}$	$1,4I_{\Delta n}$	$2I_{\Delta n}$
5	$I_{\Delta n}$	$2I_{\Delta n}$	$2I_{\Delta n}$	$I_{\Delta n}$	$1,4I_{\Delta n}$	$2I_{\Delta n}$

W związku z powyższym, jeżeli w obwodzie znajdują się różne urządzenia wyłączające, to jako prąd wyłączający przyjmuje się wynik najkorzystniejszy i on jest podstawą oceny skuteczności ochrony przeciwporażeniowej. Na rysunku 6 przedstawiono zasadę określania prądu wyłączającego  $I_a$  w obwodach, w których znajdują się różne urządzenia wyłączające.



**Rys. 6.** Prąd wyłączający  $I_a$  w obwodach z różnymi zabezpieczeniami. Wymagany czas wyłączenia zasilania  $t = 0,4 \text{ s}$ , układ TN. W poszczególnych obwodach znajdują się następujące urządzenia zabezpieczające:

- 1 – wyłącznik nadprądowy instalacyjny C16 w obwodzie oświetleniowym,
- 2 – zestaw bezpiecznik gG25 – stycznik – przekaźnik przeciążeniowy,
- 3 – wyłącznik nadprądowy instalacyjny C16 oraz wyłącznik różnicowoprądowy typu A o  $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$  w obwodzie gniazd wtyczkowych,
- 4 – zestaw bezpiecznik gG25 – stycznik – przekaźnik przeciążeniowy oraz wyłącznik różnicowoprądowy typu AC o  $I_{\Delta n} = 100 \text{ mA}$ ,
- 5 – wyłącznik silnikowy M250 S25 o nastawie członu zwarcowego  $I_{zw} = 350 \text{ A}$  i odchyleniu jego prądu działania  $\pm 20\%$ ,
- 6 – wyłącznik silnikowy M250 S25 o nastawie członu zwarcowego  $I_{zw} = 350 \text{ A}$  i odchyleniu jego prądu działania  $\pm 20\%$  oraz wyłącznik różnicowoprądowy typu AC o  $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$

**Tabela 5.** Warunki skuteczności ochrony przeciwporażeniowej w układach sieci niskiego napięcia [12]

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 przewodu N	$Z_{sIT} \leq \frac{\sqrt{3} \cdot U_o}{2 \cdot I_a}$	nadprądowe	przy dwumiejscowym zwarciu z ziemią
IT z przewodem N	$Z'_{sIT} \leq \frac{U_o}{2 \cdot I_a}$		

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

Jeżeli w obwodzie jest zastosowany wyłącznik różnicowoprądowy, to należy sprawdzić jego rzeczywisty prąd zadziałania. Szczegóły związane z tym sprawdzaniem podano w punkcie 7 niniejszego artykułu.

W ostatnich latach ożywione dyskusje wzbudzał temat pomiaru czasu zadziałania wyłączników różnicowoprądowych. Otóż norma [1] stanowi, że 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.

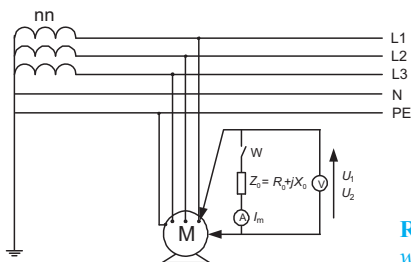
Pomiary te przeprowadza się tylko przy sprawdzaniu odbiorczym, nie są wymagane przy sprawdzaniu okresowym.

Warunki skuteczności ochrony przeciwporażeniowej w poszczególnych układach sieci, z uwzględnieniem rodzaju urządzenia wyłączającego przedstawiono w tabeli 5.

## 6.2. Pomiar impedancji pętli zwarciowej

Poprawnie zmierzona impedancja 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 odbiorników), oraz w układzie TT, w którym jako urządzenia wyłączające zastosowano zabezpieczenia nadprądowe.

Proponowana w normie [1] metoda pomiaru impedancji pętli zwarciowej to klasyczna metoda pomiaru wykorzystująca zasadę „sztucznego zwarcia”. Pomiar impedancji pętli zwarciowej w układzie TN przedstawiono na rysunku 7.



**Rys. 7.** Zasada pomiaru impedancji pętli zwarciowej w układzie TN

Mierzone są kolejno dwa napięcia: przed załączeniem obciążenia pomiarowego i po jego załączeniu. Obciążenie pomiarowe powinno zapewniać dość duży prąd pomiarowy tak, aby różnica mierzonych napięć była znaczna. Impedancję mierzoną  $Z$  określa zależność wektorowa:

$$\underline{Z} = Z_0 \frac{U_1 - U_2}{U_2} = Z_0 \left( \frac{U_1}{U_2} - 1 \right) \quad (4)$$

gdzie:  $Z$  – impedancja mierzona,  
 $Z_0$  – impedancja obciążenia pomiarowego,  
 $U_1$  – napięcie przed załączeniem obciążenia pomiarowego,  
 $U_2$  – napięcie po załączeniu obciążenia pomiarowego.

Warunkiem dokładnego pomiaru impedancji jest zastosowanie miernika, który mierzy impedancję pętli na podstawie zależności wektorowych. W praktyce jest często inaczej. Miernik mierzy impedancję  $Z_m$  na podstawie zależności uproszczonej – mierzone są moduły napięć, a nie wektory:

$$Z_m = Z_0 \frac{U_1 - U_2}{U_2} = Z_0 \left( \frac{U_1}{U_2} - 1 \right) \quad (5)$$

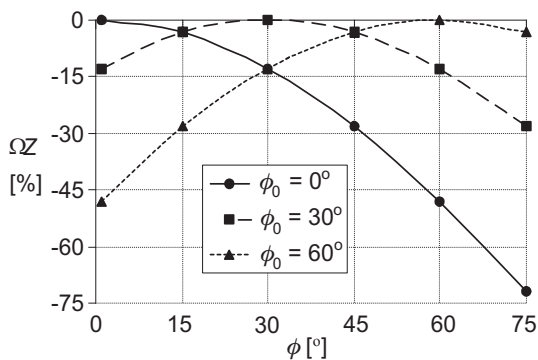
Pomiar impedancji pętli zwarciowej na podstawie modułów napięć nie będzie obarczony nadmiernym błędem, o ile nie będzie dużej różnicy argumentów: impedancji pętli zwarciowej i impedancji obciążenia pomiarowego.

Błąd pomiaru  $\delta Z$  wynikający z różnicy wspomnianych argumentów określa zależność:

$$\delta Z = \frac{\sqrt{1 + \frac{Z}{Z_0} + 2 \frac{Z}{Z_0} \cos(\phi - \phi_0)} - 1}{\frac{Z}{Z_0}} \quad (6)$$

gdzie:  $Z$  – impedancja pętli zwarciowej,  
 $Z_0$  – impedancja obciążenia pomiarowego,  
 $\phi$  – argument impedancji pętli zwarciowej,  
 $\phi_0$  – argument obciążenia pomiarowego.

Przykładowe błędy pomiaru  $\delta Z$  wynikające z różnicy argumentów przedstawiono na rysunku 8.



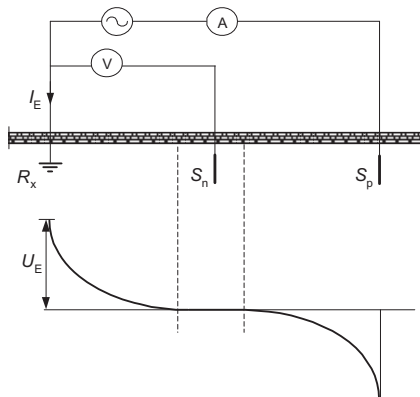
Rys. 8. Przykładowe błędy pomiaru impedancji pętli zwarciowej  $\Delta Z$  wynikające z różnicy argumentów impedancji pętli zwarciowej  $\phi$  i obciążenia pomiarowego  $\phi_0$

Duża różnica argumentów występuje wtedy, kiedy do pomiaru impedancji pętli zwarciowej, na którą składa się głównie reaktancja (np. w pobliżu transformatora dużej mocy), wykorzystywany jest miernik o rezystancyjnym<sup>2</sup> obciążeniu pomiarowym, mierzący tylko rezystancję. Z wykresu na rysunku 8 widać, że błąd pomiaru może przekraczać wartość 70% przy stosowaniu miernika z rezystancyjnym obciążeniem pomiarowym ( $\phi_0 = 0^\circ$ ), jeżeli pomiar jest wykonywany w punkcie sieci, w którym przeważa reaktancja pętli zwarciowej ( $\phi = 75^\circ$ ). Natomiast przy równości argumentów ( $\phi = \phi_0$ ) błąd pomiaru przyjmuje wartość zero. Należy więc dążyć do równości argumentów przez odpowiednie ich dopasowanie, np. stosując miernik [16] wyposażony w impedor obciążeniowy o nastawianym argumentcie.

Należy zwrócić uwagę, że pomiar impedancji pętli nie jest konieczny, jeżeli obwód (obwoły) jest chroniony wyłącznikiem różnicowoprądowym o  $I_{\Delta n} = 500$  mA. Wystarczający jest wtedy pomiar ciągłości przewodów ochronnych.

### 6.3. Pomiar rezystancji uziemienia

Opisywana w normie [1] zasada pomiaru rezystancji uziemienia to klasyczna metoda pomiarowa stosowana od wielu lat (rys. 9). Przepływający przez badane uziemienie  $R_x$  i uziom



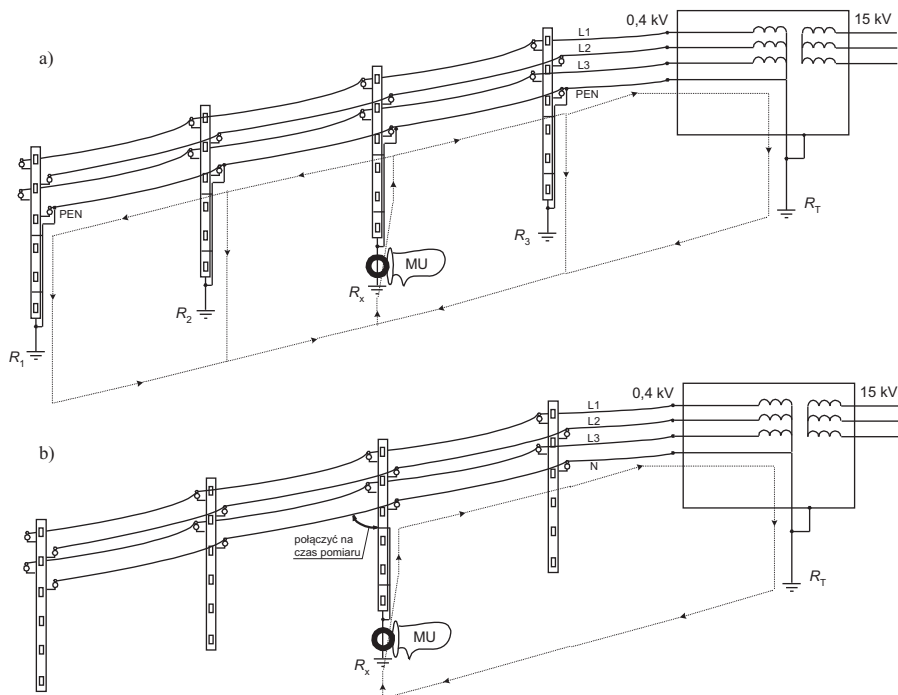
Rys. 9. Klasyczna metoda pomiaru rezystancji uziemienia

<sup>2)</sup> Są mierniki, które, mimo rezystancyjnego obciążenia pomiarowego, poprawnie mierzą impedancję pętli zwarciowej.

pomocniczy  $S_p$  prąd  $I_E$  wywołuje spadek napięcia na rezystancji uziemienia  $R_x$ , który mierzy się woltmierzem 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. Jeżeli sonda znajduje się w strefie potencjału zerowego, to zostanie poprawnie zmierzone napięcie uziomowe  $U_E$  i przy znanej wartości prądu prawidłowo zostanie oceniona wartość rezystancji uziemienia.

Nowością w normie jest propozycja pomiaru impedancji, a właściwie rezystancji pętli zwarciowej tzw. metodą cęgową (rys. 10).

Zamiast mierzyć rezystancję uziemienia  $R_x$  (rys. 10) można zmierzyć rezystancję pętli będącą sumą rezystancji  $R_x$  i rezystancji  $R_\Sigma$  (w układzie TN  $R_\Sigma$  to wypadkowa wynikająca z połączenia równoległego rezystancji  $R_1, R_2, R_3$  i  $R_T$  – rys. 10a; w układzie TT  $R_\Sigma$  to rezystancja  $R_T$  – rys. 10b).



Rys. 10. Pomiar impedancji/rezystancji pętli zwarciowej metodą cęgową w układzie: a) TN, b) TT

W rzeczywistości nowość ta jest pozorna – metoda ta jest już od wielu lat stosowana przy ocenie skuteczności ochrony przeciwporażeniowej.

### 7. Sprawdzenie ochrony uzupełniającej

Ochrona przeciwporażeniowa uzupełniająca jest realizowana poprzez zastosowanie wyłączników różnicowoprądowych wysokoczułych ( $I_{\Delta n} = 30$  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 próbnikiem wymuszającym prąd pomiarowy tylko o wartości  $I_{\Delta n}$  – wyłącznik powinien zadziałać). Wyłączniki typu A zaleca się ponadto badać przy prądach różnicowych jednokierunkowych.

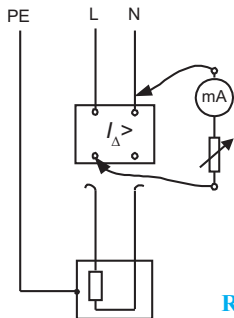
**Tabela 6.** Zakres dodatkowych prób wyzwalania wyłączników różnicowoprądowych typu A – badanie prądem jednokierunkowym

Kąt opóźnienia prądu $\alpha$ [°]	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  $2I_{\Delta n}$

Przy tych próbach dopuszcza się, aby rzeczywisty prąd różnicowy zadziałania mieścił się w szerszych granicach niż  $0,5I_{\Delta n} \div I_{\Delta n}$ . W tabeli 6 przedstawiono dane związane z dodatkowymi próbami wyłączników różnicowoprądowych typu A. Sprawdzenie wartości prądu, przy której wyzwała wyłącznik różnicowoprądowy, może odbywać się z wykorzystaniem prostego układu, jak na rysunku 11. W przypadku wyłączników typu A zaleca się, aby miernik dawał możliwość wymuszania prądu stałego pulsującego, a w przypadku badań wyłączników typu B również prądu stałego o pomijalnym tętnieniu.

Po odłączeniu instalacji odbiorczej od wyłącznika należy wymusić prąd różnicowy wykorzystując do tego rezystor o regulowanej rezystancji. Miliamperomierz w jego obwodzie wskazuje wartość prądu różnicowego. Zmniejszając wartość rezystancji w obwodzie zwiększa się wartość prądu różnicowego aż do zadziałania wyłącznika. Na rynku istnieje wiele mierników i testerów w zabezpieczeń różnicowoprądowych, które pomiar wykonują w sposób automatyczny, wyświetlając wartość prądu, przy której zadziałał wyłącznik różnicowoprądowy. Według [17] błąd roboczy pomiaru prądu różnicowego nie powinien być większy niż  $\pm 10\%$  wartości znamionowego prądu różnicowego zadziałania badanego wyłącznika różnicowoprądowego.

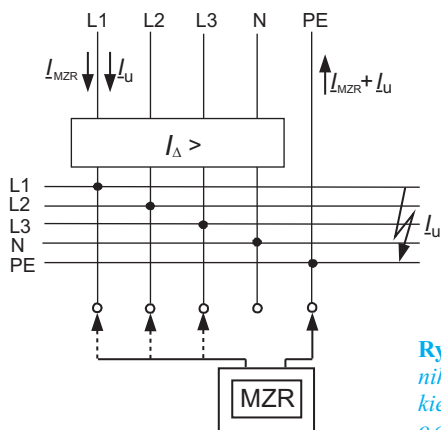


Rys. 11. Pomiar rzeczywistego prądu różnicowego zadziałania

Pomiary rzeczywistego prądu różnicowego zadziałania wyłączników różnicowoprądowych mogą być obciążone znacznym błędem, jeżeli w instalacji występują niepomijalne ustalone prądy upływowe. W obwodzie jednofazowym wynik pomiaru jest zanizony, natomiast w obwodzie trójfazowym prąd upływowy, przy badaniu jak na rysunku 12, może oddziaływać w obydwu kierunkach, czyli może zaniżać lub zawyżać wynik pomiaru rzeczywistego prądu zadziałania.

Nie należy więc oceniać pochopnie stanu wyłącznika różnicowoprądowego, gdyż w rzeczywistości może być on sprawny, a przyczyna negatywnego wyniku pomiaru leży po stronie instalacji. Może też wystąpić sytuacja odwrotna, na podstawie wyniku pomiaru niesprawny wyłącznik może zostać oceniony jako działający prawidłowo. Z tego względu podczas po-

miarów rzeczywistego prądu różnicowego zadziałania wyłączników różnicowoprądowych należy odłączyć od nich instalację odbiorczą. Rysunek 12 przedstawia sytuację, kiedy z fazy L1 obwodu trójfazowego do przewodu ochronnego PE płynie prąd upływowy o wartości 5 mA o charakterze pojemnościowym. Sytuację taką zweryfikowano eksperymentalnie na modelu insta-



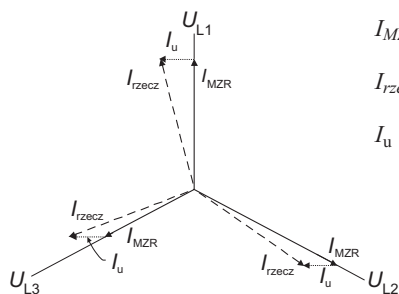
**Rys. 12.** Rozpyły prądów podczas pomiarów miernikiem zabezpieczeń różnicowoprądowych MZR, kiedy z fazy L1 płynie ustalony prąd upływowy  $I_U$  o charakterze pojemnościowym

lacji elektrycznej znajdującym się w Katedrze Elektroenergetyki Politechniki Gdańskiej. W obwodzie trójfazowym zainstalowano wyłącznik różnicowoprądowy czterobiegunowy o  $I_{\Delta n} = 30$  mA. Pomiar wykazuje znaczne różnice w rzeczywistym prądzie zadziałania tego wyłącznika różnicowoprądowego (tabela 7). Po przyłączeniu miernika do fazy L3 średnia wartość z trzech pomiarów wyniosła 16 mA, natomiast przy pomiarze w fazie L2 aż 23,8 mA. Takie różnice w wynikach mogą błędnie sugerować zły stan wyłącznika.

**Tabela 7.** Wyniki pomiaru rzeczywistego prądu różnicowego zadziałania

Pomiar pomiędzy zaciskami	Wartość prądu, przy której zadziałał wyłącznik [mA]	Średnia z trzech pomiarów [mA]
przed odłączeniem instalacji odbiorczej		
L1-PE	21,0 20,7 20,7	20,8
L2-PE	23,7 23,7 24,0	23,8
L3-PE	15,6 16,2 16,2	16,0
po odłączeniu instalacji odbiorczej		
L1-PE	21,3 21,3 21,3	21,3
L2-PE	21,0 21,0 21,0	21,0
L3-PE	20,7 20,7 21,0	20,8

Na rysunku 13 przedstawiono wykres wyjaśniający przyczyny zadziałania wyłącznika różnicowoprądowego przy różnych wartościach prądu pomiarowego  $I_{MZR}$  wymuszanego przez



- $I_{MZR}$  – prąd (wskazany przez miernik), przy którym zadziałał wyłącznik różnicowoprądowy
- $I_{rzecz}$  – prąd zadziałania wyłącznika w instalacji bez prądu upływowego
- $I_u$  – wartość ustalonego prądu upływowego w badanej instalacji

Rys. 13. Wykres prądów podczas pomiaru rzeczywistego prądu różnicowego zadziałania z rysunku 12

biegunowego łącznika w przewodzie neutralnym obwodu trójfazowego może doprowadzić do znacznej asymetrii napięć fazowych w instalacji i spowodować uszkodzenie odbiorników.

## 9. Sprawdzenie 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 i in., które mają na celu sprawdzenie, czy urządzenia te są właściwie zainstalowane, zmontowane i nastawione.

## 11. Sprawdzanie spadku napięcia

Zgodnie z normą [1] spadek napięcia można sprawdzić na dwa sposoby:

- wykorzystując diagram znajdujący się w załączniku D te same normy,
- wykonując pomiar impedancji pętli zwarciowej.

Wykorzystując diagram można określić największą dopuszczalną długość przewodu o określonym przekroju, wiedząc jaka jest wartość prądu szczytowego obciążenia. Zgodnie z tym diagramem największy dopuszczalny spadek napięcia wynosi 4%. Taka wartość spadku napięcia jest dopuszczalna począwszy od złącza aż do odbiorników. Diagram zakłada jednaki przekrój przewodów od złącza do odbiornika, co w praktyce rzadko jest spełnione. Pozostaje więc pomiar impedancji pętli zwarciowej lub metoda obliczeniowa, jak przy projektowaniu instalacji. Więcej informacji odnośnie do dopuszczalnego spadku napięcia w obwodach rozdzielczych i obwodach odbiorczych instalacji jest w normie [19].

## 12. Częstość sprawdzania instalacji

Przy ustalaniu częstości sprawdzania instalacji elektrycznych należy brać pod uwagę rodzaj instalacji, sposób użytkowania i narażenia środowiskowe. Proponowane w normie [1] okresy pomiędzy sprawdzeniami są następujące:

- 10 lat – dla budownictwa mieszkaniowego, ale zaleca się wykonać pomiary przy każdej zmianie użytkownika lokalu,
- 4 lata – poza budownictwem mieszkaniowym, gdy nie występują szczególne warunki środowiskowe,
- krótsze niż 4 lata (brak konkretnej wartości) w niżej podanych przypadkach:
  - obiekty o zwiększonym zagrożeniu porażeniem, pożarem, wybuchem,
  - miejsca, w których znajdują się instalacje niskiego i wysokiego napięcia,
  - obiekty gromadzące publiczność,

- tereny budowy,
- instalacje bezpieczeństwa.

Można też wprowadzić system monitoringu, który pozwoli na ciągły nadzór instalacji.

Postanowienia normy [1] należy traktować jedynie jako zalecenia. 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 uzemień 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 m<sup>2</sup> oraz innych obiektów budowlanych o powierzchni dachu przekraczającej 1000 m<sup>2</sup>, (...).”

### 13. Wnioski

Znowelizowana norma PN-HD 60364-6:2008 obejmuje nie tylko sprawdzanie odbiorcze, jak poprzednie jej edycje, ale również sprawdzanie okresowe. Zakres badań odbiorczych został rozszerzony, podkreślono znaczenie oględzin, wprowadzono szereg zmian w odniesieniu do wykonywania prób i pomiarów oraz oceny skuteczności ochrony na ich podstawie.

### 14. Literatura

1. PN-HD 60364-6:2008 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 6: Sprawdzanie.
2. PN-IEC 60364-6-61:2000 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Sprawdzanie. Sprawdzanie odbiorcze.
3. PN-HD 384.6.61 S2:2006 (U) Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Część 6-61. Sprawdzanie. Sprawdzanie odbiorcze.
4. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 marca 2009 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2009, nr 56, poz. 461).
5. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 10 grudnia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2010, nr 239, poz. 1597).
6. PN-E-04700:1998/+Az1:2000 Urządzenia i układy elektryczne w obiektach elektroenergetycznych. Wytyczne przeprowadzania pomontażowych badań odbiorczych.
7. Zarządzenie Ministra Górnictwa i Energetyki z dnia 17 lipca 1987 r. w sprawie szczegółowych zasad eksploatacji sieci elektroenergetycznych (M.P. z dnia 4 września 1987 r., Nr 25, poz. 200) (w): Przepisy Eksploatacji Urządzeń Elektroenergetycznych.
8. PN-EN 61557-4:2007 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 (oryg.).
9. Bödeker K., Kindermann R.: *Erstprüfung elektrischer Gebäudeinstallationen*. Verlag Technik, Berlin, 1999, s. 35-73.
  10. Musiał E., Roskosz R.: Wyznaczanie prądu upływowego przez pomiar cząstkowych rezystancji izolacji w wielobiegunowych obwodach instalacji. XII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Bezpieczeństwo Elektryczne”, Wrocław, wrzesień 1999 r., s. 415-423.
  11. PN-EN 61557-2:2007 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 2: Rezystancja izolacji (oryg.).
  12. PN-HD 60364-4-41:2009 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed porażeniem elektrycznym.
  13. IEC TR 60755:2008 General requirements for residual current operated protective devices. 2<sup>nd</sup> edition.
  14. PN-EN 61008-1:2007 Włłączniki różnicowoprądowe bez wbudowanego zabezpieczenia nadprądowego do użytku domowego i podobnego (RCCB). Część 1: Postanowienia ogólne.
  15. Musiał E.: Sprawdzanie instalacji elektrycznych niskiego napięcia. Przegląd treści oraz błędów tłumaczenia normy PN-HD 60364-6:2008. *INPE* Miesięcznik SEP, 2009, nr 118-199, s. 24-54.
  16. Roskosz R.: Przyrządy typu MR do pomiaru impedancji pętli zwarciowej. *Przegląd Elektrotechniczny*, 1990, nr 6, s. 125-127.
  17. PN-EN 61557-6:2008 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 (oryg.).
  18. PN-IEC 60364-5-53:2000 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Aparatura rozdzielcza i sterownicza.
  19. N SEP-E-002 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Instalacje elektryczne w obiektach mieszkalnych. Podstawy planowania.
  20. Ustawa Prawo budowlane z dnia 7 lipca 1994 r. (Dz.U. z 1994, Nr 89, poz. 414 z późn. zm.).

**Dane źródłowe:**

Czapp S.: *Kontrola stanu instalacji elektrycznych niskiego napięcia – przegląd aktualnych wymagań w zakresie prób i pomiarów*. Miesięcznik *INPE*, 2011 r. nr 139, s. 3-21.

W SPRAWIE POMIARU IMPEDANCJI PĘTLI ZWARCIOWEJ  
W UKŁADZIE TN Z WYŁĄCZNIKAMI RÓŻNICOWOPRĄDOWYMI

O  $I_{\Delta n}$  500 mA

3

**Pytanie Czytelnika:**

Proszę o Państwa opinię, jak interpretować postanowienia norm dotyczące pomiaru impedancji pętli zwarciowej w układzie TN z wyłącznikami RCD o prądzie  $I_{\Delta n}$  500 mA.

Norma PN-IEC 60364-6-61:2000 w p. 612.6.1/a/1 stanowiła:

*Zgodność z postanowieniami 413.1.3.3 należy sprawdzić:*

1) *przeprowadzając pomiar impedancji pętli zwarciowej (patrz 612.6.3).*

*(...)*

*Uwaga 2 – Powyższe pomiary nie są niezbędne, jeżeli są dostępne obliczenia impedancji pętli zwarciowej lub rezystancji przewodów ochronnych, a sposób wykonania instalacji umożliwia sprawdzenie długości i przekroju przewodów. W tym przypadku wystarcza sprawdzenie ciągłości przewodów ochronnych (patrz 612.2).*

Norma PN-HD 60364-6:2008 w p. 61.3.6.1/a/1 stanowi:

*Należy sprawdzić zgodność z postanowieniami 411.4.4 i 411.3.2 Części 4-41, dokonując:*

1) *pomiaru impedancji pętli zwarciowej (patrz 61.3.6.3)*

*Uwaga 1 Jeżeli do wyłączenia zasilania zastosowano urządzenia RCD o prądzie  $I_{\Delta n}$  500 mA, to zwykle pomiar impedancji pętli zwarciowej nie jest konieczny.*

*Alternatywnie, jeżeli są dostępne obliczenia impedancji pętli zwarciowej lub rezystancji przewodów ochronnych, a sposób wykonania instalacji umożliwia sprawdzenie długości i przekroju przewodów, wystarczające jest sprawdzenie ciągłości elektrycznej przewodów ochronnych (patrz 61.3.2).*

W wersji anglojęzycznej ww. normy wyrażenie *to zwykle pomiar impedancji pętli zwarciowej nie jest konieczny* brzmi: *measurement of the fault loop impedance is normally not necessary*.

Nasze wątpliwości:

1. Czy możliwość zastąpienia pomiaru impedancji sprawdzeniem ciągłości wynika:
  - z faktu zainstalowania RCD o  $I_{\Delta n}$  500 mA,
  - czy tylko z dostępności informacji o długości i przekroju przewodów,
  - czy ze spełnienia obu ww. warunków równocześnie.
2. Co konkretnie oznaczają wyrażenia „zwykle nie jest konieczny” lub „is normally not necessary” odnośnie do pomiarów impedancji pętli zwarciowej.

**Odpowiedz:**

Warunek skuteczności ochrony przez samoczynne wyłączenie zasilania w układzie TN jest określony zależnością:

$$Z_s \leq \frac{U_o}{I_a} \quad (1)$$

gdzie:

$I_a$  – prąd wyłączający zabezpieczenia [A],

$U_o$  – znamionowe napięcie względem ziemi [V],

$Z_s$  – impedancja pętli zwarciowej [ $\Omega$ ].

Prąd wyłączający zależy od typu wyłącznika różnicowoprądowego i określonego przez normę [2] największego dopuszczalnego czasu wyłączenia zasilania (tablica 1).

**Tablica 1.** Prąd wyłączający  $I_a$  wyłączników różnicowoprądowych [1] w zależności od największego dopuszczalnego czasu wyłączenia zasilania podanego w normie [2]

Czas wyłączenia [s]	Prąd wyłączający $I_a$ wyłączników różnicowoprądowych					
	bezwzględnych i krótkozwłoczących			selektywnych		
	AC	A (30 mA)	B	AC	A	B
0,2	$2I_{\Delta n}$	$4I_{\Delta n}$	$4I_{\Delta n}$	$2I_{\Delta n}$	$2,8I_{\Delta n}$	$4I_{\Delta n}$
0,4	$I_{\Delta n}$	$2I_{\Delta n}$	$2I_{\Delta n}$	$2I_{\Delta n}$	$2,8I_{\Delta n}$	$4I_{\Delta n}$
5	$I_{\Delta n}$	$2I_{\Delta n}$	$2I_{\Delta n}$	$I_{\Delta n}$	$1,4I_{\Delta n}$	$2I_{\Delta n}$

Jeżeli przyjąć, że największy dopuszczalny czas wyłączenia zasilania jest równy 0,4 s, a napięcie  $U_o = 230$  V, to dla przykładowych wyłączników typu AC dopuszcza się wartości impedancji pętli zwarciowej  $Z_s$  podane w tablicy 2.

**Tablica 2.** Największa dopuszczalna wartość impedancji pętli zwarciowej w układzie TN w zależności od znamionowego prądu różnicowego zadziałania wyłącznika różnicowoprądowego typu AC. Czas wyłączenia  $t = 0,4$  s

Wyłącznik różnicowoprądowy typu AC o $I_{\Delta n}$	30 mA	100 mA	300 mA	500 mA
	bezwłoczący i krótkozwłoczący			
Największa dopuszczalna impedancja pętli zwarciowej $Z_s$	7666 $\Omega$	2300 $\Omega$	766 $\Omega$	460 $\Omega$
	zwłoczący			
Największa dopuszczalna impedancja pętli zwarciowej $Z_s$	–*	1150 $\Omega$	383 $\Omega$	230 $\Omega$

\* Nie ma wyłączników różnicowoprądowych zwłoczących o  $I_{\Delta n} = 30$  mA.

Zatem największa dopuszczalna impedancja pętli zwarciowej jest rzędu setek, a dla najwyższej stosowanych wyłączników różnicowoprądowych o  $I_{\Delta n} = 30$  mA nawet dla najdłuższych przewodów, to impedancja pętli zwarciowej nie przekracza kilku omów. Zachowanie ciągłości przewodów w obwodzie chronionym wyłącznikiem różnicowoprądowym o  $I_{\Delta n} = 500$  mA zapewnia samoczynną wyłączenie zasilania przy zwarciu doziemnym. Nie ma konieczności wykonywania pomiaru impedancji pętli zwarciowej, ponieważ nieistotne jest to, czy impedancja ta ma wartość ułamka oma, dwóch czy trzech omów. Jeżeli zatem obwód jest chroniony wyłącznikiem różnicowoprądowym o  $I_{\Delta n} = 500$  mA, to wystarczy jest pomiar ciągłości przewodów ochronnych. Nie jest też konieczne wykonywanie obliczeń impedancji pętli zwarciowej lub rezystancji przewodów ochronnych ani sprawdzanie długości i przekrojów przewodów.

Odstępstwo o dopuszczalności zastąpienia pomiaru impedancji pętli zwarciowej sprawdzeniem ciągłości elektrycznej przewodów ochronnych dotyczy wszelkich obwodów spełniających podane w normie warunki (*śq dostępne obliczenia impedancji pętli zwarciowej lub rezystancji przewodów ochronnych, a sposób wykonania instalacji umożliwiał sprawdzenie długości i przekroju przewodów*) niezależnie od rodzaju zabezpieczenia dokonującego samoczynnego wyłączenia zasilania (nadprądowe, różnicowoprądowe) i jego prądu wyłączającego. Pozwala na to zarówno norma PN-HD 60364-6:2008 [3], jak i wcześniejsze jej wydanie [4]. Wystarczy obliczeniu potwierdzić, że impedancja pętli zwarciowej nie przekracza wartości dopuszczalnej lub że napięcia dotykowe nie przekraczają wartości dopuszczalnej długotrwałe. Zachodzi jednak zasadnicza wątpliwość, czy to „uulgowe” postępowanie wynikające z dopuszczonego odstępstwa nie jest bardziej pracochłonne, a jego wynik mniej wiarygodny niż w przypadku tradycyjnego pomiaru impedancji pętli zwarciowej.

Zawartę w normie sformułowanie: *...to zwykle pomiar impedancji pętli zwarciowej nie jest konieczny* odnosi się do przypadków, w których obwody są chronione wyłącznikami różnicowoprądowymi.

woprowadzonymi o  $I_{\Delta n} = 500$  mA. Uzasadnienie braku konieczności wykonywania tego pomiaru przedstawiono powyżej.

### Bibliografia

1. IEC TR 60755:2008 General requirements for residual current operated protective devices. 2<sup>nd</sup> edition.
2. PN-HD 60364-4-41:2009 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przeciwporażeniowa.
3. PN-HD 60364-6:2008 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 6: Sprawdzanie.
4. PN-IEC 60364-6-61:2000 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Sprawdzanie. Sprawdzanie odbiorcze.

Stanisław Czapp

### Dane źródłowe:

Czapp S.: *Pytania i odpowiedzi w sprawie pomiaru impedancji pętli zwarciowej w układzie TN z wyłącznikami różnicowoprądowymi o  $I_{\Delta n} = 500$  mA*. Mięsięcznik INPE, 2012 r. nr 150, s. 71-73.

---

## W SPRAWIE SPRAWDZANIA STANU OCHRONY PRZECIWPORAŻENIOWEJ W INSTALACJACH Z WYŁĄCZNIKAMI RÓŻNICOWOPRĄDOWYMI

# 4

### Szanowny Panie Redaktorze,

*Od wielu lat prowadzę niewielką firmę elektryczną, która wykonuje różnorodne instalacje elektryczne (m.in. instalacje zasilające sieci komputerowe, urządzenia przemysłowe, urządzenia sieci TV i telefonii komórkowej, instalacje w obiektach medycznych), a także okresowe pomiary elektryczne w różnych obiektach.*

*W pracy spotykamy różne odmiany urządzeń różnicowoprądowych, nie tylko „ogólnego zastosowania” i mamy problem z ich badaniem w taki sposób, aby być w zgodzie z aktualnymi przepisami i normami.*

*W komentarzach do norm, w literaturze fachowej i instrukcjach do mierników jest w tych sprawach spore zamieszanie. Ponieważ w publikacjach dr. Edwarda Musiała w INPE często omawiana jest tematyka wyłączników różnicowoprądowych, chciałbym prosić go o opinię w kwestiach wymienionych w załączniku. Z góry dziękuję za pomoc.*

*Z poważaniem  
Andrzej Siedlecki*

*Zakład Usług Elektrycznych „AS II” s.c.*

### Pytanie 1

Jak należy interpretować postanowienia normy PN-IEC-60364-6-61 odnośnie do prób urządzeń różnicowoprądowych?

Norma w punkcie 612.6.1 dla układu TT – podpunkt b), 2) stanowi, że próba ma polegać na weryfikacji (sprawdzeniu) charakterystyk urządzenia ochronnego:

„Zgodność z postanowieniami 413.1.4.2. należy sprawdzić: ...

- 2) weryfikując charakterystyki skojarzonego (?) urządzenia ochronnego, które należy wykonać: – dla urządzeń różnicowoprądowych przeprowadzając oględziny i wykonując próbę”.

Zalecenie o zbliżonej treści norma podaje dla układu TN (podpunkt a), 2). Weryfikację charakterystyki urządzenia różnicowoprądowego (RCD) np. dla wyłączników RCCB rozumiem jako sprawdzenie, czy charakterystyka spełnia wymagania normy PN-EN 61008-1/A11, Tablica 1. Sądzę, że takie sprawdzenie powinno polegać na zbadaniu, czy dla określonej wartości prądu czas zadziałania nie przekroczy określonej górnej granicy (np. dla wyłącznika bezzwłocznego AC przy prądzie różnicowym równym  $I_{\Delta n}$  czas wyłączania nie może być dłuższy niż 0,3 s).



Czy w zapisach (lub tłumaczeniu) normy nie ma pewnej niekonsekwencji? Przecież przykłady metod prób podane w Załączniku B normy nie są weryfikacją charakterystyk, bo brakuje tutaj warunku czasu granicznego wyłączenia.

Metodę takiego badania jednoznacznie i prosto formułuje norma PN-EN 61008-1/A11 w badaniu wyrobu (Załącznik D, punkt D1): *Przez każdy z biegunów RCCB przepuszcza się kolejno prąd różnicowy. Wyłącznik RCCB nie powinien zadziałać przy prądach równych  $0,5 I_{\Delta n}$  lub mniejszych, a powinien zadziałać przy prądzie  $I_{\Delta n}$  w wymaganym czasie (patrz Tablica 1).*

I jeszcze jedna moja wątpliwość odnośnie do Metody 1 z załącznika B. Czy wartość prądu odczytana z amperomierza będzie wartością prądu wyzwalającego wyłącznik? Czy wartość prądu wyzwalającego nie będzie sumą (wypadkową?) prądu odczytanego z amperomierza i prądu upływu urządzenia M?

## Pytanie 2

Co Pan sądzi o często spotykanych w literaturze fachowej zaleceniach pomiaru rzeczywistego prądu zadziałania wyłącznika różnicowoprądowego przy zastosowaniu metody płynnego zwiększania prądu różnicowego?

Przecież takie pomiary są beżużyteczne dla oceny warunku szybkiego wyłączenia, bo i tak przyjmuje się wartości znormalizowane, maksymalny prąd zadziałania z pasmowej charakterystyki czasowo-prądowej dla wymaganego w normie PN-IEC 60364-4-41 czasu wyłączenia. Pomiarów takich nie wymaga nawet norma PN-EN 61008-1/A11 w badaniu wyrobu.

Jaki sens ma badanie rzeczywistego prądu wyłączenia metodą płynnego zwiększania prądu różnicowego, jeżeli nie normuje się czasu tej próby? To oznacza, że teoretycznie można by uznać za sprawny wyłącznik, który zadziała przy prądzie  $I_{\Delta n}$  np. po minucie od rozpoczęcia próby.

Norma PN-EN 61008-1/A11 wprawdzie przewiduje sprawdzenie działania w przypadku płynnie zwiększanego prądu różnicowego (oczywiście normując czas próby!), ale tylko jako jedno z wielu badań typu, a nie badań wyrobu.

Ja rozumiem, że można metodami laboratoryjnymi wykonać wszystkie badania typu wyłącznika różnicowoprądowego, tylko po co? Dlaczego takich badań nie robimy dla bezpieczników i wyłączników nadprądowych?

Odnosnie do metod badań podanych w normie PN-IEC-60364-6-61, to czy właściwą interpretacją sformułowania „wartość prądu zwiększa się” musi być metoda płynnego zwiększania, czy przyjmując logikę badań wyrobu z normy PN-EN 61008-1/A11, bardziej sensowną interpretacją nie jest zwiększanie wartości prądu metodą skokową, np. nastawy  $0,5I_{\Delta n}$ ,  $I_{\Delta n}$ ,  $2I_{\Delta n}$ ?

## Pytanie 3

Bardzo często spotyka się w komentarzach do norm i w literaturze fachowej stwierdzenie, że jeżeli w układzie TN urządzeniem ochronnym jest urządzenie różnicowoprądowe, to prąd wyłączający  $I_a$  jest równy wartości prądu znamionowego różnicowego  $I_{\Delta n}$ , a dla innych urządzeń ochronnych jest prądem powodującym wyłączenie w określonym czasie. Skąd takie stwierdzenia?

Przecież norma PN-IEC 60364-4-41 w punkcie 413.1.3 „Układy TN” takiego wyjątku nie przewiduje. Odnosnie do wyłączników RCCB wystarczy zajrzeć do normy PN-EN 61008-1/A11, aby stwierdzić, że wcale dla prądu  $I_{\Delta n}$  dla poszczególnych typów wyłączników różnicowoprądowych warunki maksymalnych czasów wyłączenia z normy PN-IEC 60364-4-41, tabeli 41A, nie muszą być spełnione.

Warunek wyłączenia w czasie 0,4 s będzie spełniony przy  $I_{\Delta n}$  tylko dla wyłączników bezzwłocznych typu AC (wg normy PN-EN 61008-1/A11 maksymalny czas wyłączenia: 0,3 s), ale już nie będzie spełniony dla wyłączników bezzwłocznych typu A (wg PN-EN 61008-1/A11 maksymalny czas wyłączenia: 0,42 s). Natomiast warunku szybkiego wyłączenia w czasie 0,2 s dla prądu  $I_{\Delta n}$  nie spełnia nawet najbardziej popularny wyłącznik bezzwłoczny typu AC.

Ja rozumiem, że dla wyłączników RCCB (b. krótkie czasy wyłączenia i b. mała wartość impedancji pętli zwarciowej), sprawa nie ma praktycznego znaczenia i może być traktowana jako „dzielenie włosa na czworo”, ale chodzi o zasadę.

Ale co się stanie, jeżeli jako zabezpieczenie odbiornika przemysłowego o dużym prądzie upływowym jest zastosowane inne urządzenie różnicowoprądowe RCD („*device*”) niż RCCB („*breaker*”) – do użytku domowego i podobnego)?

Jeżeli będzie zastosowany przekaźnik różnicowoprądowy lub wyzwalacz różnicowoprądowy przy wyłączniku kompaktowym o nastawianych wyzwalaczach, to mogą być nastawy  $I_{\Delta n}$  do 10A, a czasu wyłączenia do 5 s. I co będzie ze skutecznością ochrony, jeżeli ktoś do obliczeń (czy pomiarów) jako  $I_a$  przyjmie prąd  $I_{\Delta n}$ , nie sprawdzając warunku czasu wyłączenia z nastaw i charakterystyki? Przecież może się okazać, że w wymaganym w danej sytuacji czasie wyłączenia np. 0,4 s urządzenie w ogóle nie wyłączy, albo wyłączy dopiero przy prądzie np.  $3I_{\Delta n}$ .

### Pytanie 4

Jak przenieść na praktykę pomiarową wymagania i zalecenia normy PN-HD 60364-6:2007 dotyczące badań urządzeń różnicowoprądowych?

Czym różni się wymaganie z punktu 61.3.6.1 a) 2) „*Skuteczność samoczynnego wyłączenia zasilania poprzez urządzenie RCD powinna być zweryfikowana przy użyciu odpowiedniego urządzenia pomiarowego (testującego) .... potwierdzając że odpowiednie wymagania z Części 4-41 są spełnione*” –

od zalecenia (w tym samym punkcie normy)

„*Zaleca się, aby czasy wyłączenia wymagane przez Część 4-41 były zweryfikowane ...w przypadku:..... – używanych RCD;.....*).

To zalecenie „*.... sprawdzenie, że wymagania dla czasów wyłączenia z Części 4-41 dla RCD są spełnione...*”, ale już jako wymaganie, pojawia się w punkcie 62.1.2. dotyczącym sprawdzeń okresowych.

Jakie badanie należałoby wykonać w pierwszym, a jakie w drugim przypadku? Czy pierwszy przypadek to np. sprawdzenie charakterystyk (znormalizowane graniczne czasy wyłączenia wg PN-EN 61008-1/A11 dla prądów  $I_{\Delta n}$ ,  $2I_{\Delta n}$  i  $5I_{\Delta n}$ ), a drugi przypadek to sprawdzenie prądów wyłączenia dla czasów wymaganych w Części 4.41 (czyli 0,2 s, 0,4 s i 5 s)? Czy może oznacza to całkiem inne badania?

I dlaczego w aneksie ZA do normy PN-HD 60364-6, w punkcie dotyczącym Polski jest umieszczona informacja, że „*wyrażenie „włączając sprawdzenie, że wymagania dla czasów wyłączenia z Części 4-41 dla RCD są spełnione” jest usunięte*” (dot. pkt. 62.1.2 Normy – sprawdzanie okresowe)?

### Pytanie 5

Czy zna Pan może przyczyny, dlaczego aktualna norma PN-HD 60364-6 zupełnie inaczej formułuje zasady badań urządzeń różnicowoprądowych niż dotychczasowa PN-IEC-60364-6-61? I którą normę radzi Pan obecnie stosować – powołaną, ale nieaktualną czy aktualną, ale nie przetłumaczoną?

## ODPOWIEDZI

Czytelnik numeruje pięć pytań, ale znaków zapytania stawia dwadzieścia jeden. Ilu odpowiedzi oczekuje? Czytelnik zapewne chciałby odpowiedzi precyzyjnych, ale tak odpowiadać można tylko na pytania sformułowane precyzyjnie, przy użyciu poprawnej terminologii, jednakowo rozumianej przez obie strony. Ponadto Czytelnik powołuje postanowienia arkuszy 41 oraz arkuszy 61 lub 6 normy 60364, ale tych powołań nie datuje, a przecież arkusz 41 miał już trzy różniące się wydania [1, 2, 3], a arkusz 6-61 bądź 6 miał ich pięć [4, 5, 6, 7, 8]. Mamy w Polsce skłonność do robienia wielu rzeczy na odwrót. Powołania niedatowane norm są na

miejsu w rozporządzeniach ministrów, aby akt prawny odsyłał do najnowszej edycji normy, czyli do najbardziej aktualnych zasad wiedzy technicznej. Natomiast kiedy dyskutujemy ewolucję postanowień norm, powinniśmy dokładnie wskazywać, które wydanie normy mamy na myśli.

Powołując postanowienia, najlepiej *in extenso*, należy wskazywać punkt normy, z którego one pochodzą. Tych postanowień nie wolno modyfikować, przeinaczać, nie należy sugerować, iż w normie są sformułowania i postanowienia, których tam nie ma. Wystarczy błędów tłumaczenia wynikłych z nieuctwa, partactwa i złej woli licznych polskich uczestników prac normalizacyjnych. W treści pytań Czytelnika widzę następujące fałszywe wątki:

- Żadna norma nie wymaga **szybkiego** wyłączenia zasilania. Normy wymagają **samo-czynnego** wyłączenia zasilania, w obrębie sieci rozdzielczych nawet w czasie nie przekraczającym 1÷4 h. Czy to takie szybkie?
- W powołanej normie PN-EN 61008-1:2007/A11:2007 nie znajduję czasu wyłączenia 0,42 s dla wyłączników o wyzwalaniu typu A. Jeżeli ta wartość została wydedukowana jako  $1,4 \cdot 0,3 \text{ s} = 0,42 \text{ s}$  na podstawie zapisu pod Tablicą 1 w Rozdziale 5.3.12, to należało o tym wyraźnie napisać. Jeśli tak było, to wnioskowanie jest fałszywe i może być przykładem, na jakie manowce prowadzi nieuważne czytanie tekstu normy. Otóż, po pierwsze, ze wspomnianych postanowień normy wynika na przykład, że o ile od RCCB typu AC,  $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$ , wymaga się czasu wyłączenia 0,3 s przy prądzie  $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$ , o tyle od RCCB typu A,  $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$ , wymaga się takiego samego czasu wyłączenia 0,3 s przy prądzie  $1,4 \cdot I_{\Delta n} = 42 \text{ mA}$ ; to prąd zadziałania zwiększa się w stosunku 1,4, a nie czas wyłączenia. A po drugie, odnosi się to tylko do oceny wyników badania klimatycznego według Rozdziału 9.21.1 normy i jest to czarno na białym napisane.
- W powołanej normie PN-EN 61008-1:2007/A11:2007 nie widzę w próbie zadziałania zasady narastania prądu stopniami  $0,5I_{\Delta n} - I_{\Delta n} - 2I_{\Delta n}$ , którą znalazł tam Czytelnik.

Kończąc te uwagi do treści listu chciałbym podkreślić, że pytania w większości są rzeczowe, ważne i dotyczą spraw będących zakresem właściwości wielu norm. Poza dwoma wyżej wspomnianymi arkuszami normy 60364-4-41 [1, 2, 3] oraz 60364-6 [4, 5, 6, 7, 8], chodzi o liczne normy przedmiotowe na urządzenia różnicowoprądowe oraz o normę PN-EN 61557-6 [9, 10, 11] określającą wymagania dla próbników i mierników do sprawdzania odbiorczego i okresowego stanu urządzeń różnicowoprądowych.

## Odpowiedź na pytanie 1

Pytanie dotyczy postanowień normy PN-IEC-60364-6-61:2000 [5]. Tekst cytowany przez Czytelnika brzmi w oryginale (IEC 364-6-61:1986/A1:1993): *Compliance with the rules of 413.1.4.2 shall be verified by: ...*

2) *verification of the characteristics of the associated protective device. This verification shall be made:*

*-for residual current devices by visual inspection and by test;*

Wystarczy porównać tytuł z zawartością rozdziału 5 dowolnej normy przedmiotowej dotyczącej urządzeń różnicowoprądowych, aby się przekonać, co należy rozumieć przez tytułowe *Characteristics*.... W polskich tekstach tychże norm tytuł rozdziału 5 o brzmieniu na przykład *Characteristics of RCCBs* tłumaczy się poprawnie jako *Parametry i cechy wyłączników RCCB* (por. PN-IEC 1008-1+A#:1997), do których zalicza się: liczbę biegunów, prąd znamionowy ciągły, znamionowy prąd różnicowy zadziałania, znamionowy prąd różnicowy niezadziałania, napięcie znamionowe, częstotliwość znamionową, typ wyzwalania, ew. zwłokę, różne zdolności łączenia i różne obciążalności zwarciove. W żadnej normie dotyczącej urządzeń różnicowoprądowych nie są w tym miejscu wymienione *time-current characteristics* czyli *charakterystyki czasowo-prądowe* przedstawiające zależność czasu wyłączenia (i ew. czasu przetrzymywania) od prądu różnicowego. Tekst polski PN-IEC-60364-6-61:2000 [5] jest błędny, powinien mieć brzmienie:

2) sprawdzając parametry współdziałającego urządzenia zabezpieczającego, które należy wykonać:

Określenie współdziałającego (skojarzonego) oznacza urządzenie zabezpieczające (bezpiecznik, wyłącznik nadprądowy lub wyłącznik różnicowoprądowy) dokonujące samoczynnego wyłączenia zasilania, którego parametry (współ z niezawodną ciągłością oraz wartością impedancji pętli) decydują o skuteczności ochrony.

Pośród trzech metod przedstawionych w załączniku B normy [5] do sprawdzania wartości rzeczywistego prądu różnicowego zadziałania wyłącznika służy tylko metoda 2 (Rysunek B.2) z jednym miernikiem – amperomierzem wskazującym poprawnie prąd zadziałania. Po wykonaniu tego sprawdzenia można przystąpić do sprawdzania skuteczności układu ochrony, wybierając – stosownie do okoliczności – jedną z pozostałych dwóch metod (1 lub 3). Ze wskazania amperomierza nie można wtedy wnioskować o wartości rzeczywistego prądu zadziałania wyłącznika z powodu, o którym Czytelnik pisze. Nie jest to w normie napisane, ale powinno to być oczywiste dla każdego inżyniera elektryka.

### Odpowiedź na pytanie 2

W pytaniu 1 Czytelnik wrzuca do jednego worka sprawdzanie wartości rzeczywistego prądu różnicowego zadziałania wyłącznika oraz sprawdzanie skuteczności układu ochrony. W pytaniu 2 dorzuca do tego worka badania typu i badania wyrobu z norm przedmiotowych, wszystko miesza, po czym na chybił trafił z worka coś wyjmuje i dziwi się, że mu to nie pasuje do oczekiwań.

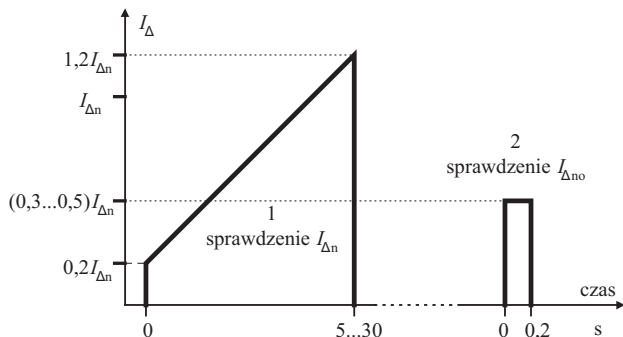
Proces technologiczny montażu samych wyzwalaczy różnicowych, a następnie wyłączników różnicowoprądowych, obejmuje precyzyjne justowanie ich progu zadziałania (metodą stanowiącą ścisłą tajemnicę produkcyjną). To dlatego rezygnuje się ze sprawdzania prądu różnicowego zadziałania w programie prób wyrobu wyłączników schodzących z taśmy produkcyjnej, co zresztą niekiedy kończy się sporymi kłopotami dla wytwórcy [13], choćby przecroczenia były nieduże.

W trakcie użytkowania z różnych powodów może się zdarzyć, że ulega zmianie rzeczywisty prąd różnicowy zadziałania wyłącznika i/lub rzeczywisty prąd niezadziałania. Jeżeli z jakichkolwiek powodów, choćby dla celów poznawczych, te parametry mają być rzetelnie zweryfikowane, to najlepiej postąpić zgodnie z zasadami wiedzy technicznej – w sposób przedstawiony na rys. 1 i w kolejności podanej na rysunku. Najpierw prądem o narastającej wartości sprawdza się, czy prąd różnicowy zadziałania nie jest większy niż wartość gwarantowana, a następnie prądem nagle pojawiającym się należy sprawdzić, czy prąd niezadziałania nie jest mniejszy niż wartość gwarantowana przez wytwórcę kierującego się wymaganiami norm.

Narastanie prądu jest umownie płynne, może odbywać się drobnymi stopniami, ale w żadnym razie nie skokami  $0,5I_{\Delta n} - I_{\Delta n} - 2I_{\Delta n}$ , jak chciałby Czytelnik. Wyłącznik wyzwalający przy prądzie  $I_{\Delta n}$  pojawiającym się nagle, może nie wyzwalac przy płynnym narastaniu prądu różnicowego do tej wartości, a tak przecież prąd może narastać w warunkach rzeczywistego, rozwijającego się uszkodzenia. Dla wyniku sprawdzania skuteczności ochrony nie jest to chyba obojętne? Świadczy to o wyższości metody prądu narastającego. Więcej szczegółów o tej metodzie i jej zaletach można znaleźć w obszernym artykule Bödekera [12].

Na rynku są różnorodne przyrządy, próbniki (w żargonie *testery*) i mierniki, do sprawdzania stanu wyłączników w eksploatacji. Jedne operują prądem narastającym, a inne – prądem pojawiającym się nagle, na przeciąg 0,2 s. Żadna norma nie preferowała i nie preferuje tych pierwszych, żadna nie zabraniała i nie zabrania używania tych drugich. A zatem w czym problem? Komu i z jakiego powodu przeszkadza, że jest metoda lepsza, dająca bardziej miarodajny wynik, skoro nie jest obowiązkowa?

Przyjęty czas narastania probierczego prądu różnicowego, z zakresu 5÷30 s (15 s w niektórych miernikach, max. 30 s w Rozdziale 9.9.2.1 normy PN-EN 61008-1:2007/A11:2007), nie ma nic wspólnego z czasem wyłączenia wyłącznika. Czas wyłączenia jest czasem od chwili pobudzenia układu wyzwalającego do chwili ostatecznego zgaszenia łuku wyłączeniowego we wszystkich biegunach wyłącznika. Wielu wrywa się do mierzenia czasu wyłączenia nie wiedząc, co on naprawdę oznacza i jak go zmierzyć. Nie budzą zaufania mierniki, które ponoć mierzą jakiś *czas wyzwalania* albo *czas zadziałania*, skoro te pojęcia nie są zdefiniowane i nie wiadomo, co znaczą.



Rys. 1. Sposób sprawdzania wartości prądu zadziałania  $I_{\Delta n}$  oraz prądu niezadziałania  $I_{\Delta no}$  wyłącznika różnicowoprądowego o wyzwalaniu typu AC

Dowolny przełącznik przeciążeniowy działa na zasadzie kumulowania skutków przedłużającego się przepływu prądu. Jeżeli przy określonym prądzie przekraczającym wartość nastawczą przełącznik nie zadziałał w przeciągu kilku sekund, to może zadziałać po upływie wielu minut, a nawet po upływie godziny. Nie ma podobnego efektu kumulacji w układzie detekcji prądu różnicowego współczesnych wyłączników różnicowoprądowych, choć był dawniej w wyłącznikach o wyzwalaniu impulsowym (niem. *Energiespeicherschaltung*), konstrukcji obecnie niemal zupełnie zarzuconej. Jeżeli współczesny wyłącznik bezzwłoczny nie otwiera się pod działaniem impulsu trwającego 0,2 s, to nie otworzy się, mimo że przepływ prądu będzie trwał minutę, kwadrans, godzinę czy dłużej. Między bajki można włożyć imaginacje na ten temat.

Czytelnik ma rację, że wartość rzeczywistego prądu różnicowego zadziałania wyłącznika nie jest miarodajna dla sprawdzenia warunku samoczynnego wyłączenia zasilania. Wystarczy sprawdzić, że nie przekracza ona wartości gwarantowanej przez normę ( $I_{\Delta n}$  w przypadku wyłączników o wyzwalaniu AC). Tym bardziej nie jest ona miarodajna w świetle wymagań najnowszych norm [3, 7, 8], które wymagają określenia prądu wyłączonego w sposób gwarantujący dotrzymanie wymaganego czasu wyłączenia, a w braku danych zalecają przyjmować  $I_a = 5I_{\Delta n}$ .

Próby zadziałania wymaga się w przypadku urządzeń wyłączających różnicowoprądowych, a nie wymaga się jej dla zabezpieczeń nadprądowych (wyłączników nadprądowych i bezpieczników). Powód jest prosty: wskaźnik zawadności oraz intensywność uszkodzeń tych pierwszych jest dziesiątki razy większa niż tych drugich, a poza tym w przypadku bezpieczników byłaby to próba niszcząca, a więc bezużyteczna.

### Odpowiedź na pytanie 3

Nie ma nic dziwnego w zaleceniu z lat 1992÷2007, aby jako prąd wyłączający  $I_a$  urządzenia różnicowoprądowego bezzwłocznego lub krótkozwłocznego typu AC przyjmować jego znamionowy prąd różnicowy zadziałania  $I_{\Delta n}$  ( $I_a = I_{\Delta n}$ ), przy którym norma gwarantuje czas wyłączenia nie większy niż 0,3 s skoro:

- w dominującym w Polsce układzie TN o napięciu fazowym  $U_o = 230$  V największy dopuszczalny czas wyłączenia zasilania wynosił i wynosi 0,4 s,
- dla układu TT norma do niedawna nie określała wartości największego dopuszczalnego czasu wyłączenia zasilania.

Wcześniej nieco ostrzejszą zasadę, a mianowicie  $I_a = 1,2I_{\Delta n}$ , formułowała norma PN-66/E-05009, unieważniona w chwili upływu *vacatio legis*, i będący jej nieudolnym plagiatem zeszyt 6 Przepisów Budowy Urządzeń Elektroenergetycznych z roku 1968. Jeszcze wcześniej nieco surowsze niż obecnie wymagania odnośnie do największego dopuszczalnego czasu wyłączenia wyłączników różnicowoprądowych stawał dokument CEE Publication 27:1974, pierwsza norma międzynarodowa dot. wyłączników różnicowoprądowych: 0,2 s przy  $I_{\Delta n}$ , 0,1 s przy  $2I_{\Delta n}$ .

Wspomniane uproszczone zalecenie ( $I_a = I_{\Delta n}$ ) w ostatnich latach zdezaktualizowało się z dwóch powodów. Po pierwsze, najnowsza edycja arkusza 60364-4-41 [3] stawia surowe, ale uzasadnione wymagania odnośnie do największego czasu wyłączenia zasilania w układzie TT, chociaż łagodzi je różnymi odstępstwami. Po drugie, szerzej niż dawniej są stosowane wykonania specjalne urządzeń różnicowoprądowych, wymagające indywidualnej oceny wartości prądu wyłączającego  $I_a$ . W nowej sytuacji prąd wyłączający urządzeń różnicowoprądowych trzeba ustalać w oparciu o wymagania norm przedmiotowych odnośnie do czasu wyłączenia. W braku danych normy [3, 7, 8] zalecają przyjmować  $I_a = 5I_{\Delta n}$ . Jeżeli w szczególnej sytuacji i to nie wystarcza, to w tym celu inżynier ma szare komórki, aby to zauważyć i stosownie do okoliczności postąpić, nawet jeżeli normy czy przepisy takiej sytuacji nie ujmują.

### Odpowiedź na pytanie 4

Gdyby normę tłumaczyły i tłumaczenie sprawdzały osoby kompetentne, to polska wersja tekstu, o który chodzi, byłaby następująca:

2) *sprawdzenie danych znamionowych i/lub sprawności urządzenia zabezpieczającego, które dokonuje samoczynnego wyłączenia zasilania. To sprawdzenie należy przeprowadzić: ...*

– *w przypadku urządzeń różnicowoprądowych (RCD) wykonując oględziny i próbę.*

*Skuteczność samoczynnego wyłączenia zasilania za pomocą urządzeń różnicowoprądowych (RCD) należy sprawdzić przy użyciu urządzenia probierczego zgodnego z EN 61557-6 (patrz 61.3.1) potwierdzając spełnienie wymagań Części 4-41.*

*Zaleca się sprawdzenie wymaganych w Części 4-41 czasów wyłączenia. Jednak wymagania odnośnie do czasów wyłączenia należy sprawdzić w przypadku:*

– *urządzeń RCD z odzysku;*

– *rozbudowy lub przebudowy instalacji, jeżeli istniejące urządzenia RCD mają służyć również do wyłączenia obwodów, których dotyczy rozbudowa lub przebudowa.*

Norma wymaga *sprawdzenia danych znamionowych* urządzenia zabezpieczającego, co w przypadku RCD oznacza sprawdzenie poprawności doboru cech i parametrów wymienionych w odpowiedzi na pytanie 1. Na tej podstawie można m.in. określić prąd wyłączający  $I_a$  urządzenia różnicowoprądowego oraz gwarantowany przez normę przedmiotową czas wyłączenia i sprawdzić, czy nie przekracza on największej dopuszczalnej wartości czasu samoczynnego wyłączenia zasilania przepisanej w normie 60364-4-41.

Następnie należy sprawdzić sprawność (zdatność techniczną) wyłącznika różnicowoprądowego. W tym celu najpierw wyłącznik należy ręcznie otworzyć i zamknąć, kontrolując poprawność działania mechanizmu napędowego. W przypadku wyłączników, które od dawna nie były przestawiane, najlepiej powtórzyć to dwukrotnie, aby zlikwidować skutki ewentualnego adhezyjnego przywarcia zworu wyzwalacza różnicowego. W następnej kolejności należy sprawdzić, czy wyłącznik otwiera się po naciśnięciu przycisku kontrolnego T. Człon kontrolny wymusza prąd różnicowy większy niż  $I_{\Delta n}$  wyłącznika, ale nie większy niż  $2,5I_{\Delta n}$  (przy napięciu znamionowym na zaciskach zasilających członu kontrolnego), a zatem to sprawdzenie nie potwierdza poprawnej wartości rzeczywistego prądu różnicowego zadziałania; weryfikuje tylko, czy człon kontrolny jest sprawny.

Dopiero po wykonaniu wymienionych wyżej ważnych czynności, zaliczanych do oględzin, można przystąpić do sprawdzeń wyłącznika różnicowoprądowego wymagających użycia aparatury. Pamiętając, że sprawdzenie przyciskiem kontrolnym nie jest w pełni miarodajne należy:

- albo miernikiem zgodnym z PN-EN 61557-6 zmierzyć rzeczywisty prąd różnicowy zadziałania wyłącznika, aby upewnić się, że nie jest on większy niż wartość przewidziana w normie,
- albo próbnikiem (testerem) zgodnym z PN-EN 61557-6 sprawdzić, że wyłącznik otwiera się przy wymuszeniu impulsu prądu różnicowego, przy którym zgodnie z normą powinien zadziałać.

Norma zaleca sprawdzenie czasu wyłączenia wyłączników różnicowoprądowych (RCD) przy sprawdzaniach odbiorczych, w domyśle – poprzez pomiar. Wymaga tego tylko we wspomnianych wyżej dwóch przypadkach: zainstalowania RCD z odzysku oraz wykorzystania wcześniej zainstalowanych RCD do zapewnienia ochrony w obwodach instalacji elektrycznej dodanych w wyniku przebudowy (rozbudowy albo modernizacji).

W Załączniku ZA (normatywnym) jest informacja, że Polska zrezygnowała z wymagania sprawdzania czasu wyłączenia RCD przy sprawdzaniach okresowych. Podobnie postąpiły niektóre inne kraje. Od wielu lat wielokrotnie wyjaśniałem ([www.edwardmusial.info/pliki/bad\\_rcd.pdf](http://www.edwardmusial.info/pliki/bad_rcd.pdf)), dlaczego pomiar czasu wyłączenia jest obciążony dużym błędem systematycznym i dlatego nie jest niezbędny.

### Odpowiedź na pytanie 5

Sprawdzanie samych urządzeń różnicowoprądowych oraz sprawdzanie stanu ochrony w obwodach z takimi urządzeniami wykonuje się podobnie według poprzedniej [5] i według nowej [7, 8] normy. Takimi samymi próbnikami i miernikami sprawdza się te same parametry, co poprzednio. Nie należy ulegać pozorom ani złudzeniom. Na przykład zniknięcie Załącznika B z poprzedniej normy [5] nic nie oznacza. Były w nim objaśnione trzy metody pomiarowe, były zamieszczone jako przykłady, były podane tytułem informacji. W nowej normie [7, 8] ich nie ma, ale nadal można je stosować, nie są ani zakazane, ani niezalecane.

Jakie istotne zmiany nastąpiły? Są zmiany wynikłe z ewolucji postanowień normy podstawowej 60364-4-41 [3], zwłaszcza uzupełnienie wymagań odnośnie do czasu samoczynnego wyłączenia zasilania dla układów TT oraz dla wszelkich układów prądu stałego i są zmiany wymagań dla niektórych środków ochrony dodatkowej (ochrony przy uszkodzeniu). Nowa norma [7, 8] nareszcie przydaje należnej wagi oględzinom. Zawsze podkreślałem, że prawdziwy ekspert więcej wykryje gołym okiem niż niedouczony kontroler za pomocą wymyślnych mierników. W tym kierunku ewoluują postanowienia normy, która upraszcza jedne pomiary (np. rezystancji izolacji) i pozwala zrezygnować z innych (np. impedancji pętli zwarciowej) na rzecz weryfikacji równoważnej (obliczenia i/lub sprawdzenie ciągłości przewodów ochronnych).

Proces nowelizacji każdej normy można odtworzyć studiując kolejne projekty komitetu (CD), projekty komitetu do głosowania (CDV), zestawienia uwag komitetów narodowych (CC) oraz wyniki głosowania z uwagami (RVC). Te dokumenty robocze, dostępne tylko dla uczestników prac normalizacyjnych, obrazują kręte ścieżki normalizacji, ścieranie się interesów oraz rozbieżność poglądów wynikającą z innych doświadczeń i odmiennej tradycji technicznej. Czasem są świadectwem zbiorowego błędzenia albo zauroczenia.

Którą normę stosować? Trzeba odróżniać dwie sprawy: kryteria oceny stanu technicznego instalacji oraz metodykę sprawdzania. Kto kontroluje instalacje sprzed lat, ten – stosownie do okoliczności – może bądź powinien oceniać ich stan techniczny według kryteriów wynikających z wymagań norm i przepisów z okresu ich projektowania i budowy (zasada ochrony zastanej). Natomiast samo sprawdzanie, docieklivość oględzin i stosowane metody pomiarowe powinny odpowiadać aktualnemu stanowi wiedzy technicznej, czyli sprawdzanie powinno odbywać się

według zasad sformułowanych w najnowszej edycji normy. A kto ma wątpliwości w tej sprawie, ten niech odpowie na zbliżone pytanie: czy w razie poważnych dolegliwości zadowoliliby się obmacywaniem, zwanym uczeniem badaniem palpacyjnym, czy jednak wolałby USG i tomografię komputerową – metody diagnostyczne nieznanne, kiedy się rozdził?

### Literatura

1. PN-E-05009-41:1992 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych – Ochrona zapewniająca bezpieczeństwo – Ochrona przeciwporażeniowa. Wprowadza: IEC 364-4-41:1982.
2. PN-IEC 60364-4-41:2000 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przeciwporażeniowa. Wprowadza: IEC 364-4-41:1992+A1:1996+A2:1999.
3. PN-HD 60364-4-41:2007 (U) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa – Ochrona przeciwporażeniowa. Wprowadza: HD 60364-4-41:2007, IEC 60364-4-41:2005.
4. PN-93/E-05009/61 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Sprawdzenie. Sprawdzenie odbiorcze. Wprowadza: IEC 364-6-61:1986.
5. PN-IEC 60364-6-61:2000 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Sprawdzenie. Sprawdzenie odbiorcze. Wprowadza: IEC 364-6-61:1986, IEC 364-6-61:1986/A1:1993, IEC 364-6-61:1986/A2:1997.
6. PN-HD 384.6.61 S2:2006 (U) Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Część 6-61: Sprawdzenie – Sprawdzenie odbiorcze. Wprowadza: HD 384.6.61 S2:2003.
7. PN-HD 60364-6:2007 (U) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 6: Sprawdzenie. Wprowadza: HD 60364-6:2007.
8. PN-HD 60364-6:2008 Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 6: Sprawdzenie. Wprowadza: HD 60364-6:2007.
9. PN-EN 61557-6:2002 (U) 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. Część 6: Urządzenia różnicowoprądowe (RCD) w sieciach TT, TN i IT. Wprowadza: EN 61557-6:1998.
10. PN-EN 61557-6:2004 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. Część 6: Urządzenia różnicowoprądowe (RCD) stosowane w sieciach TT, TN i IT. Wprowadza: EN 61557-6:1998.
11. PN-EN 61557-6:2008 (U) 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. Wprowadza: EN 61557-6:2007.
12. Bödeker K.: Prüfmethode „Ansteigender Prüfstrom“ bei FI-Schutzeinrichtungen. Elektropraktiker, 1994, nr 4, s. 314-322.
13. Musiał E.: Lodowaty prysznic. Miesięcznik SEP *INPE* „Informacje o normach i przepisach elektrycznych”, 2007, nr 93-94, s. 115-118.

*Edward Musiał  
Politechnika Gdańska*



Pytania dodatkowe dotyczące sprawdzania stanu ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach z wyłącznikami różnicowoprądowymi

**Szanowny Panie Doktorze,**

Dziękuję Panu za rzeczowe wyjaśnienia dotyczące mojego listu, opublikowane w INPE nr 116, z maja 2009 r., jednakże pozostał jeden istotny problem do wyjaśnienia – sposób określania prądu wyłączającego  $I_a$ . Mam wrażenie, że w Pana uwagach do treści mojego listu wystąpiła nieścisłość.

Odnosząc się do prądów i czasów zadziałania RCCB typu A w powołanej normie PN-EN 61008-1:2007/A11:2007 pisze Pan że „...prąd zadziałania zwiększa się w stosunku 1,4, a nie czas wyłączenia. A po drugie, odnosi się to tylko do oceny wyników badania klimatycznego według Rozdziału 9.21.1 normy i jest to czarno na białym napisane”. Otóż badaniami klimatycznymi zajmuje się Rozdział 9.22.1 w/w normy, natomiast interesujący nas Rozdział 9.21.1 nosi tytuł „Wyłączniki różnicowe typu A” i jest częścią większego Rozdziału 9.21 „Sprawdzenie poprawności działania wyłącznika przy próbach różnicowych zawierających składową stałą”.

A rozstrzygnięcie, dla jakiego prądu różnicowego (z mnożnikiem czy bez mnożnika 1,4 do  $I_{\Delta n}$ ) wyłącznika typu A norma przedmiotowa gwarantuje maksymalny czas wyłączenia, jest niezbędne m.in. do określenia prądu wyłączającego  $I_a$ .

Mam też nadal wątpliwości, czy zastosowanie uproszczonego zalecenia  $I_a = I_{\Delta n}$  dla układu TN było uzasadnione. Przecież oprócz największego dopuszczalnego czasu wyłączenia zasilania 0,4 s w układzie TN istniał i istnieje największy dopuszczalny czas wyłączenia 0,2 s w warunkach szczególnego zagrożenia (arkusze 700). Przy założeniu  $I_a = I_{\Delta n}$ , warunek wyłączenia zasilania w czasie do 0,2 s nie jest spełniony nawet przez najbardziej popularne bezzwłoczne wyłączniki RCCB typu AC.

Nie jest moim celem ani polemika, ani udowodnianie wyższości moich racji, ale ostateczne rozstrzygnięcie kwestii jak określać prąd wyłączający  $I_a$ . Problem dotyczy nie jakiegoś rzadko wykonywanego badania laboratoryjnego, ale podstawowego badania odbiorczego lub okresowego, w prawie każdej instalacji elektrycznej, a zalecenia w literaturze fachowej, instrukcjach do mierników i materiałach z kursów szkoleniowych są mało precyzyjne, różnią się między sobą, często są sprzeczne.

Stąd prośba o Pana opinię, jaką metodą i na bazie jakich przepisów czy norm należałoby określać prąd wyłączający  $I_a$  najbardziej popularnych wyłączników bezzwłocznych RCCB typu A i AC? Jaka byłaby według Pana wartość prądu wyłączającego  $I_a$ :

1. Wyłącznika RCCB typu AC o znamionowym prądzie różnicowym zadziałania  $I_{\Delta n} = 30$  mA, dla maksymalnego dopuszczalnego czasu wyłączenia zasilania 0,2 s (warunki szczególnego zagrożenia – arkusze 700)?

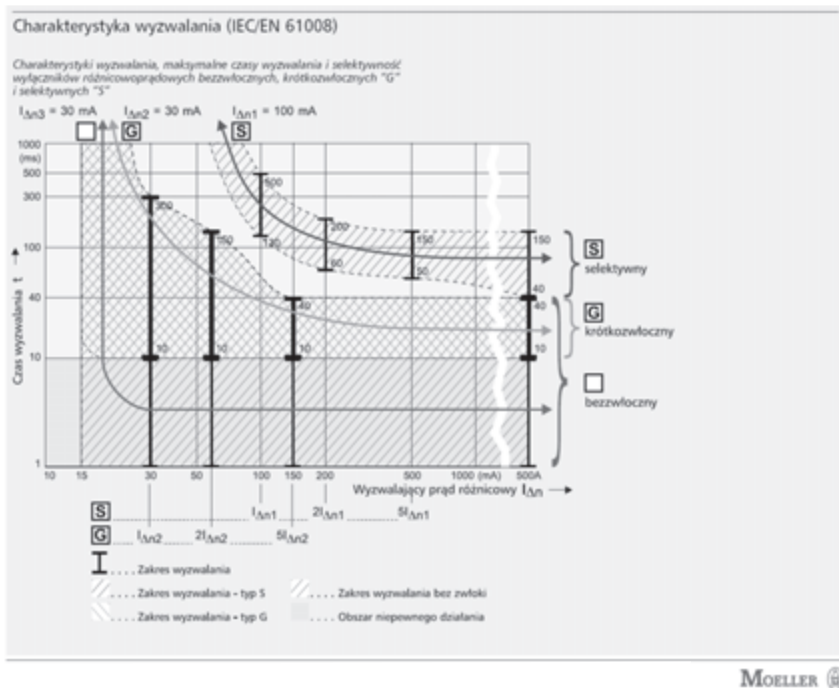
Czy właściwym sposobem myślenia jest przyjęcie prądu  $I_a = 2I_{\Delta n}$ , gwarantującego wyłączenie w czasie  $t = 0,15$  s, jak podaje norma PN-EN 61008-1:2007 i stworzona na jej podstawie charakterystyka czasowo-prądowa przywołana w katalogu Moellera (rysunek w załączeniu)?

2. Wyłącznika RCCB typu A o prądzie  $I_{\Delta n} = 30$  mA

– dla największego dopuszczalnego czasu wyłączenia zasilania 0,4 s?

– dla największego dopuszczalnego czasu wyłączenia zasilania 0,2 s (warunki szczególnego zagrożenia – arkusze 700)?

Z poważaniem  
Andrzej Siedlecki  
Zakład Usług Elektrycznych „AS II” s.c.



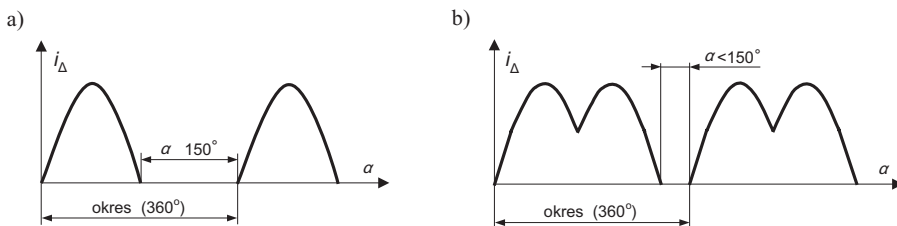
## Odpowiedź

Zamieszczone pod Tablicą 1 (Znormalizowane wartości czasu wyłączenia i czasu niezadziałania) kolejnych wersji normy 61008-1 wyjaśnienie dotyczące probierczego prądu różnicowego  $1,4I_{\Delta n}$  (jeśli  $I_{\Delta n} > 0,01 \text{ A}$ ) bądź  $2I_{\Delta n}$  (jeśli  $I_{\Delta n} \leq 0,01 \text{ A}$ ) dla wyłączników różnicowoprądowych typu A jest pechowym fragmentem normy, ulubionym przez chochlika drukarskiego. W tym miejscu w normie PN-IEC 1008-1+A#:1996 jest przywołana próba 9.2.1.1, której zresztą w normie nie ma. W normie PN-EN 61008:2005, dostępnej tylko w wersji oryginalnej, w obu wersjach językowych, angielskiej i francuskiej, w tym miejscu jest przywołana próba 9.22.1.1, czyli badanie klimatyczne i to mnie wprowadziło w błąd.

Sprawdziłem te powołania w dokumentach źródłowych. We wszystkich edycjach normy powołanie powinno dotyczyć próby 9.21.1, jak poprawnie wydrukowano w najnowszym wydaniu PN-EN 61008-1:2007. Ta próba dotyczy metodyki sprawdzania poprawnego działania wyłączników różnicowoprądowych typu A przy prądzie różnicowym stałym pulsującym. Zatem również przy odbiorczym i okresowym sprawdzaniu stanu instalacji prąd wyłączający  $I_a$  wyłączników typu A w próbie prądem różnicowym stałym pulsującym należy wyznaczać z uwzględnieniem krotności 1,4 (jeśli  $I_{\Delta n} > 0,01 \text{ A}$ ) albo 2 (jeśli  $I_{\Delta n} \leq 0,01 \text{ A}$ ).

Tu dwie ważne uwagi. Po pierwsze, w rozumieniu normy **prąd pulsujący stały** jest to prąd o przebiegu pulsującym, który w każdym okresie odpowiadającym częstotliwości sieciowej przybiera wartość zero albo wartość nie przekraczającą 0,006 A prądu stałego w jednym pojedynczym przedziale czasu, odpowiadającym kątowni co najmniej  $150^\circ$  (niemal pół okresu!). Ta definicja nie obejmuje typowego przebiegu prądu wyprostowanego, pochodzącego z prostownika dwupołkowego (bez przedziałów czasu praktycznie bezprądowych). Na taki prąd różnicowy wyłącznik typu A ma prawo w ogóle nie reagować, a kto to przeoczy i posłuszny się nieodpowiednim układem pomiarowym, ten może zdyskwalifikować sprawne wyłączniki. Po

drugie, jeśli norma nie stanowi inaczej, to wszelkie podawane wartości prądu różnicowego, probierczego bądź znamionowego, są wartościami skutecznymi.



**Rys. 1.** Przykładowe przebiegi prądu różnicowego w obwodzie prostownika:

a) prostownika jednopulsowego niesterowanego – wyłącznik o wyzwaniu typu A wykrywa prąd różnicowy;

b) prostownika dwupulsowego niesterowanego, zasilanego napięciem międzyprzewodowym – wyłącznik o wyzwaniu typu A nie wykrywa prądu różnicowego.

**W rozumieniu normy tylko prąd z rysunku a) jest prądem pulsującym stałym.**

Z największego dopuszczalnego czasu wyłączenia 0,2 s w najbardziej rozpowszechnionym układzie TN 230/400 V w IEC postanowiono się wycofać już wiele lat temu. Jednakowoż młyny normalizacyjne miały powoli i dlatego norma PN-IEC 364-4-481:1994 z tablicą 48A została formalnie zastąpiona dopiero przez normę PN-HD 60364-4-41:2007. Wymagany czas wyłączenia mniejszy niż 0,4 s pozostał w układach innych niż układ TN 230/400 V, które w praktyce zdarzają się bardzo rzadko.

Norma wykonawcza instalacyjna 60364-4-41 określa w tablicy 41.1 największy dopuszczalny czas wyłączenia zasilania w różnych warunkach. Dla tego czasu należy wyznaczyć prąd wyłączający  $I_a$ , czyli najmniejszy prąd wywołujący zadziałanie urządzenia zabezpieczającego. Czyni się to w sposób opisany w niniejszym zeszycie *INPE*, w artykule o normie PN-HD 60364-6:2008. Są dwie możliwości w przypadku zabezpieczeń o charakterystyce czasowo-prądowej zależnej:

- Norma przedmiotowa określa pełne **pasmo czasowo-prądowe  $t-I$**  zadziałania urządzenia zabezpieczającego i można z niego odczytać prąd wyłączający dla dowolnego czasu. Tak jest jeszcze tylko w przypadku wkładek topikowych niektórych klas.
- Norma przedmiotowa określa tylko pojedyncze punkty graniczne charakterystyk pasmowych, które po angielsku nazywają się *gates*, czyli **bramki**, poniżej albo powyżej których powinna przechodzić charakterystyka  $t-I$  zadziałania urządzenia zabezpieczającego. Albo dla interesującej nas wartości czasu znajdujemy górną bramkę (poniżej której charakterystyka powinna przechodzić) i dla niej odczytujemy prąd wyłączający, albo musimy wziąć za podstawę górną bramkę dla czasu najbliższego mniejszego. Interpolacja byłaby ryzykowna i nie wchodzi w rachubę. Przykładem poprawnego postępowania jest poniższe rozumowanie przedstawione przez Czytelnika, posługujące się rysunkiem załączonym do pytania.

Jaki jest prąd wyłączający wyłącznika RCCB typu AC o znamionowym prądzie różnicowym zadziałania  $I_{\gamma n} = 30$  mA dla największego dopuszczalnego czasu wyłączenia zasilania 0,2 s? Z braku górnej bramki dla 0,2 s przyjmujemy najbliższą dla czasu mniejszego (0,15 s) i wobec tego określamy prąd wyłączający jako równy  $I_a = 2I_{\Delta n} = 2 \cdot 30 = 60$  mA. Dla czasów pośrednich między 0,3 s a 0,15 s przebieg charakterystyki najpewniej nie był sprawdzany, a narysowane w katalogu linie mają tylko poglądowy charakter.

Jaki jest prąd wyłączający wyłącznika RCCB typu A o znamionowym prądzie różnicowym zadziałania  $I_{\Delta n} = 30$  mA dla największego dopuszczalnego czasu wyłączenia zasilania 0,4 s?

Z braku górnej bramki dla 0,4 s przyjmujemy najbliższą dla czasu mniejszego (0,3 s) i wobec tego ustalamy prąd wyłączający jako równy  $I_a = 1,4I_{\Delta n} = 1,4 \cdot 30 = 42$  mA.

Jaki jest prąd wyłączający wyłącznika RCCB typu A o znamionowym prądzie różnicowym zadziałania  $I_{\Delta n} = 30$  mA dla największego dopuszczalnego czasu wyłączenia zasilania 0,2 s? Z braku górnej bramki dla 0,2 s przyjmujemy najbliższą dla czasu mniejszego (0,15 s) i wobec tego ustalamy prąd wyłączający jako równy  $I_a = 1,4 \cdot 2I_{\Delta n} = 1,4 \cdot 2 \cdot 30 = 84$  mA.

Powyższe rozumowanie przeprowadzone po aptekarsku jest merytorycznie w pełni poprawne. Zachodzi pytanie, czy może być podważone z formalnego punktu widzenia. Otóż nowa norma PN-HD 60364-4-41:2007 stanowi w 411.4.4, 411.5.3 oraz 411.6.4 odpowiednio dla układów: TN, TT oraz IT, co następuje: *jeżeli do samoczynnego wyłączenia zasilania służy RCD, to wymagany w tablicy 41.1 normy czas wyłączenia odnosi się do spodziewanego prądu różnicowego znacząco większego niż znamionowy prąd różnicowy zadziałania RCD (zwykle  $5I_{\Delta n}$ )*. Inaczej mówiąc, we wszystkich trzech wyżej rozważanych przypadkach mielibyśmy prąd wyłączający  $I_a = 5I_{\Delta n} = 5 \cdot 30 = 150$  mA. Ta zasada została przywołana w formie **zalecenia** w postanowieniach 62.1.2 oraz C.61.3.6.1 tekstów angielskiego i francuskiego normy PN-HD 60364-6:2007 przy sprawdzaniu czasu wyłączenia RCD. Pojawiła się też następnie w polskim tekście PN-HD 60364-6:2008, ale tłumacze z zalecenia samowolnie uczynili **wymaganie**.

Motywow zasady  $5I_{\Delta n}$  można się domyślać. Pozwala ona uniknąć drobiazgowego dociekania, jak dokładnie ustalić prąd wyłączający  $I_a$  wyłączników różnicowoprądowych o różnym typie wyzwania i stosowanych w różnorodnych warunkach. Znamy wyłączniki AC, A oraz B; Niemcy od niedawna mają ponadto oznaczenie B+. Szeregowy elektryk, który nie śledzi bieżąco literatury zagranicznej, może się w tym pogubić i wtedy ma koło ratunkowe w postaci zasady  $5I_{\Delta n}$ . Ponadto, prądy wyłączające wyłączników różnicowoprądowych są rzędu ułamków ampera, rzadko – zwłaszcza w Polsce – więcej. Nawet kilkukrotne zwiększenie ich wartości niewiele kosztuje w układzie TT, a nic nie kosztuje w najbardziej rozpowszechnionym układzie TN.

Pora postawić kropkę nad i. Uważam, że nie można podważyć poprawnie przeprowadzonego i trudniejszego postępowania „aptekarskiego”, ale w pełni uprawnione, według postanowień arkuszy 41 i 6, jest też „pójście na łatwiez” i przyjęcie zasady  $5I_{\Delta n}$ .

Nikt nie opisał groźnego wypadku, do którego doszło dlatego, że wyłącznik różnicowoprądowy otworzył się tuż przed upływem 0,3 s, a nie przed upływem 0,2 s. Tropić trzeba przede wszystkim wyłączniki zupełnie niesprawne oraz mylne albo przerwane połączenia przewodów ochronnych. Na adres ze strony internetowej korespondencji donoszą mi, że coraz częściej spotykają przewody PE celowo odłączone w celu zapobieżenia zbędnym zadziałaniom wyłączników różnicowoprądowych. To są praktyki zbrodnicze, o skutkach nieporównanie groźniejszych niż zwieranie wyłączników bądź po prostu ich usuwanie. Winni powinni być karani tak samo, jak mechanicy samochodowi dziurawiący przewody hamulcowe.

Nie ma takich mechaników? To dlaczego są tacy elektrycy?

Edward Musiał  
Politechnika Gdańska

### Dane źródłowe:

Musiał E.: *Pytania dotyczące sprawdzania stanu ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach z wyłącznikami różnicowoprądowymi*. Miesięcznik *INPE*, 2009 r. nr 116, s. 91-100.

Musiał E.: *Odpowiedzi na pytania dodatkowe dotyczące sprawdzania stanu ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach z wyłącznikami różnicowoprądowymi*. Miesięcznik *INPE*, 2009 r. nr 118-119, s. 103-106.

**SPRAWDZANIE INSTALACJI ELEKTRYCZNYCH NISKIEGO NAPIĘCIA.  
PRZEGLĄD TREŚCI ORAZ BŁĘDÓW TŁUMACZENIA  
NORMY PN-HD 60364-6:2008****Abstrakt**

Ustanowiona w grudniu 2008 roku norma PN-HD 60364-6:2008 [5] „Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 6: Sprawdzanie” jest tłumaczeniem na język niyby-polski [18] wydanej rok wcześniej anglojęzycznej wersji PN-HD 60364-6:2007 (U) [4]. Porównanie obydwu dokumentów pozwala każdemu zainteresowanemu odkryć niezliczone błędy merytoryczne tłumaczenia i nieudolną polszczyznę. Pozwala też zrozumieć głębię maksymy, iż „przekład to szukanie nie słów, lecz sensów”. Trzy wcześniejsze wersje normy [1, 2, 3] dotyczyły tylko sprawdzania odbiorczego, nowa edycja zaś dotyczy również sprawdzania okresowego i wprowadza wiele innych zmian. Rozszerzono zakres sprawdzania odbiorczego, uwydatniono znaczenie oględzin, zaakceptowano pomiar impedancji pętli zwarciowej metodą cęgową i zmodyfikowano niektóre wymagania.

**1. Sprawdzanie odbiorcze i sprawdzanie okresowe**

Ustanawiając w roku 1986 pierwszy arkusz 61 (IEC 364-6-61:1986) dotyczący sprawdzania odbiorczego Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna IEC zamierzała wkrótce wydać arkusz komplementarny 62 dotyczący sprawdzania okresowego i prace w tym kierunku trwały do roku 2001 włącznie. Zrezygnowano z dwóch powodów. Jedno i drugie sprawdzanie ma podobny zakres i tę samą metodykę, co podważa sens ustanawiania dwóch osobnych równorzędnych dokumentów normalizacyjnych, a ponadto – i to zaważyło – nie udało się uzgodnić w skali międzynarodowej częstości przeprowadzania sprawdzania okresowego, na co bardzo liczone. Wszczęto zatem prace nad arkuszem 6 „Sprawdzanie”, obejmującym zarówno sprawdzanie odbiorcze, jak i okresowe.

Sprawdzanie stanu technicznego instalacji elektrycznych jest wymagane po zakończeniu budowy, przebudowy (rozbudowy, modernizacji) bądź remontu instalacji jako sprawdzanie odbiorcze oraz w określonych odstępach czasu w trakcie jej eksploatacji jako sprawdzanie okresowe. Metodyka jednego i drugiego sprawdzania jest niemal jednakowa, ale zakres **sprawdzania odbiorczego** jest nieporównanie szerszy, bo – w porównaniu z okresowym – obejmuje teraz dodatkowo:

- sprawdzanie poprawności dokumentacji technicznej stanowiącej podstawę budowy, przebudowy bądź remontu,
- sprawdzanie protokołów **odbiorów częściowych**, tzn. oględzin i badań, które można przeprowadzić tylko podczas budowy obiektu bądź instalowania urządzeń, np. przy odbiorach robót zanikowych (trasy przewodowe i kablowe, ekranowanie w ścianach i stropach, uzioomy fundamentowe i bezpośrednio w gruncie, ułożenie i łączenie zwodów i przewodów odprowadzających naturalnych).

Osobie dokonującej sprawdzania odbiorczego należy udostępnić informacje wymienione w Rozdziale 514.5 Części 5-51 normy i inne informacje niezbędne do wykonania tego sprawdzania (pkt 61.1.2 omawianej normy [5]). Chodzi o kompletne schematy i plany instalacji oraz zestawienia przedstawiające pełny jej układ i następujące dane poszczególnych obwodów:

- obciążenie szczytowe,
- liczba i przekrój przewodów oraz sposób ich ułożenia,
- długość obwodu,

- umiejscowienie łączników izolacyjnych i łączników roboczych (obie funkcje może spełniać jeden łącznik: rozłącznik izolacyjny lub wyłącznik izolacyjny),
- umiejscowienie, rodzaj, typ oraz nastawienie zabezpieczeń nadprądowych i innych, jeśli występują,
- prąd zwarciovowy początkowy oraz prąd zwarciovowy wyłączalny zabezpieczeń nadprądowych (wyłączników i bezpieczników).

Właściciel bądź zarządca instalacji powinien aktualizować tę dokumentację, zwłaszcza po każdej przebudowie i rozbudowie oraz każdej zmianie warunków zasilania.

**Protokół sprawdzania odbiorczego** powinien zawierać (61.4):

- schematy i plany instalacji z opisem pozwalającym zidentyfikować każdy obwód, jego wyposażenie (zwłaszcza zabezpieczenia) i jego umiejscowienie w budynku lub w terenie,
- szczegółowy opis wyników oględzin, prób i pomiarów,
- usterki i braki wymagające usunięcia przed przekazaniem obiektu do użytkowania,
- zalecenia odnośnie do terminu pierwszego sprawdzania okresowego,
- podpisy osób uprawnionych do dokonywania sprawdzeń i oceny ich wyników.

Osoby odpowiedzialne za bezpieczeństwo, budowę i sprawdzenie odbiorcze instalacji powinny przedstawić inwestorowi – wraz z protokołami badań częściowych i badań odbiorczych – protokół określający zakres odpowiedzialności każdej z nich (61.4.4).

Z kolei **sprawdzenie okresowe** należy rozpocząć od zapoznania się z protokołem poprzedniego sprawdzania (odbiorczego bądź okresowego). Jeżeli taki protokół nie jest dostępny, to mogą być konieczne dodatkowe badania (62.1.1 oraz 62.1.2), związane z dodatkowymi kosztami. Sprawdzenie okresowe wykonuje się bez demontażu bądź z częściowym demontażem urządzeń. Jeżeli szczegółowe przepisy nie stanowią inaczej, to akceptuje się zasadę **ochrony zastanej** (62.1.2, UWAGA 1), czyli wystarcza sprawdzenie zgodności z przepisami i normami z okresu projektowania i budowy obiektu.

**Protokół sprawdzania okresowego** powinien zawierać (62.1.4, 62.3):

- schematy i plany instalacji z opisem pozwalającym zidentyfikować każdy obwód, jego wyposażenie (zwłaszcza zabezpieczenia) i jego umiejscowienie w budynku lub w terenie,
- szczegółowy opis wyników oględzin, prób i pomiarów oraz sposobu ich uzyskania (metoda i warunki pomiaru oraz użyte mierniki),
- ewentualne ograniczenia zakresu sprawdzania w stosunku do wymagań normy i ich powody,
- usterki i braki wymagające usunięcia z podkreśleniem usterek wymagających usunięcia przed najbliższym uruchomieniem określonych urządzeń,
- ewentualne zalecenia modernizacji instalacji w celu doprowadzenia do zgodności z aktualnymi normami i przepisami, jeżeli przemawiają za tym ważne argumenty,
- zalecany termin kolejnego sprawdzania okresowego,
- podpisy osób uprawnionych do dokonywania sprawdzeń i oceny ich wyników.

**Częstość sprawdzania okresowego** powinna być ustalana (62.2) z uwzględnieniem rodzaju instalacji, jej narażeń środowiskowych (w normie od lat nazywanych błędnie *wplywami zewnętrznymi*) oraz trybu użytkowania, w tym częstości i jakości zabiegów konserwacyjnych; wymagana częstość jest zwykle określona w przepisach krajowych.

Dla budownictwa mieszkaniowego można dopuścić dość długi okres czasu między kolejnymi sprawdzeniami okresowymi, np. 10 lat. Zaleca się jednak przeprowadzać sprawdzanie przy zmianie użytkownika lokalu, aby kolejny lokator nie był narażony na skutki ewentualnych niefachowych napraw i przeróbek dokonanych przez poprzednika.

Poza budownictwem mieszkaniowym okres czasu między kolejnymi sprawdzeniami okresowymi może wynosić 4 lata, natomiast powinien być krótszy w następujących przypadkach:

- a) obiekty o zwiększonym zagrożeniu porażeniem, pożarem lub wybuchem,
- b) miejsca, w których występują instalacje zarówno niskiego, jak i wysokiego napięcia,
- c) tereny budowy,

- d) instalacje bezpieczeństwa,
- e) obiekty gromadzące publiczność (widowiskowe, gastronomiczne, handlowe, usługowe, komunikacyjne, edukacyjne, sportowe).

Ta ostatnia pozycja brzmi w tekście angielskim *communal facilities*, co przetłumaczono jako *obiekty komunalne* i będą się polscy elektrycy dziwić, dlaczego szczególnie często należy sprawdzać instalacje elektryczne wysypisk śmieci, oczyszczalni ścieków i cmentarzy. Wątpliwości interpretacyjne wyjaśnia wersja francuska tekstu: *établissements recevant du public*. Chodzi o obiekty gromadzące publiczność (niem. *bauliche Anlagen für Menschenansammlungen*), zaliczane w polskich przepisach do wysokiej kategorii zagrożenia ludzi ZL.

Cytowane wyżej postanowienia tekstu oryginalnego normy odnośnie do zakresu i częstości sprawdzania stanu technicznego instalacji elektrycznych nie kolidują z przepisami art. 62.1 polskiej ustawy Prawo budowlane.

Norma wyjaśnia ponadto, że sprawdzenia okresowe mogą być zastąpione **nadzorem ciągłym** przez stały wykwalifikowany personel albo **monitoringiem ciągłym** dokonywanym przez aparaturę. To nowe strategie prowadzenia eksploatacji urządzeń elektrycznych wdrażane i rozwinięte w Niemczech, a następnie w USA, początkowo – w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Mają na celu zmniejszenie kosztów i zwiększenie bezpieczeństwa, czyli dwa cele tylko pozornie sprzeczne. Nadzór ciągły pozwala wyeliminować kontrole okresowe oraz sprawozdawczość z nimi związaną. Powinien odbywać się według zasad sformułowanych w ustępie 4.5 normy [8].

## 2. Oględziny, próby i pomiary

W obecnym ujęciu normy **ogłędziny** są kontrolą instalacji elektrycznej dokonywaną za pomocą wszelkich zmysłów (6.3.2), bez użycia aparatury, w szczególności bez próbników i mierników. Określenie *za pomocą wszelkich zmysłów* oznacza, że kontrolujący powinien wykorzystywać nie tylko wzrok, ale również słuch (pozwalający wykryć anormalny przydźwięk, szum, hałas), powonienie (swąd spalonej izolacji, nieszczelność instalacji), dotyk (anormalna temperatura). Właściwą polską nazwą takiego badania jest *ocena organoleptyczna*, termin powszechnie używany przy kontroli jakości produktów spożywczych, który być może brzmiałby zabawnie w odniesieniu do urządzeń elektrycznych. Tym niemniej, korzystając z norm, trzeba sobie zdawać sprawę, że:

- pojęcie *ogłędziny* (w oryginale angielskim *inspection*) w dwóch pierwszych edycjach normy [1, 2] oznaczało dokładnie *ogłędziny* w rozumieniu słowników języka polskiego (Obejrzenie czegoś przez kogoś upoważnionego. Oględziny lekarskie. Oględziny miejsca zbrodni. Dokonać oględzin zwłok),
- pojęcie *ogłędziny* (w oryginale angielskim nadal *inspection*) w kolejnych edycjach normy, począwszy od roku 2006 [3, 4, 5], oznacza *badanie organoleptyczne*, podczas gdy *ogłędziny sensu stricto* w oryginale angielskim nazywają się teraz *visual inspection*.

Oględziny wykonuje się przed próbami (za pomocą próbników, żargonowo nazywanymi testerami) i pomiarami (za pomocą mierników).

Oględziny przy sprawdzaniu odbiorczym powinny odpowiedzieć na pytanie, czy poszczególne składniki instalacji zostały poprawnie dobrane w projekcie, a następnie – prawidłowo zainstalowane w czasie budowy instalacji, zgodnie z wymaganiami właściwych przepisów, norm oraz wytycznych producenta (C.61.2.2). Norma wylicza w 61.2.3 i w C.61.2.3 liczne szczegółowe aspekty wymagające sprawdzenia w ramach oględzin, w tym sprawdzenie doboru przekroju przewodów i ich zabezpieczeń nadprądowych, a więc szczegółów związanych z ogólnymi zasadami bezpieczeństwa i niezawodności. Oględziny obejmują również ocenę prawidłowości zastosowanych środków ochrony przeciwporażeniowej, poprawności oznaczeń przewodów i ich połączeń, obecności połączeń ochronnych i wyrównawczych oraz doboru przekroju ich przewodów, dostępności i poprawności rozmieszczenia elementów napędowych i sterowni-

czych, obecności napisów bądź kodowanych symboli i barw informacyjnych oraz ostrzegawczych. Obejmują również sprawdzenie poprawności zastosowanych w instalacji środków ochrony przeciwpożarowej, w tym budowlanych środków ochrony przeciwpożarowej, mających na celu zapobieganie rozprzestrzenianiu się płomienia (C.61.2.3 b).

Nowa norma przykładła ogromną wagę do rzetelnego przeprowadzania oględzin, czynności dotychczas w Polsce lekceważonych. Niestety, Załącznik G, zawierający długą listę szczegółowych czynności (strony 29÷34 normy) jakie należy przeprowadzać w ramach oględzin, jest najślabszą częścią normy, również jej wersji oryginalnej. „Oględziny” tego formularza mogą zdenerwować najbardziej wyrozumiałych elektryków: błędy tłumaczenia zmieniające sens oryginału, zdeformowana polska terminologia techniczna, pokraczna polszczyzna (patrz – załączona Errata). W oryginale powtarzają się w różnych miejscach te same zwroty i uwagi, ale po polsku brzmią one różnie w różnych miejscach; widać tłumacze mieli za krótką pamięć, nawet krótszą niż jedna stronica. Już w oryginale są niejasności, spotyka się terminy spoza słownika IEV, czasem określenia żargonowe; niekiedy wymienia się, jaki element instalacji należy sprawdzić nie precyzując, na jaki aspekt doboru bądź montażu albo jego stanu należy zwrócić uwagę.

W 61.3.1 norma wymienia dziesięć **prób** oraz **pomiarów**, które należy przeprowadzić i zaleca je wykonać w podanej kolejności, chyba że któraś z pozycji nie dotyczy instalacji poddawanej sprawdzeniu. Jeżeli wynik którejkolwiek próby (pomiaru) jest negatywny, to tę próbę i każdą próbę poprzedzającą, na wynik której wykryte uszkodzenie mogło wpłynąć, należy powtórzyć po usunięciu przyczyny uszkodzenia.

W dalszej części artykułu zostaną pominięte te sprawdzenia, których sposób wykonywania albo kryteria oceny wyników nie zostały w normie zmienione i w dotychczasowej praktyce jej stosowania nie budzą wątpliwości.

### 3. Pomiar rezystancji izolacji instalacji elektrycznej

Najnowsza edycja normy [4, 5] podwoiła najmniejszą dopuszczalną wartość rezystancji izolacji w instalacjach o napięciu znamionowym nieprzekraczającym 500 V, w tym w obwodach o napięciu znamionowym bardzo niskim (ELV). Aktualne wymagania przedstawiono w tabelicy 1.

**Tabela 1.** Najmniejsza dopuszczalna wartość rezystancji izolacji instalacji (Tabela 6.A w normach [4, 5])

Napięcie znamionowe obwodu V	Wymagane napięcie pomiarowe DC V	Wymagana rezystancja izolacji MΩ
SELV, PELV	250	<b>0,5</b>
Nie większe niż 500 V, w tym FELV	500	<b>1,0</b>
Większe niż 500 V	1000	1,0

Norma [4, 5] już na początku rozdziału 61.3.3 określa, że „Rezystancję izolacji **należy** zmierzyć między przewodami czynnymi a przewodem ochronnym, przyłączonym do układu uziemiającego. Do tego pomiaru przewody czynne można połączyć razem.” (61.3.3, 1. akapit). To poważna zmiana w porównaniu ze wszystkimi poprzednimi wydaniem normy. Pierwsze wydania normy [1, 2] wymagały pomiaru rezystancji izolacji między każdą parą przewodów czynnych oraz między każdym przewodem czynnym a ziemią. Norma z roku 2000 [2] dodawała wyjaśnienie, iż „W praktyce pomiar ten można wykonać tylko w czasie montażu instalacji przed przyłączeniem odbiorników”. Obecną procedurę „zwarte przewody czynne – ziemia” nakazywała jedynie w obwodach z urządzeniami elektronicznymi. Dokument HD z roku 2003, przyjęty w Polsce w roku 2006 [3], wymagał pomiaru rezystancji izolacji między każdym przewodem czynnym z osobna a przewodem ochronnym lub ziemią.



Dotychczasowe wymaganie pomiaru rezystancji izolacji między każdą parą przewodów czynnych oraz między każdym przewodem czynnym a ziemią na ogół nie było respektowane, bo wymagało przesadnego nakładu pracy w porównaniu z oczekiwanymi efektami. Uciążliwe było odłączanie odbiorników oraz odłączanie przewodu neutralnego pozbawionego łączników i zabezpieczeń. Powszechna była praktyka sporządzania fikcyjnych protokołów w celu pozorowania zgodności z normą i/lub w celu podwyższenia rachunku za pomiary. Liczba koniecznych pomiarów  $N$  w obwodzie o liczbie nieziemionych przewodów  $n$  wynosiła [16] przy procedurze wymaganej w poprzednich edycjach normy:

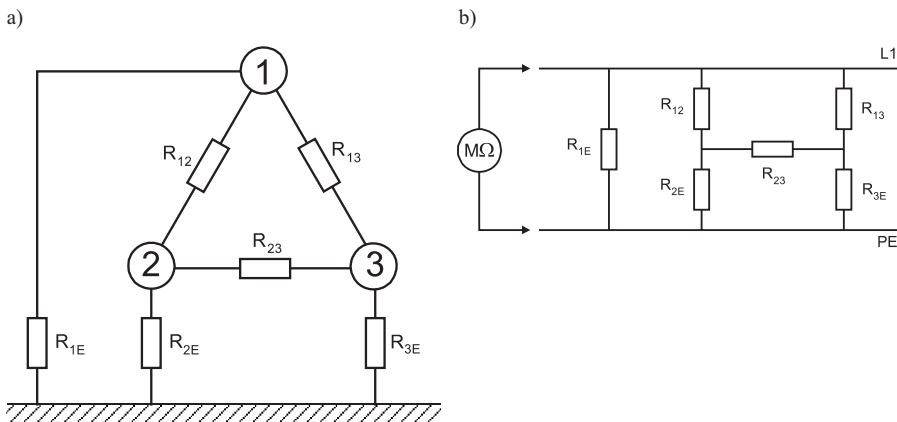
$$N = \frac{(n+1)!}{2(n-1)!} \quad (1)$$

Wynik tego obliczenia wskazuje na konieczność wykonywania na ogół sześciu lub dziesięciu pomiarów (tabl. 2) zamiast jednego.

**Tablica 2.** Liczba pomiarów rezystancji izolacji w zależności od liczby przewodów obwodu elektrycznego

Liczba nieziemionych przewodów obwodu $n$	2	3	4	5
Wymagana liczba pomiarów według norm z lat				
	1993/2000	3	6	10
	2007/2008	1	1	1

W dodatku wynikiem pomiaru wcale nie jest wartość rezystancji izolacji oczekiwana przez niedoświadczonego elektryka. Na przykład w przewodzie o trzech żyłach nieziemionych można się dopatrzeć 6 cząstkowych rezystancji izolacji (rys. 1a). Kto przyłącza megaomierz do żyły 1 i uziemionego przewodu ochronnego bądź innej części o potencjale ziemi, może naiwnie sądzić, że mierzy cząstkową rezystancję izolacji  $R_{1E}$ . Nic bardziej błędnego! Mierzy on wypadkową rezystancję układu wszystkich sześciu cząstkowych rezystancji izolacji (rys. 1b). I czyni to każdorazowo wykonując sześć pomiarów wymaganych przez poprzednie normy, tyle że sposób powiązania tych sześciu rezystancji cząstkowych za każdym razem jest inny i dlatego wynik pomiaru jest inny.



**Rys. 1.** Cząstkowe rezystancje izolacji przewodu o trzech żyłach nieziemionych ( $n = 3$ ):

- a) rzeczywisty układ rezystancji cząstkowych;
- b) układ połączeń rezystancji cząstkowych przy pomiarze rezystancji izolacji doziemnej  $R_{1E}$  żyły 1

Nowa norma [4, 5] rezygnuje z ogólnego nakazu mierzenia rezystancji izolacji między przewodami czynnymi, czyli izolacji, która nie stanowi izolacji podstawowej w ochronie przeciwporażeniowej. Rozważając konsekwencje tej zmiany wymagań trzeba pamiętać, że:

- wprawdzie zwarcia między przewodami czynnymi częściej niż zwarcia doziemne są zvarciami wielkoprądowymi bądź przeradzają się w zvarcia wielkoprądowe i są wyłączane przez zabezpieczenia zvarciowe, obecne w każdym obwodzie,
- ale małooporowe zvarcia między przewodami czynnymi nie są wyłączane przez zabezpieczenia zvarciowe ani przez zabezpieczenia różnicowoprądowe; mogą być wyłączane co najwyżej przez zabezpieczenia przeciążeniowe, jeśli one są, i to na początku obwodu, i jeśli prąd jest dostatecznie duży.

Z tych powodów w miejscach niebezpiecznych pod względem pożarowym norma [4, 5] nakazuje jednak mierzyć rezystancję izolacji również między przewodami czynnymi (61.3.3 Uwaga 3). W wielu krajach taką zasadę od dawna wprowadzają przepisy prawa powszechnego.

Najmniejsze dopuszczalne wartości rezystancji izolacji (tabl. 1) dotyczą pojedynczego obwodu instalacji elektrycznej: odbiorczego albo rozdzielczego. W obwodzie odbiorczym wymagania dotyczą obwodu **z odłączonymi odbiornikami**, a nie **z odłączonym osprzętem**, jak błędnie sugeruje polska wersja normy [5] w punkcie 61.3.3.

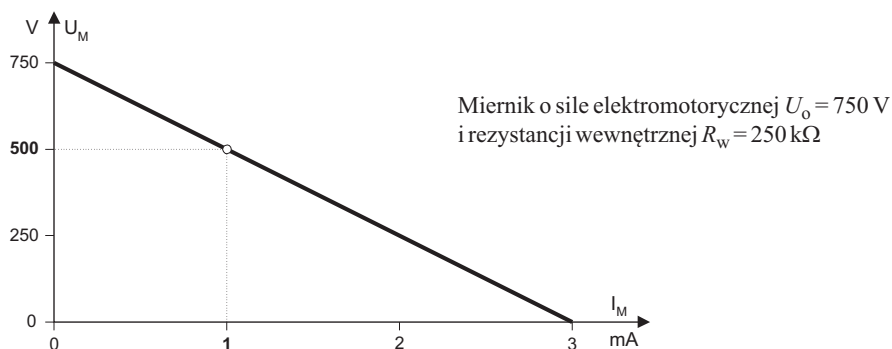
Norma objaśnia (C.61.3.3) najprostszy sposób postępowania, a mianowicie wykonanie przy złączu pomiaru rezystancji izolacji całej instalacji (wszystkich zwartych ze sobą przewodów czynnych względem ziemi). Gdyby wynik takiego pomiaru był mniejszy od wymaganego w tabl. 1, wtedy należałoby instalację dzielić na grupy obwodów, a gdyby i to nie pomogło – na pojedyncze obwody. W następstwie kolejnych pomiarów akceptuje się całe grupy obwodów, dające korzystny wynik, i poszukuje obwodu lub obwodów o niezadowolającym stanie izolacji. Procedurę podaną w normie opisywał ktoś mający przed oczyma niezbyt rozległe instalacje, np. w budynkach mieszkalnych. Nie sposób ją wdrożyć w hali przemysłowej bądź w szpitalu.

Pomiar rezystancji izolacji odbywa się po zamknięciu wszelkich łączników w badanych obwodach i po wyłączeniu instalacji spod napięcia. Jeżeli wtedy styczniki bądź inne zabezpieczenia podnapięciowe odłączają całe obwody bądź ich części, to stan izolacji odłączonych części należy sprawdzić osobno.

Jeżeli badane obwody zawierają urządzenia, które mogą zniekształcać wynik pomiaru bądź ulec uszkodzeniu w zwykłych warunkach pomiaru, np. ograniczniki przepięć (61.3.3), to należy je odłączyć na czas pomiaru. Gdyby to było praktycznie niewykonalne, to napięcie pomiarowe wolno obniżyć do 250 V napięcia stałego o pomijalnym tętnieniu, nie obniżając wszakże wymaganej wartości rezystancji izolacji  $1\text{ M}\Omega$ .

Do odbiorczych i okresowych pomiarów rezystancji izolacji instalację elektryczną można przystosować już w trakcie jej projektowania. Jest to szczególnie ważne w obiektach, w których częstość okresowej kontroli stanu technicznego powinna być zwiększona i w których powinna być sprawdzana również izolacja międzybiegunowa, np. w miejscach niebezpiecznych pod względem pożarowym. Należy wtedy preferować ograniczniki przepięć w wykonaniu wtykowym i zapewnić łatwe rozłączanie przewodów neutralnych, na przykład za pomocą odcinaczy, czyli łączników mechanicznych przestawianych prostym narzędziem, np. wkrętakiem.

Nie zmieniły się wymagania odnośnie do mierników rezystancji izolacji [9]. Miernik powinien mieć napięcie pomiarowe stałe o pomijalnym tętnieniu; w stanie jałowym nie powinno ono przekraczać  $1,5U_N$ , przy czym  $U_N$  jest nominalnym napięciem wyjściowym odpowiadającym wymaganemu napięciu pomiarowemu w tabl. 1. Zależność rzeczywistego napięcia pomiarowego  $U_M$  w funkcji prądu pomiarowego  $I_M$  obrazuje charakterystyka zewnętrzna miernika, która w najprostszym przypadku ma postać jak na rys. 2. Prąd nominalny  $I_N$  powinien być równy co najmniej 1 mA, a wartość szczytowa prądu pomiarowego nie powinna przekraczać 15 mA. Największy dopuszczalny błąd roboczy w oznaczonym zakresie pomiarowym wynosi  $\pm 30\%$ . Miernik nie powinien ulec uszkodzeniu, jeżeli na zaciskach pomiarowych pojawi się przypadkowo, wskutek błędnych manipulacji, napięcie zewnętrzne stałe lub przemienne o wartości skutecznej dochodzącej do 120% najwyższego nominalnego napięcia wyjściowego.



Rys. 2. Przykładowa charakterystyka zewnętrzna miernika rezystancji izolacji o nominalnym napięciu wyjściowym  $U_N = 500\text{ V}$

#### 4. Sprawdzanie warunku samoczynnego wyłączenia zasilania

##### 4.1. Największy dopuszczalny czas samoczynnego wyłączenia zasilania

Ochrona przeciwporażeniowa dodatkowa (ochrona przy uszkodzeniu) przez samoczynne wyłączenie zasilania jest skuteczna, jeżeli w razie uszkodzenia izolacji podstawowej (zwarcia L-PE) następuje samoczynne wyłączenie zasilania w wymaganym czasie. Tablica 3 podaje największy dopuszczalny czas samoczynnego wyłączenia zasilania w sekundach w obwodach odbiorczych o prądzie obciążenia nieprzekraczającym 32 A w zależności od napięcia względem ziemi  $U_o$ . W innych obwodach odbiorczych oraz w obwodach rozdzielczych instalacji największy dopuszczalny czas samoczynnego wyłączenia zasilania wynosi 5 s w układach TN oraz 1 s w układach TT. Większy czas samoczynnego wyłączenia zasilania można dopuścić w publicznych sieciach rozdzielczych i ich stacjach zasilających; w Polsce odpowiednie wymagania podaje norma N SEP-E-001:2003 [10].

Tablica 3. Największy dopuszczalny czas samoczynnego wyłączenia zasilania w sekundach w obwodach odbiorczych o prądzie obciążenia nieprzekraczającym 32 A [6]

Układ	50 V < $U_o$ 120 V		120 V < $U_o$ 230 V		230 V < $U_o$ 400 V		$U_o > 400\text{ V}$	
	AC	DC	AC	DC	AC	DC	AC	DC
TN	0,8	<sup>1)</sup>	<b>0,4</b>	<b>5</b>	0,2	0,4	0,1	0,1
TT	0,3	<sup>1)</sup>	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>	0,07	0,2	0,04	0,1

<sup>1)</sup> Wyłączenie może być wymagane z innych powodów niż zagrożenie porażeniem.

Wymagane w nowej normie [6] czasy samoczynnego wyłączenia zasilania w układzie TN nie odbiegają od dotychczas przyjmowanych. Nowością jest, że wreszcie określono te czasy dla układu TT i że są one mniejsze niż w układzie TN, a przecież w układzie TT trudniej je dotrzymać. Dopuszczono zatem odstępstwo: wolno dla układu TT przyjąć wartości czasu określone dla układu TN, jeżeli samoczynnego wyłączenia zasilania dokonują zabezpieczenia nadprądowe, a w instalacji są wykonane połączenia wyrównawcze główne.

W najbardziej rozpowszechnionym **układzie TN** do samoczynnego wyłączenia zasilania można użyć zabezpieczenia nadprądowego (bezpiecznika lub wyłącznika nadprądowego) albo wyłącznika różnicowoprądowego. Podobnie w **układzie TT**, przy czym rzadkie są sytuacje, kiedy zabezpieczenie nadprądowe jest w stanie spełnić wymagania stawiane skuteczności ochro-

ny i zwykłym urządzeniem wyłączającym w układzie TT jest wyłącznik różnicowoprądowy. W **układzie IT** na ogół jest niepożądane samoczynne wyłączenie zasilania po jednoczesnym uszkodzeniu izolacji doziemnej; poza wcześniej wymienionymi urządzeniami zabezpieczającymi mogą być przydatne urządzenia monitorujące stan izolacji doziemnej bądź prąd różnicowy oraz lokalizatory zwarcí doziemnych.

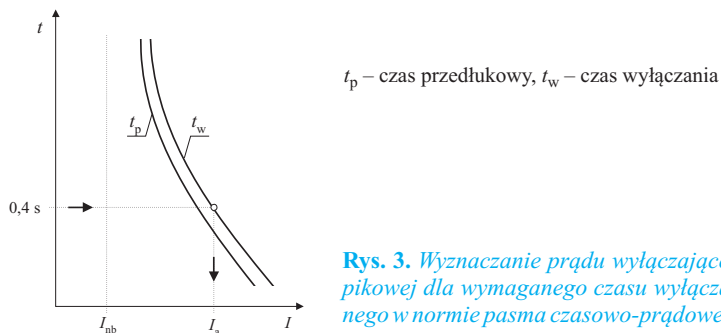
Jeżeli warunku samoczynnego wyłączenia zasilania w wymaganym czasie nie da się spełnić, to – zgodnie z 411.3.2.6 normy [6] – należy wykonać połączenia wyrównawcze miejscowe ograniczające długotrwale występujące napięcie dotykowe do wartości dopuszczalnej, np.  $U_L = 50 \text{ V}$  napięcia przemiennego. To odstępstwo dotyczy zarówno układu TN, jak i układu TT, a także układu IT. W niektórych komentarzach [13] do nowej normy podkreśla się, że dokładne określanie wartości czasu wyłączenia i wartości napięcia dotykowego w układzie TN nie jest konieczne, bo to napięcie dotykowe z natury rzeczy jest na ogół znacznie mniejsze niż połowa napięcia fazowego instalacji ( $0,5U_0$ ).

## 4.2. Prąd wyłączający

Prąd wyłączający  $I_a$  jest to najmniejszy prąd wywołujący zadziałanie, w wymaganym czasie (tabl. 3), urządzenia zabezpieczającego powodującego samoczynne wyłączenie zasilania. We wszelkich przypadkach wątpliwych można posłużyć się charakterystyką czasowo-prądową urządzenia zabezpieczającego i dla wymaganego czasu wyłączenia zasilania odczytać z niej (z linii największych czasów wyłączenia) najmniejszy prąd, który to wyłączenie gwarantuje. Na co dzień nie jest to konieczne.

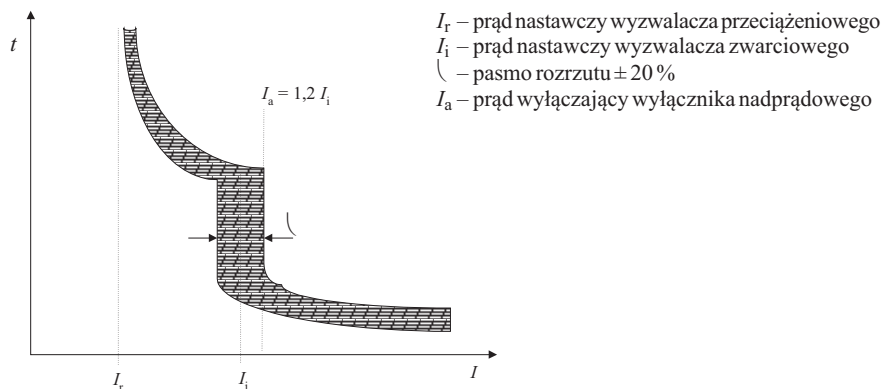
Dla popularnych odmian **bezpieczników** normy przedmiotowe podają **pasma czasowo-prądowe**, w których powinny się zmieścić pasmowe charakterystyki czasowo-prądowe produkowanych wkładek. Dla potrzebnych czasów samoczynnego wyłączenia zasilania (0,2 s, 0,4 s, 5 s) można z nich wynotować prąd wyłączający  $I_a$  (rys. 3) wkładki określonej klasy i prądu znamionowego, np. gG 50A, i będzie on miarodajny dla tych wkładek niezależnie od producenta. Podczas sprawdzania odbiorczego bądź okresowego instalacji kontroluje się, czy wkładki są nie naruszone i poprawnie zainstalowane, sprawdza ich klasę oraz prąd znamionowy i na tej podstawie wnioskuje się o wartości prądu wyłączającego  $I_a$ .

W sieciach rozdzielczych niskiego napięcia norma N SEP-001:2003 [10] pozwala przyjmować prąd wyłączający bezpieczników na poziomie zaledwie dwukrotnej wartości prądu znamionowego ( $I_a = 2I_{nb}$ ), co oznacza czas samoczynnego wyłączenia zasilania na poziomie nawet przekraczającym 1 godzinę. Nie jest to groźne z punktu widzenia zagrożenia porażeniem, bo warunkiem są połączenia wyrównawcze główne w zasilanych obiektach, ale jest ryzykowne z punktu widzenia zagrożenia pożarem, tym bardziej że w sieciach rozdzielczych (poza budynkami) nie są wymagane zabezpieczenia przeciążeniowe.



**Rys. 3.** Wyznaczanie prądu wyłączającego  $I_a$  wkładki topikowej dla wymaganego czasu wyłączenia 0,4 s z podanego w normie pasma czasowo-prądowego

Prąd wyłączający **wyłączników nadprądowych** jest równy prądowi zadziałania wyzwalacza zwarciovego bezzwłocznego. Tylko dla wyłączników nadprądowych instalacyjnych jest on określony wprost – wynosi  $5I_n$ ,  $10I_n$  i  $20I_n$  odpowiednio dla wyłączników o charakterystyce typu B, C i D, przy czym  $I_n$  jest prądem znamionowym ciągłym wyłącznika. W przypadku większych wyłączników, sieciowych i stacyjnych, operuje się prądem nastawczym wyzwalacza lub przekaźnika zwarciovego bezzwłocznego  $I_i$  (rys. 4), który jest wartością średnią rzeczywistego prądu zadziałania o paśmie rozrzutu  $\pm 20\%$  wokół prądu nastawczego  $I_i$ . Zatem prądem wyłączającym jest prąd  $I_a = 1,2I_i$ . W przypadku wyłączników stacyjnych kategorii użytkowania B (zwłocznych, wybiorczych) wolno przyjąć mniejszy prąd zadziałania wyzwalacza zwraciovego zwłocznego, jeżeli czas wyłączania wyłącznika uwzględniający zwłokę wyzwalacza spełnia podane w tabl. 3 wymagania odnośnie do największego dopuszczalnego czasu wyłączania. Podobnie, jak w przypadku bezpieczników, prąd wyłączający  $I_a$  określa się na podstawie samych ogłędzin wyłącznika.



Rys. 4. Charakterystyka czasowo-prądowa wyłącznika nadprądowego bezzwłocznego

Prąd wyłączający **wyłączników różnicowoprądowych** bezzwłocznych i krótkozwłocznych (o wyzwalaniu typu AC) przez wiele ostatnich lat przyjmowano jako równy znamionowemu prądowi różnicowemu zadziałania  $I_a = I_{\Delta n}$  (tabl. 4), nie zwracając uwagi na największy dopuszczalny czas wyłączania przy tym prądzie (rys. 5), gwarantowany przez producenta zgodnie z normą: 0,3 s dla wyłącznika bezzwłocznego i krótkozwłocznego, 0,5 s przy  $I_{\Delta n}$  i 0,2 s przy  $2I_{\Delta n}$  dla wyłącznika selektywnego (zwłocznego). Jak widać, te wartości mogą w pewnych warunkach przekraczać największy dopuszczalny czas wyłączenia zasilania określony przez normę (tabl. 3). W dodatku wyłączniki o wyzwalaniu typu A oraz B mogą mieć – zależnie od przebiegu prądu różnicowego – prąd wyłączający znacznie większy niż znamionowy prąd różnicowy zadziałania (tabl. 4).

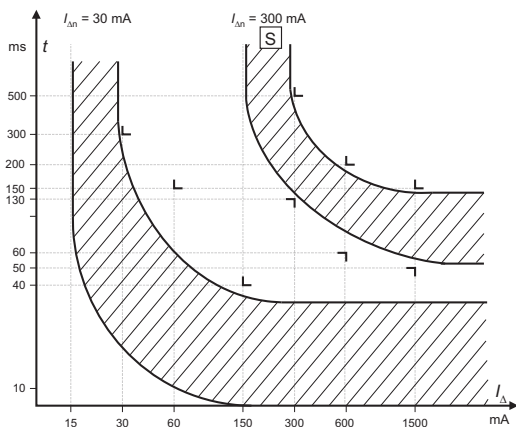
Tablica 4. Prąd wyłączający  $I_a$  wyłączników różnicowoprądowych według dotychczasowych zasad

Rodzaj wyłącznika	Prąd wyłączający $I_a$
Wyłączniki bezzwłoczne i krótkozwłoczne o wyzwalaniu AC	$I_{\Delta n}$
Wyłączniki bezzwłoczne i krótkozwłoczne mrozoodporne	$1,25I_{\Delta n}$
Wyłączniki wybiorcze (selektywne) o wyzwalaniu AC	$2I_{\Delta n}$
Wyłączniki o wyzwalaniu A	$1,4I_{\Delta n}$
Wyłączniki o wyzwalaniu B	$2I_{\Delta n}$

Nowa norma [6] stawia sprawę jasno, nie czyni wyjątków. Również w przypadku wyłączników różnicowoprądowych należy sprawdzać dopełnienie warunku największego dopuszczalnego czasu wyłączenia zasilania. Kto ma z tym kłopot, choćby z braku charakterystyk, powinien szacunkowo przyjmować prąd wyłączający z nadmiarem:  $I_a = 5I_{\Delta n}$  (411.4.4. Uwaga, 411.5.3 Uwaga 4, 411.6.4 Uwaga 4).

Ta zmiana podejścia nie ma żadnego praktycznego znaczenia w najbardziej rozpowszechnionym układzie TN, w którym prądy zwarć L-PE są setki i tysiące razy większe niż jakkolwiek określone prądy wyłączające wyłączników różnicowoprądowych.

Warto przypomnieć, że przed pojawieniem się w roku 1982 pierwszego dokumentu międzynarodowego IEC 364-4-41:1982 w normach i przepisach wielu krajów (m.in. w Niemczech i w Polsce) jako prąd wyłączający wyłączników różnicowoprądowych przyjmowano  $I_a = 1,2I_{\Delta n}$ . Zatem w roku 2005 Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna z rozmachem naprawiała (IEC 60364-41:2005) to, co wcześniej zepsuła.



**Rys. 5.** Zestawienie pasmowych charakterystyk czasowo-prądowych dwóch wyłączników różnicowoprądowych: bezwłocznego  $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$  i selektywnego  $I_{\Delta n} = 300 \text{ mA}$

Z podanej na wstępie definicji prądu wyłączającego  $I_a$  wynika, że jest on ściśle związany z gwarantowanym czasem samoczynnego wyłączenia zasilania, który powinien spełniać wymagania stawiane przez normę (tabl. 3). Stąd pytania, czy należy, czy warto, czy jest sens pomiarowo sprawdzać **czas wyłączenia** urządzenia dokonującego samoczynnego wyłączenia zasilania.

Postulat sprawdzania czasu wyłączenia **wkładek topikowych** byłby pomysłem absurdalnym, bo jest to badanie niszczące. Nigdzie na świecie przy sprawdzaniu stanu instalacji nie weryfikuje się drogą pomiaru ani prądu wyłączającego, ani czasu wyłączenia **wyłączników nadprądowych** niskiego napięcia. Wprawdzie takie pomiary sprawdzające wykonuje się w przypadku zabezpieczeń współpracujących z wyłącznikami wysokiego napięcia, ale trzeba widzieć różnicę w stopniu złożoności budowy wyłączników nisko- i wysokonapięciowych oraz współdziałających z nimi zabezpieczeń.

Wśród wymienionych urządzeń wyłączających **urządzenia różnicowoprądowe** wyróżniają się szczególnie dużą zawodnością [15]. Z tego powodu w ich przypadku i tylko w ich przypadku wymaga się sprawdzenia działania, czyli próby funkcjonalności. Na użytkownikach spoczywa powinność sprawdzania zdatności zabezpieczeniowej wyłącznika różnicowoprądowego przez okresowe naciśnięcie przycisku kontrolnego T, co jednak nie jest równoznaczne z potwierdzeniem prawidłowej wartości prądu wyłączającego. Takie potwierdzenie powinno następować przy każdym sprawdzaniu odbiorczym i okresowym instalacji przez osobę wykwalifikowaną. Odbywa się to przez pomiar miernikiem rzeczywistego prądu różnicowego zadziałania albo przez sprawdzenie próbnikiem, że nie przekracza on przepisanej wartości.

Jest silna pokusa, przede wszystkim finansowa, aby wykonywać również pomiar czasu wyłączenia wyłączników różnicowoprądowych. Taką zasadę zapisano w części ogólnej normy [4, 5] w dwóch zbliżonych sytuacjach: w przypadku stosowania w nowej instalacji wyłączników z odzysku oraz w przypadku rozbudowy lub przebudowy instalacji, jeżeli wcześniej zainstalowane wyłączniki różnicowoprądowe mają służyć również do wyłączania obwodów, których dotyczy rozbudowa lub przebudowa. Zasadę pomiaru czasu wyłączania odrzuciły (Załącznik ZA normatywny normy) w całości bądź w części liczne kraje: Francja, Niemcy, Włochy, Polska (przy sprawdzaniu okresowym), Hiszpania.

Zawsze prezentowałem stanowisko ([http://www.edwardmusial.info/pliki/bad\\_rcd.pdf](http://www.edwardmusial.info/pliki/bad_rcd.pdf)), że taki pomiar jest zbędny z następujących powodów:

- a) Czas wyłączenia jest to czas od chwili pobudzenia układu wyzwalającego różnicowoprądowego do chwili przerwania łuku we wszystkich biegunach wyłącznika. Żaden ze znanych mierników nie mierzy czasu wyłączania, bo pomiaru dokonuje w stanie bezprądowym torów głównych. Zdaniem wytwórcy miernik mierzy jakiś *czas wyzwiania* albo *czas zadziałania*, ale te pojęcia nie są zdefiniowane i nie wiadomo, co znaczą.
- b) Czas wyłączenia zależy od wartości prądu różnicowego zadziałania wyłącznika (rys. 5). Zwykły miernik dokonuje pomiaru przy rzeczywistym prądzie różnicowym zadziałania wyłącznika (około  $0,7I_{\Delta n}$  dla wyłącznika AC), kiedy czas wyłączenia jest duży i wykazuje szczególnie duży rozrzut. Przy nowym podejściu normy [6] odnośnie do czasu wyłączenia zasilania również przez wyłączniki różnicowoprądowe taki pomiar nie jest miarodajny. W rezultacie obecny arkusz 6 normy [4, 5] zaleca pomiar czasu wyłączenia przy prądzie różnicowym  $5I_{\Delta n}$  (C.61.3.6.1), jeśli brak przesłanek, by postąpić inaczej i tę wartość prądu traktuje się jako prąd wyłączający  $I_a$ .
- c) Podstawą wymiarowania ochrony ma być prąd wyłączający  $I_a$  wyłącznika różnicowoprądowego zapewniający dotrzymanie wymaganego czasu wyłączenia (tabl. 3), zgodnie z charakterystyką  $t-I_a$  gwarantowaną przez producenta zgodnie z normą (rys. 5). Z zasady działania wyłącznika wynika, że – zwłaszcza przy prądzie różnicowym znacznie większym niż znamionowy prąd różnicowy zadziałania  $I_{\Delta n}$  – wyłącznik albo otworzy się w czasie wyraźnie krótszym niż największy dopuszczalny, albo nie otworzy się w ogóle. Inaczej mówiąc, sprawdzenie rzeczywistego różnicowego prądu zadziałania sprawę załatwia.

### 4.3. Wymagania i zalecenia odnośnie do pomiaru impedancji pętli zwarciowej w układzie TN

Warunek samoczynnego wyłączenia zasilania w układzie TN jest spełniony, jeżeli zwarcie bezporowe dowolnego przewodu fazowego z przewodem ochronnym PE (PEN) wywołuje przepływ prądu co najmniej równego prądowi wyłączającemu  $I_a$  poprzedzającego urządzenia wyłączającego, najbliższego w kierunku źródła. Powinien być spełniony następujący warunek wiążący prąd wyłączający  $I_a$  z napięciem fazowym instalacji  $U_o$  oraz impedancją pętli zwarciowej  $Z_s$ :

$$\frac{U_o}{Z_s} \geq I_a \quad (2)$$

Wymaganie to w zasadzie powinno być spełnione przy zwarciach u końca obwodu, w punktach najbardziej odległych od poprzedzającego urządzenia wyłączającego, np. w obwodach gniazd wtyczkowych – na końcu przyłączonego przewodu ruchomego. Nie wymaga się, aby było spełnione również w razie zwarcia we wnętrzu odbiornika, kiedy impedancję pętli zwiększa część uzwojenia silnika albo rezystora sprzętu grzejnego.

Zatem zgodność z postanowieniami normy w zasadzie należy sprawdzić (61.3.6.1 a) wykonując pomiar impedancji pętli zwarciowej pozwalający ocenić jedyną niewiadomą we wzorze (2). Norma objaśnia dwie przykładowe metody pomiaru impedancji pętli (patrz niżej). Jednakowoż

pomiar ten norma pozwala (61.3.6.1a) zastąpić sprawdzeniem długości, przekroju i ciągłości przewodów ochronnych, jeżeli są dostępne obliczenia impedancji pętli zwarciowej potwierdzające spełnienie warunku samoczynnego wyłączenia zasilania.

Pomiar impedancji pętli zwarciowej w układzie TN nie jest konieczny, jeśli urządzeniem wyłączającym jest urządzenie różnicowoprądowe o znamionowym prądzie różnicowym zadziałania  $I_{\Delta n} = 500$  mA. Prąd wyłączający  $I_a$  jest wtedy tak mały, a największa dopuszczalna impedancja pętli zwarciowej  $Z_s$  tak duża, że warunki skuteczności ochrony z natury rzeczy są spełnione, jeśli tylko jest zachowana ciągłość połączeń ochronnych. Sprawdzenie może się wtedy ograniczyć do kontroli ciągłości i poprawności połączeń przewodów ochronnych. Jeżeli w jakikolwiek sposób warunek samoczynnego wyłączenia zasilania został sprawdzony tuż za urządzeniem różnicowoprądowym, to skuteczność ochrony w miejscach położonych bliżej odbiorników wolno wykazać poprzez samą kontrolę ciągłości przewodów ochronnych (61.3.6.1a).

Jeśli warunki skuteczności samoczynnego wyłączenia zasilania **nie są spełnione** (a nie: „są niewystarczające”, jak błędnie napisano w tekście polskim 61.3.6.3), to sprawdza się skuteczność połączeń wyrównawczych dodatkowych. Inaczej mówiąc – jeżeli nie dochodzi do samoczynnego wyłączenia zasilania w wymaganym czasie, to utrzymujące się napięcia dotykowe nie powinny przekraczać wartości dopuszczalnej długotrwale i to wystarczy potwierdzić, by pozytywnie ocenić stan ochrony.

W załączniku C (informacyjnym!) norma [4, 5] objaśnia, jak można uwzględnić fakt, że przewody w warunkach rzeczywistego zwarcia nagrzewają się dodatkowo wskutek przepływu prądu zwarciowego i mają większą rezystancję niż podczas pomiaru impedancji pętli małym prądem. Zjawisko to zachodzi przy zwarciach wielkoprądowych: zwarciach L-PE w układzie TN oraz dwumiejscowych zwarciach poprzez przewody PE w układzie IT. Mianowicie przy pomiarze impedancji pętli zwarciowej metodą małoprądową norma zaleca uwzględnić zwiększenie rezystancji przewodów wskutek ich nagrzania (62.1.2 Uwaga 2, C.61.3.6.2) w taki sposób, by zamiast wymagania skuteczności ochrony wynikającego z najprostszego rozumowania:

$$Z_s \leq \frac{U_o}{I_a} \quad \text{lub} \quad I_a \leq \frac{U_o}{Z_s} \quad (3)$$

przyjmować formułę następującą:

$$Z_s \leq \frac{2}{3} \frac{U_o}{I_a} \quad \text{lub} \quad I_a \leq \frac{3}{2} \frac{U_o}{Z_s} \quad (4)$$

Oznaczałoby to wymaganie zwiększenia aż o 50% prądu zwarciowego pobudzającego zabezpieczenie nadprądowe dokonujące samoczynnego wyłączenia zasilania. W żaden sposób nie da się uzasadnić potrzeby takiego zaostrożenia wymagań wzrostem temperatury przewodów. Podobny postulat pojawił się już wiele lat temu w niemieckich komentarzach i był tłumaczony dwoma powodami: wzrostem temperatury przewodów (+20%) oraz największym dopuszczalnym błędem pomiaru ( $\pm 30\%$ ) mierników impedancji pętli. Można go też tłumaczyć wprowadzeniem współczynnika czułości zabezpieczenia ( $k_c = 1,5$ ) do wzorów (3).

Autorzy normy mają świadomość, że postawione wymaganie jest przesadne, ale pozwala z dużym marginesem bezpieczeństwa i łatwo potwierdzić skuteczność ochrony w tych miejscach, gdzie jest ona zapewniona ze znacznym nadmiarem. W innych przypadkach zalecają w pętli zwarciowej wyróżnić części, w których wzrost temperatury przewodów przy zwarciu jest bardzo różny (sieć poprzedzająca do złącza, kolejne linie rozdzielcze, linia odbiorcza) i osobno oceniać nagrzanie kolejnych linii rozdzielczych i linii odbiorczej w oparciu o całkę Joule’a wyłączenia zastosowanych zabezpieczeń nadprądowych. To zwodnicza porada, bo przewody zabezpieczone bezpiecznikami nagrzewają się najsilniej przy małoprądowych zwarciach oporowych, a nie przy dużym prądzie zwarciowym, kiedy wskaźnikiem miarodajnym jest całka Joule’a.



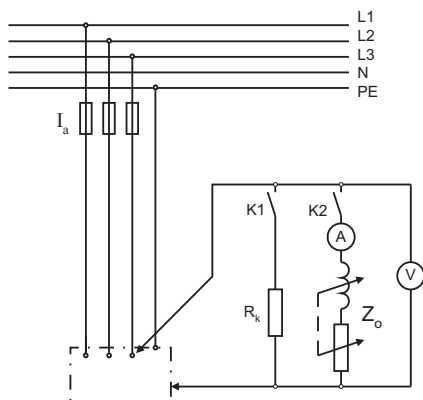
Wystarczyłoby uwzględnić nagrzanie przewodów tylko w obwodzie, w którym rozpatruje się zwarcie L-PE (L-PEN). Obwody poprzedzające mają przewody o (znacznie) większym przekroju i ten sam prąd zwarciaowy nagrzewa je w stopniu znacznie mniejszym. Wystarczy zwiększyć o 20% rezystancję przewodów obwodu, u końca którego dokonuje się pomiaru impedancji pętli zwarciaowej. Oczywiście omawiana okoliczność jest bez znaczenia, jeżeli urządzeniem wyłączającym jest urządzenie różnicowoprądowe.

#### 4.4. Pomiar impedancji pętli zwarciaowej metodą sztucznego zwarcia

Większość mierników impedancji pętli zwarciaowej  $Z_s$  wykorzystuje zasadę „sztucznego zwarcia” z prądem probierczym  $I_o$  ograniczonym przez impedancję  $Z_o$  (rys. 6), nakładającym się w przewodzie fazowym na prąd roboczy wynikający z obciążenia sieci. Na impedancji pętli  $Z_s$  prąd probierczy wywołuje dodatkową **stratę napięcia**  $I_o \cdot Z_s$ , którą utożsamia się z różnicą wskazań woltomierza ( $E - U_1$ ) przed i po zamknięciu łącznika K2. Wobec tego domniemywa się, że poszukiwana impedancja pętli jest równa:

$$Z_s \approx \frac{E - U_1}{I_o} \quad (5)$$

Przed przystąpieniem do pomiaru sprawdza się, przez naciśnięcie przycisku K1, czy jest zachowana ciągłość połączeń ochronnych. Duża różnica napięć ( $E - U_1$ ) przed i po naciśnięciu tego przycisku świadczy o naruszeniu ciągłości połączeń ochronnych i sygnalizuje, że kontynuowanie pomiaru (przez zamknięcie łącznika K2) stwarza zagrożenie porażeniem.



$R_k$  – rezystor o dużej rezystancji (  $\geq 10$  k $\Omega$ ) do wstępnej kontroli ciągłości pętli  
 $Z_o$  – impedor o stałej impedancji i nastawianym argumentem (stosunku R/X)

Rys. 6. Zasada pomiaru impedancji pętli zwarcia L-PE w układzie TN

Praktyczne realizacje tej zasady różnią się przede wszystkim:

- wartością prądu pomiarowego  $I_o$  – z tego punktu widzenia wyróżnia się mierniki małoprądowe ( $I_o < 1$  A), średnioprądowe ( $1$  A  $< I_o < 30$  A) i wielkoprądowe ( $I_o > 30$  A, nawet  $> 100$  A),
- rodzajem prądu pomiarowego – prąd stały wyprostowany jednopółkrowo, **prąd przemienny**,
- czasem przepływu prądu pomiarowego – jeden półokres, jeden okres, **kilka okresów**, dłużej,
- rodzajem impedora obciążeniowego – zwarcie tylko przez rezystor, zwarcie dwukrotne przez rezystor i przez reaktor, zwarcie przez impedor o określonym argumentem, **zwarcie przez impedor o stałej impedancji i nastawianym argumentem**.

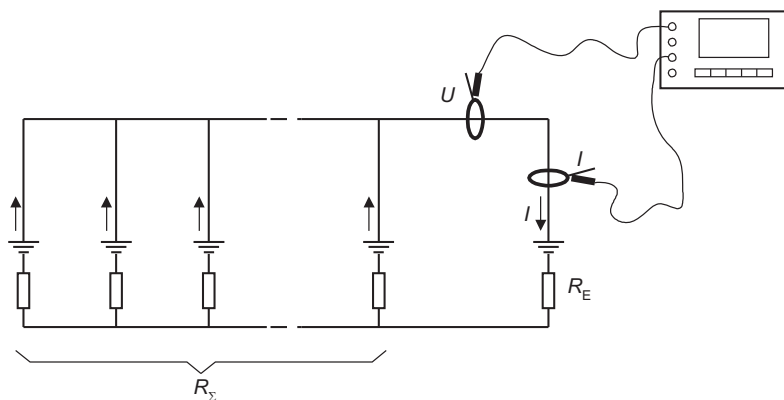
Zespół właściwości wyróżnionych **czcionką bold** kwalifikuje miernik do pomiarów w sytuacjach najbardziej kłopotliwych, w pobliżu stacji zasilających: mała impedancja pętli o charakterze indukcyjnym.

### 4.5. Pomiar impedancji pętli zwarcia doziemnego metodą cęgową

Najnowsza edycja normy [4, 5] wskazuje metodę cęgową jako przykładową, dopuszczalną metodę pomiaru impedancji pętli zwarcia doziemnego (metoda B3 w załączniku B informacyjnym). Mimo rysunku, na którym wyraźnie widać cęgi, w polskim tekście jest mowa o *pomiarze rezystancji pętli uzziemienia z użyciem zacisków prądowych*.

W zamkniętej pętli prądowej obejmującej co najmniej dwa uziomy (rys. 7) cęgowy transformator napięciowy (generator), obejmujący przewód uziemiający, indukuje nieduże napięcie o określonej częstotliwości, np. 32 V, 1367 Hz. Ze względu na czułość i dokładność pomiaru wybiera się częstotliwość raczej wysoką, ale nie będącą całkowitą wielokrotnością częstotliwości sieciowej. Częstotliwość nie powinna jednak być zbyt wysoka, by nie ekspozować reaktancji pętli. Z kolei cęgowy przekładnik prądowy indukcyjny (odbiornik) mierzy płynący w pętli prąd o częstotliwości pomiarowej. Dla uniknięcia zakłóceń jedne i drugie cęgi powinny być oddalone od siebie co najmniej o kilkanaście centymetrów.

Iloraz napięcia i prądu miernik wskazuje jako **impedancję pętli** ( $R_E + R_\Sigma$  na rys. 7). Jeżeli droga powrotna prądu pomiarowego zamyka się przez wiele równolegle połączonych uziomów o wypadkowej rezystancji uzziemienia pomijalnie małej ( $R_\Sigma \ll R_E$ ) w porównaniu z rezystancją uzziemienia uziomu ( $R_E$ ), przez który przepływa całkowity prąd pomiarowy, to wynik pomiaru można utożsamiać z **rezystancją uzziemienia uziomu** ( $R_E$ ), przez który przepływa sumaryczny prąd pomiarowy.



Rys. 7. Pomiar impedancji pętli zwarcia doziemnego metodą cęgową

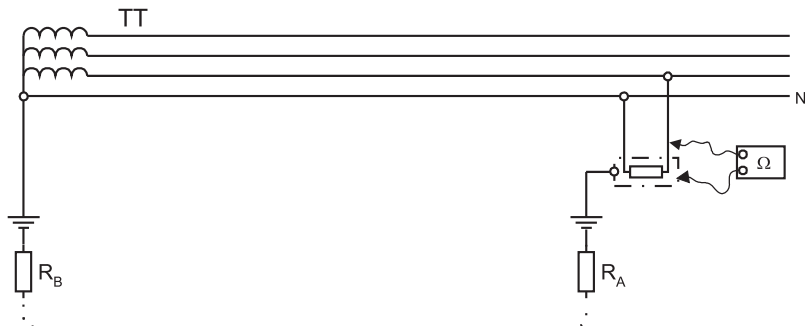
Zatem metoda cęgową pomiaru impedancji pętli zwarcia doziemnego może również służyć do pomiaru rezystancji uzziemienia określonego uziomu, jeżeli ta rezystancja jest dominującym składnikiem impedancji utworzonej pętli zwarcia doziemnego. Dla celów pomiaru nie trzeba odłączać badanego uziomu ani wykonywać uziomów pomocniczych (sond pomiarowych). Pomiar jest możliwy w układzie TN, w którym badany uziom jest połączony z wielokrotnie uzimionym przewodem PE (PEN), wychodzącym z punktu neutralnego układu. W układzie TT podobne połączenie należałoby stworzyć na czas pomiaru. Metoda ma zastosowanie do wszelkich układów uziomowych, w tym odgromowych, a nie tylko do uzemień dla celów ochrony przeciwporażeniowej.

Nie wszystkie dostępne na rynku mierniki cęgowe spełniają wymagania stawiane „pomiarom ochronnym” [9], bo na przykład mają za duży zakres pomiarowy i/lub za małą dokładność. Ponadto nie zawsze producent precyzyjnie określa, na jaką wartość charakteryzującą przebieg prądu zmiennego miernik reaguje, a ta informacja bywa potrzebna.

#### 4.6. Pomiar rezystancji uziemienia przewodu ochronnego w układzie TT

Ocena skuteczności ochrony przez samoczynne wyłączenie zasilania w układzie TT wymaga określenia rezystancji uziemienia  $R_A$  przewodu ochronnego i przyłączonych doń części przewodzących dostępnych. Poza usytuowaniem w tekście normy (obecnie Załącznik B, Metoda B1) nic się nie zmieniło. Pozostał infantylny opis procedury pomiarowej, na szczęście traktowanej jako przykład postępowania. Pozostał błędny polski tytuł: „Pomiar rezystancji uziomu” zamiast „Pomiar rezystancji uziemienia”. Uziomem na ogół jest pręt albo taśma; rezystancję takiego uziomu mierzy się między końcami pręta lub taśmy za pomocą mostka Thomsona lub innego układu do pomiaru małych rezystancji. A rezystancja uziemienia to zupełnie co innego.

W wiejskim albo przemysłowym terenie bogato uzbrojonym trudno o zlokalizowanie strefy potencjału zerowego i nie sposób poprawnie zmierzyć rezystancję uziemienia. W takich przypadkach norma zaleca (61.3.6.2) pomiar impedancji pętli zwarcia doziemnego dowolną uznaną metodą zwracając uwagę, iż wynik pomiaru będzie wtedy obciążony błędem dodatnim, a ściślej – obejmie dodatkowo, a niepotrzebnie, rezystancję uziemienia punktu neutralnego sieci oraz rezystancję (impedancję) przewodów całej mierzonej pętli.



Rys. 8. Klasyczny pomiar rezystancji pętli zwarcia doziemnego w układzie TT

#### 4.7. Pomiar impedancji pętli zwarcia doziemnego w układzie TT

Nowa wersja normy IEC 60364-4-41 [6] warunek skuteczności ochrony dodatkowej w układzie TT, w którym samoczynnego wyłączenia zasilania dokonują zabezpieczenia nadprądowe, formułuje identycznie jak dla układu TN:

$$Z_s \leq \frac{U_o}{I_a} \quad (6)$$

Obwód prądu zwarcia jednofazowego zamyka się przez ziemię, impedancja pętli  $Z_s$  obejmuje rezystancję uziemienia przewodu ochronnego i rezystancję uziemienia roboczego układu. Impedancja pętli  $Z_s$  jest stosunkowo duża (co najmniej kilka omów) i ma charakter rezystancyjny. Oba czynniki sprawiają, że jej pomiar jest łatwy, może być dokonywany pierwszym lepszym, byle rzetelnym, miernikiem rezystancji pętli zwarcia doziemnego (rys. 8), również metodą cęgową.

### 4.8. Próba ciągłości przewodów

Norma dopuszcza w wielu sytuacjach zastępowanie pomiaru impedancji pętli zwarciowej bądź pomiaru rezystancji uzziemienia próbą ciągłości przewodów ochronnych i wyrównawczych. Bywa też zalecana próba ciągłości przewodów czynnych w przypadku pierścieniowych obwodów odbiorczych.

Czasem wystarcza potwierdzenie próbnikiem ciągłości przewodów ochronnych i ich połączeń. Bywają jednak sytuacje, kiedy należy dokonać pomiaru rezystancji przewodów ochronnych. Taki pomiar powinien odbywać się przyrządem spełniającym wymagania normy PN-EN 61557-4:2007 [9] przy napięciu pomiarowym stałym lub przemiennym o wartości w stanie jałowym  $4 \div 24$  V i przy prądzie co najmniej 0,2 A. W razie wykorzystania napięcia stałego przyrząd powinien umożliwiać zmianę biegunowości napięcia zasilania, aby wyeliminować ewentualny wpływ napięcia polaryzacji naturalnych mikroogniwn w połączeniach przewodów badanego odcinka. Największy dopuszczalny błąd roboczy ( $\pm 30\%$ ) nie powinien być przekroczony w zakresie pomiarowym od 0,2  $\Omega$  do 2  $\Omega$ . Wiele zwykłych multimetrów, pochopnie wykorzystywanych do takiego pomiaru, ma za mały prąd wyjściowy i za duży błąd w podanym zakresie (0,2  $\div$  2  $\Omega$ ), wobec czego nie nadaje się do takiego pomiaru.

### 5. Sprawdzenie spadku napięcia

Norma [4, 5] wyjaśnia, że kiedy wymaga się sprawdzenia warunku dopuszczalnego spadku napięcia według Rozdziału 525 normy [7], wtedy można go określić poprzez pomiar impedancji obwodu albo korzystając z „diagramu odpowiedniego do wyznaczenia wartości spadku napięcia” zamieszczonego w załączniku D (informacyjnym).

Otóż w braku właściwszych przesłanek Rozdział 525 normy [7] zaleca przyjmować największy dopuszczalny spadek napięcia od złącza instalacji do zacisków odbiorników jako równy 4%. Dla takiej sytuacji Załącznik D podaje „diagram” pozwalający sprawdzić, czy ta wartość nie jest przekroczona. Ten „diagram odpowiedni” zapewne dlatego tak się nazywa, że jest zupełnie nieodpowiedni, bo został sporządzony przy założeniu jednakowego przekroju przewodów od złącza do zacisków odbiornika. Okazuje się, że nie tylko w Polsce normalizatorzy związani z normą 60364 mają horyzonty myślowe ograniczone do instalacji we własnym mieszkaniu, ale normę tworzą dla wszelkich budynków, również wielkoprzemysłowych.

Wspomniana wartość dopuszczalnego spadku napięcia 4% jest zaokrągloną wartością sumy dwóch częściowych dopuszczalnych spadków napięcia przyjmowanych w Niemczech:

- 0,5% od złącza do urządzenia pomiaru rozliczeniowego, według TAB 2000 [12],
- 3% od urządzenia pomiaru rozliczeniowego do zacisków odbiorników, według DIN 18015-1 [11].

Niedawny, z marca 2009 roku, niemiecki komentarz [14] do tej procedury sprawdzania spadku napięcia dowodzi, że niewiele są warte podane w normie porady (61.3.11), aby spadek napięcia wyznaczać poprzez pomiar impedancji obwodu albo według wykresu podanego w załączniku D.

### 6. Kwalifikacje

Norma określa, że sprawdzania stanu instalacji – zarówno odbiorczego, jak i okresowego – powinny dokonywać osoby wykwalifikowane i kompetentne w zakresie sprawdzania (61.1.6, 62.1.6), spełniające wymagania właściwych krajowych przepisów. Aktualne polskie prawo dopuszcza przyznawanie tzw. świadectw kwalifikacyjnych D i E, dających określone uprawnienia do sprawdzania stanu instalacji, również osobom bez żadnego wykształcenia zawodowego. Stoi to w jaskrawej sprzeczności z postanowieniami normy i ze zdrowym rozsądkiem, bo nawet ignorantom pozwala przyznawać uprawnienia zbliżone do uprawnień rzeczoznawcy. Próby zmiany tego skandalicznego stanu prawnego napotykają opór tępych urzędników i sklerotycznych działaczy stowarzyszeniowych dbających o przychody z egzaminów, a nie o interes publiczny.

W dodatku komisje egzaminacyjne przy konkurencyjnych podmiotach prześcigają się w obniżaniu wymagań, aby przyciągnąć jak najwięcej zdających. To praktyki demoralizujące i w najwyższym stopniu szkodliwe, to demonstracja pogardy dla rzetelnych kompetencji i nieodpowiedzialna akceptacja zwiększonego ryzyka wypadków natury elektrycznej.

Niczego w Polsce nie potrzeba odkrywać, do nikąd prowadzą kolejne gładzenia w komisjach uprawnień zawodowych bądź komisjach szkoleniowych i ich pokręte elaboraty. Wystarczy prześledzić zasady prowadzenia kontroli stanu technicznego instalacji i uzyskiwania uprawnień do ich wykonywania w starych krajach Unii i skopiować je.

### 7. Wnioski

Nowelizacja arkuszy 41 oraz 6 normy PN-HD 60364 wprowadza wiele istotnych zmian w dotychczasowej praktyce projektowania oraz sprawdzania instalacji elektrycznych w obiektach budowlanych. Wprowadzono pewien ład w zasadach wymiarowania ochrony (największe dopuszczalne czasy samoczynnego wyłączenia zasilania) oraz sprawdzania stanu technicznego instalacji: wyeksponowanie oględzin, uproszczenie procedur pomiarowych i rezygnacja z nich w licznych sytuacjach. Upłynie sporo czasu do chwili, kiedy instalacje projektowane według nowych zasad doczekają się sprawdzania odbiorczego, a zwłaszcza sprawdzeń okresowych. Nie ma jednak żadnych żądnych przeszkód, aby nowe zasady i procedury wprowadzane przez arkusz 6 [4, 5] stosować przy sprawdzaniu również dawniej wykonanych instalacji, pamiętając – w uzasadnionych sytuacjach – o zasadzie ochrony zastanej (62.1.2, UWAGA 1). Kolejne większe zamieszanie może nastąpić, kiedy w Warszawie uda się przetłumaczyć na język niby-polski arkusze 41 i 54.

Tekst artykułu łącznie z załączoną erratą dowodzi, że polska wersja normy PN-HD 60364-6:2008 została przygotowana niechlujnie, jest wyrazem nieodpowiedzialności „autorów” i ich pogardy wobec użytkowników dokumentów normalizacyjnych. Przygotował ją 30-osobowy Komitet Techniczny nr 55 do spraw Instalacji Elektrycznych i Ochrony Odgromowej Obiektów Budowlanych, kierowany przez prof. dra hab. inż. Zdobysława Flisowskiego, *ex definitione* skupiający najwyższej klasy specjalistów w tej dziedzinie w Polsce. W skład komitetu wchodzi kilku profesorów oraz kilku doktorów. Wchodzi też kilku dawnych pracowników niesławnej pamięci COBR Elektromontaż, którzy po dziś dzień skwapliwie grają rolę zbiorowej Renaty Beger polskiej elektryki stosowanej.

Tenże Komitet Techniczny nr 55 podobnie spartaczył wiele norm, o czym szczegółowo pisałem, załączając wykazy rażących błędów. Na przykład w *INPE* nr 48 z roku 2002 [17] pisałem o poważnych błędach w normach PN-IEC 60364-5-54:1999 (Uziemia i przewody ochronne) oraz PN-IEC 60364-5-523:2001 (Obciążalność prądowa długotrwała przewodów). Te błędy nigdy nie zostały skorygowane, KT 55 nigdy się do nich nie przyznał. Jak widać, pobłażliwość ze strony kierownictwa PKN rozzuchwała. Być może prezesom PKN i Radzie Normalizacyjnej trudno pojąć, że profesor zwyczajny może być zwyczajnym partaczem. Zapewniam, że w Polsce to możliwe i nie jest to żaden ewenement. Dowody są na stole. Jeśli zajdzie potrzeba, to będą na stole sędziowskim.

Dość parodiowania normalizacji! Dość sabotażu intelektualnego i gospodarczego przy udziale prawdziwych albo rzekomych luminarzy nauki!

### 8. Literatura

1. PN-93/E-05009/61 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Sprawdzanie. Sprawdzanie odbiorcze.
2. PN-IEC 60364-6-61:2000 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Sprawdzanie. Sprawdzanie odbiorcze.
3. PN-HD 384.6.61 S2:2006 (U) Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Część 6-61: Sprawdzanie – Sprawdzanie odbiorcze.

4. PN-HD 60364-6:2007 (U) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 6: Sprawdzanie.
5. PN-HD 60364-6:2008 Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 6: Sprawdzanie.
6. PN-HD 60364-4-41:2007 (U) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa – Ochrona przeciwporażeniowa.
7. PN-IEC 60364-5-52:2002 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Oprzewodowanie.
8. PN-EN 60079-17:2008 (U) Atmosfery wybuchowe – Część 17: Kontrola i konserwacja instalacji elektrycznych.
9. PN-EN 61557-... :... 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. Norma wieloarkuszowa.
10. N SEP-E-001:2003 Sieci elektroenergetyczne niskiego napięcia. Ochrona przeciwporażeniowa.
11. DIN 18015-1:2007-09 Elektrische Anlagen in Wohngebäuden – Teil 1: Planungsgrundlagen.
12. Technische Anschlußbedingungen für den Anschluß an das Niederspannungsnetz. TAB 2000.
13. Baade W., Bonhagen S.: Prüfung elektrischer Anlagen nach DIN VDE 0100-600. Elektropraktiker, 2008, nr 9, s. 802-805.
14. Hörmann W.: Prüfung des Spannungsfalls. Elektropraktiker, 2009, nr 3, s. 193-196.
15. Musiał E., Czapp S.: Wyłączniki ochronne różnicowoprądowe. Niezawodność. Miesięcznik SEP *INPE*, 2008, nr 110-111, s. 3-40 ([www.edwardmusial.info/pliki/rcd\\_03.pdf](http://www.edwardmusial.info/pliki/rcd_03.pdf)).
16. Musiał E., Roskosz R.: Wyznaczanie prądu upływowego przez pomiar cząstkowych rezystancji izolacji w wielobiegowych obwodach instalacji. W: [Materiały Konferencyjne] XII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Bezpieczeństwo elektryczne”, Wrocław, 1999. Inst. Energoelekt. Polit. Wroc., SEPOddz. Wrocław, 1999, t. I, s. 415-423.
17. Musiał E.: Najwyższy czas zaprzestać parodiowania normalizacji. Miesięcznik SEP *INPE* „Informacje o normach i przepisach elektrycznych”, 2002, nr 48, s. 96-110.
18. Pisarek W.: Słownik języka niby-polskiego czyli błędy językowe w prasie. Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław, 1978.

## Errata do polskiej wersji tekstu normy

## PN-HD 60364-6:2008 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 6: Sprawdzanie

*Pogrubione obramowanie sygnalizuje poważniejsze błędy.*

Miejsce	Jest	Powinno być
1	2	3
s. 2, wiersz 17 od góry	informacja dotycząca pomiaru impedancji pętli zwarciowej <b>z zaciskami prądowymi</b> ;	informacja dotycząca pomiaru impedancji pętli zwarcia doziemnego <b>metodą cęgową</b> ;
s. 2 wiersz 19 od góry	załączenia dla <b>stosowanego ponownie</b> wyposażenia elektrycznego;	załączenia dla wyposażenia elektrycznego <b>z odzysku</b> ;
s. 5 wiersz 6-8 od góry	Sprawdzanie odbiorczę ma miejsce po wykonaniu nowej instalacji lub po zakończeniu uzupełnień lub zmian instalacji istniejących.	Sprawdzanie odbiorczę odbywa się po wykonaniu nowej instalacji oraz po <b>rozbudowie lub przebudowie</b> istniejącej instalacji.
s. 6 61.1.2	<b>61.1.2</b> Osobę dokonującą sprawdzania odbiorczego należy udostępnić <b>informacje o wymaganiach</b> 514.5 z Części 5-51 i innę...	<b>61.1.2</b> Osobę dokonującą sprawdzania odbiorczego należy udostępnić <b>informacje wymagane w 514.5</b> z Części 5-51 i innę...
s. 6, 61.2.2	zostało dobraną prawidłowo oraz <b>zainstalowane zgodnie z HD 60364...</b>	zostało prawidłowo <b>dobrane i zainstalowane zgodnie z HD 60364...</b>
s. 6 61.2.3 s. 21 C.61.2.3	b) występowanie przegród ogniowych...	b) obecność przegród <b>ognioodpornych...</b>
s. 7 61.2.3	d) dobór i nastawienie urządzeń zabezpieczających i <b>sygnalizacyjnych...</b>	d) dobór i nastawienie urządzeń zabezpieczających i <b>monitorujących...</b>
s. 7 61.2.3	j) oznaczenie obwodów, urządzeń zabezpieczających przed prądem przetężeńiowym...	j) oznaczenie obwodów, zabezpieczeń nadprądowych...
s. 7 61.2.3	l) występowanie i <b>ciągłość</b> przewodów ochronnych...	l) obecność i <b>poprawność połączeń</b> przewodów ochronnych...
s. 7 61.3.1, 1. akapit	... pod warunkiem że dadzą one <b>nie gorsze wyniki</b> .	... pod warunkiem że dadzą one <b>wyniki co najmniej równie miarodajne</b> .
s. 8, (ćd. 61.3.1) 1. akapit	... próbę tę i <b>próbę poprzedzającą</b> , jeżeli wykryte uszkodzenie może mieć wpływ na ich wynik, należy powtórzyć...	... próbę tę i <b>każdą próbę poprzedzającą</b> , na wynik której wykryte uszkodzenie mogło wpłynąć, należy powtórzyć...
s. 8 61.3.3 1. akapit	Ręzystancję izolacji należy zmierzyć pomiędzy przewodami czynnymi a przewodem ochronnym, przyłączonym do układu uziemiającego. Do tego pomiaru przewody czynne można połączyć razem.	Ręzystancję izolacji należy zmierzyć pomiędzy przewodami czynnymi a uziemionym przewodem ochronnym. Do tego pomiaru przewody czynne można zewrzeć.
s. 8 61.3.3 2. akapit	Ręzystancja izolacji mierzona przy napięciu pomiarowym o wartościach podanych w Tabeli 6A jest zadowalająca, jeżeli jej wartość dla każdego obwodu <b>z odłączonym osprzętem</b> jest nie mniejsza niż odpowiednia wartość podana w Tabeli 6A.	Ręzystancja izolacji jest zadowalająca, jeżeli jej wartość, mierzona przy napięciu pomiarowym według Tabeli 6A w każdym obwodzie <b>z odłączonymi odbiornikami</b> , jest nie mniejsza niż odpowiednia wartość podana w Tabeli 6A.

1	2	3
s. 8 61.3.3 4. akapit	Jeżeli istnieją prawdopodobieństwo, że ograniczniki prądu (SPD) lub inne urządzenia mogą mieć wpływ na próbę sprawdzającą lub mogą się uszkodzić, takie urządzenia należy odłączyć przed wykonaniem pomiaru rezystancji izolacji.	Jeżeli ograniczniki prądu (SPD) lub inne urządzenia <b>mogą wpływać na wynik pomiaru albo ulec uszkodzeniu</b> , to przed pomiarem rezystancji izolacji należy je odłączyć.
s. 9 61.3.4 2. akapit	Wartość rezystancji uzyskana wg 61.3.4.1, 61.3.4.2 i 61.3.4.3 powinna być co najmniej taka, <b>jak w Tabelcy 6A dla obwodu o najwyższym napięciu.</b>	Wartość rezystancji wskazana wg 61.3.4.1, 61.3.4.2 i 61.3.4.3 powinna być co najmniej taka, <b>jak w Tabelcy 6A dla obwodu o najwyższym z występujących napięć.</b>
s. 9 61.3.4.3 2. akapit	W przypadku separacji elektrycznej <b>z odbiornikami zainstalowanymi w więcej niż jednym obwodzie</b> sprawdzenie powinno być wykonane za pomocą pomiarów lub metodą obliczeniową dla przypadku dwóch przypadkowych uszkodzeń o pomijalnej impedancji między różnymi przewodami czynnymi, a także między przewodem ochronnym połączeń wyrównawczych lub częściami przewodzącymi dostępnymi przyłączonymi do niego; co najmniej jeden z uszkodzonych obwodów powinien być odłączony.	Jeżeli separacja elektryczna obejmuje <b>więcej niż jeden odbiornik</b> , to za pomocą pomiaru lub obliczeń należy sprawdzić, czy w przypadku dwóch jednoczesnych zwarć o pomijalnej impedancji różnych przewodów czynnych z przewodem wyrównawczym albo połączoną z nim częścią przewodzącą dostępną, co najmniej jeden z obwodów dotkniętych zwarciem zostanie wyłączony.
s. 9 61.3.6 UWAGA	Jeżeli <b>do ochrony przeciwpożarowej są stosowane również urządzenia RCD</b> , sprawdzanie warunków ochrony za pomocą samoczynnego wyłączania zasilania może być rozważane w aspekcie postanowień Części 4-42.	Jeżeli <b>urządzenia RCD są stosowane również do ochrony przed pożarem</b> , to sprawdzanie warunków ochrony za pomocą samoczynnego wyłączania zasilania można uważać za sprawdzanie postanowień Części 4-42.
s. 10 TN, pkt 2)	2) sprawdzenie <b>charakterystyk</b> i/lub	2) sprawdzenie <b>danych znamionowych</b> i/lub
s. 10 TN, pkt 2) s. 11 TT, pkt 2)	ponownie użytych urządzeń RCD; rozbudowy lub zmiany istniejącej instalacji, w której istniejące urządzenia RCD mają być użyte również do wyłączania obwodów w tej rozbudowanej lub zmienionej instalacji.	urządzeń RCD z odzysku; rozbudowy lub przebudowy instalacji, jeżeli istniejące urządzenia RCD mają służyć również do wyłączania obwodów, których dotyczy rozbudowa lub przebudowa.
s. 10 TT, pkt 1)	UWAGA Jeżeli pomiar rezystancji $R_A$ jest niemożliwy, to można go zastąpić, wykonując pomiar impedancji pętli zwarciowej jak w a)1).	UWAGA Jeżeli pomiar rezystancji $R_A$ jest niemożliwy, to <b>można go zastąpić pomiarem</b> impedancji pętli zwarciowej jak w a)1).
s. 11 IT	UWAGA 1 Pomiar jest wykonywany tylko wówczas, gdy przeprowadzenie obliczeń jest niemożliwe <b>z powodu braku wszystkich parametrów</b> . Podczas wykonywania pomiaru należy zachować ostrożność, aby uniknąć niebezpieczeństwa podwójnego doziemienia. <b>Wystarczy, że brakuje jednego parametru!</b>	UWAGA 1 Pomiar jest wykonywany tylko wówczas, gdy przeprowadzenie obliczeń jest niemożliwe, bo <b>nie są znane wszystkie parametry</b> . Podczas wykonywania pomiaru należy zachować ostrożność, aby uniknąć zagrożenia w wyniku podwójnego doziemienia. <b>nie są znane wszystkie parametry bra kuje wszystkich parametrów</b>
s. 11 61.3.6.3 3. akapit	Jeżeli wymagania niniejszego podpunktu <b>są niewystarczające...</b>	Jeżeli wymagania niniejszego podpunktu <b>nie są spełnione...</b>



1	2	3
s. 12 61.3.3.7 UWAGA	Jęzeli urządzenie RCD jest przewidziane do ochrony przy uszkodzeniu i do ochrony uzupełniającej, to wystarczająca jest próba według odpowiednich wymagań Części 4-41, dotyczących <b>ochrony przeciwzwarciowej. Chodzi o ochronę przeciwporażeniową!</b>	Jęzeli urządzenie RCD jest użyte do ochrony przy uszkodzeniu i do ochrony uzupełniającej, to wystarczająca jest próba według odpowiednich wymagań Części 4-41, dotyczących <b>ochrony przy uszkodzeniu.</b>
s. 13 61.4.4	W protokół należy podać osobę lub osoby odpowiedzialne za bezpieczeństwo, budowę i sprawdzenie instalacji, uwzględniając indywidualną odpowiedzialność tych osób w stosunku do osoby zlecającej pracę, razem z zapisami wymienionymi w 61.4.3.	Osoba lub osoby odpowiedzialne za bezpieczeństwo, budowę i sprawdzenie instalacji powinny przedstawić inżynierowi, wraz z protokołami wymienionymi w 61.4.3, protokół określający zakres odpowiedzialności każdej z nich.
s. 14 62.2.1	<b>obiekty komunalne;</b>	<b>obiekty gromadzące publiczność;</b> W tęskście francuskim normy jest: <b>établissements recevant du public</b>
s. 15 A.2 3. akapit	Pomiar impedancji należy wykonać, dla pewności, <b>co najmniej w trzech wybranych losowo miejscach, uznanych za konieczne.</b>	Aby wyniki były wiarygodne, pomiar impedancji należy wykonać <b>w tak licznych miejscach wybranych losowo, jak to się wydaje konieczne, jednak co najmniej w trzech.</b>
s. 16 A.3 1. akapit	Elektroda jest metalowym statywem trójnożnym, którego elementy, spoczywające na podłodze, tworzą wierzchołki trójkąta równobocznego. Każdy z podtrzymujących punktów jest wyposażony w elastyczną podstawę zapewniającą, po obciążeniu, dokładny styk z <b>badaną powierzchnią o powierzchni około 900 mm<sup>2</sup></b> , przedstawiającym rezystancję mniejszą niż 5000 : .	Elektroda jest metalowym trójnożem, którego wsporniki, stykające się z podłogą, tworzą trójkąt równoboczny. Każdy wspornik ma elastyczną podszewkę, która po obciążeniu zapewnia z <b>badaną powierzchnią dobrą styczność o powierzchni około 900 mm<sup>2</sup></b> i wprowadza rezystancję mniejszą niż 5000 : .
s. 18 B.1 1. akapit	Następująca procedura, podana jako przykład, może być zastosowana przy pomiarze rezystancji uziomu (patrz Rysunek B.1).	Kiedy wymaga się pomiaru rezystancji uziemienia, można na przykład postąpić następująco (patrz Rysunek B.1).
s. 18 rys. B.1	Obszary pomiaru rezystancji (nieoddziaływujące na siebie) T <sub>1</sub> : uziom pomościowy T <sub>2</sub> : drugi uziom pomościowy	Obszary leja potencjału uziomów (nieoddziaływujące na siebie) T <sub>1</sub> : uziom pomościowy prądowy T <sub>2</sub> : uziom pomościowy napięciowy
s. 20 B.3 Tytuł rozdziału oraz Podpis rysunku B.3	<b>Pomiar rezystancji pętli uziemienia z użyciem zacisków prądowych</b>	<b>Pomiar rezystancji pętli zwarcia doziemnego metodą cęgową</b>
s. 20 B.3 2. akapit	Pierwszy <b>zacisk wprowadza napięcie</b> pomiarowe $U$ do pętli, drugi <b>zacisk mierzy prąd <math>I</math></b> w pętli....	Pierwszą <b>cegi indukują w pętli napięcie</b> pomiarowe $U$ , drugie <b>cegi mierzą prąd <math>I</math></b> w pętli....
s. 20 B.3 4. akapit	<b>Każdy zacisk może być indywidualnie przyłączony do miernika lub zespolony w jeden specjalny zacisk.</b>	<b>Każde z cęgów mogą być osobno połączone z miernikiem albo mogą być wykonane jako cęgi zespolone.</b>
s. 20 B.3 6. akapit	W układach TT, w których <b>dostępne jest tylko nieznanne połączenie z ziemią</b> , pętla podczas pomiaru może być zamknięta krótkotrwałym połączeniem między uziomem a przewodem neutralnym (układ quasi TN).	W układzie TT, w którym <b>jest dostęp tylko do uziemienia objętego pomiarem</b> , pętlę można zamknąć łącząc krótkotrwałę, na czas pomiaru, to uziemienie z przewodem neutralnym (układ quasi TN).

1	2	3
s. 20 B.3 7. akapit	W celu uniknięcia ewentualnego ryzyka spowodowanego prądami powstałymi na skutek różnicy potencjałów między przewodem neutralnym a ziemią, układ powinien być wyłączony podczas przyłączania i odłączania zacisków.	Aby uniknąć ryzyka wynikłego z różnicy potencjałów między przewodem neutralnym a ziemią, wspomnianą wyżej połączenie złącza się wykonywać i rozłączać po wyłączeniu zasilania instalacji.
s. 21 C.61.2.3 b)	<b>Instalację uszczelnień</b> sprawdza się...	<b>Uzyskaną szczelność</b> sprawdza się...
s. 21 C.61.2.3 b)	Ochrona przed prądem przetężeniowym układów oprzewodowania jest...	Zabezpieczenia nadprądowe przewodów są...
s. 21 C.61.2.3 b)	ochrona przed prądem przetężeniowym	zabezpieczenia nadprądowe
s. 21 C.61.2.3 e) i d)	Dobór przewodów, uwzględniający ich materiał, sposób zainstalowania i przekrój, montaż przewodów...	Dobór przewodów, uwzględniający ich budowę, materiał i przekrój oraz sposób układania...
s. 21 C.61.2.3 i)	Istnienie schematów, napisów ostrzegawczych lub innych podobnych informacji Schemat określony w 514.5 Części 5-51 jest szczególnie niezbędny, <b>gdy instalacja zawiera kilka rozdzielnic tablicowych.</b>	Obecność schematów, napisów ostrzegawczych i podobnych informacji Schemat określony w 514.5 Części 5-51 jest szczególnie niezbędny, <b>jeśli instalacja zawiera kilka rozdzielnic.</b>
s. 22 C.61.3.2	Próba ta jest wymagana do sprawdzenia warunków zabezpieczenia za pomocą samoczynnego wyłączenia zasilania (patrz 61.3.6) i jest uznana za miarodajną, jeżeli przyrząd pomiarowy użyty do tej próby ma odpowiednią wskazania.	Próba ta jest wymagana do sprawdzenia warunków ochrony za pomocą samoczynnego wyłączenia zasilania (patrz 61.3.6), a jej wynik jest zadowalający, jeżeli wskazania użytego miernika są właściwe.
s. 22 C.61.3.4.3	Gdy instalacja zawiera zarówno obwody separowane, jak i inne obwody, to wymagana izolacja jest uzyskiwana przez skonstruowanie urządzenia, zgodnie z wymaganiami stosownych norm.	Jeżeli <b>urządzenie</b> zawiera zarówno obwód separowany, jak i inne obwody, to wymagana izolację zapewnia się przez konstrukcję urządzenia zgodną z wymaganiami bezpieczeństwa stosownych norm.
s. 22 C.61.3.6.1	Zgodnie z HD 60364-4-41:2007, przy sprawdzaniu zgodności z maksymalnymi czasami wyłączenia, do próby powinien być stosowany prąd różnicowy o wartości $5I_n$ .	Zgodnie z HD 60364-4-41:2007, największy dopuszczalny czas wyłączenia złącza się sprawdzać przy prądzie różnicowym o wartości $5I_n$ .
s. 22 C.61.3.6.2	Jeżeli pomiary są wykonywane w temperaturze pokojowej, przy małych prądach, to postępowanie opisaną dalej może być stosowane, ponieważ uwzględnia zwiększenie rezystancji przewodów ze wzrostem temperatury na skutek zwarcia, aby potwierdzić w przypadku układu TN zgodność zmierzonej wartości impedancji pętli zwarciorowej z wymaganiami 411.4 w Części 41.	Kiedy pomiary wykonuje się w temperaturze pokojowej małym prądem, można postąpić następująco, aby uwzględnić zwiększenie rezystancji przewodów wskutek wzrostu ich temperatury przy zwarciu, w celu sprawdzenia dla układu TN zgodności zmierzonej wartości impedancji pętli zwarciorowej z wymaganiami 411.4 w Części 41.
s. 23 objaśnienia pod wzorem	$Z_s(m)$ jest zmierzona wartością impedancji pętli zwarciorowej, <b>rozpoczynającej się i kończącej w miejscu zwarcia</b> , w ( : ); $U_o$ jest napięciem przewodu fazowego względem uziemionego punktu neutralnego, w (V);	$Z_s(m)$ jest zmierzona wartością impedancji pętli zwarciorowej <b>przy zwarciu w rozpatrywanym miejscu</b> , w ( : ); $U_o$ jest napięciem przewodu fazowego względem uziemionego przewodu neutralnego, w (V);

1	2	3
s. 23	a) w pierwszej kolejności mierzy się, przy złączu instalacji, impedancję pętli zwarciowej $Z_{\Sigma}$ , obejmującej przewód fazowy i uziemiony punkt neutralny;	a) najpierw mierzy się impedancję pętli zwarciowej $Z_{\Sigma}$ przy złączu instalacji;
s. 23	d) wartości rezystancji zmierzonych według a), b) i c) zwiększyć na podstawie wzrostu temperatury, uwzględniając przy tym, w przypadku prądów zwarciowych, <b>energię przepuszczoną przez urządzenie zabezpieczające</b> ;	d) wartości rezystancji zmierzonych według a), b) i c) zwiększa się stosownie do przyrostu temperatury, przyjmując za podstawę w przypadku zwarcia <b>całkę Joule'a</b> wyłączenia urządzenia zabezpieczającego;
s. 23	e) tę zwiększoną wartości rezystancji są na koniec dodawanę do wartości impedancji pętli zwarciowej $Z_{\Sigma}$ , obejmującej przewód zasilający fazowy i uziemiony punkt neutralny, tak aby otrzymać realną wartość $Z_{\Sigma}$ w warunkach zwarcia.	e) tę zwiększoną wartości rezystancji według d) dodaje się odpowiednio do impedancji pętli zwarciowej $Z_{\Sigma}$ , otrzymując wartości $Z_{\Sigma}$ w rzeczywistych warunkach zwarcia.
s. 24 Napisy nad wykresem	przewody miedziane w izolacji PVC <b>podzielić na 2</b> <b>podzielić na 1,6</b>	przewody miedziane o izolacji PVC <b>podzielić przez 2</b> <b>podzielić przez 1,6</b>
s. 25 Tytuł załącznika E	Załączenia dotyczące wyposażenia elektrycznego, które ponownie zastosowano w instalacjach elektrycznych	Załączenia dotyczące użycia w nowej instalacji wyposażenia elektrycznego z odzysku
s. 25 2. akapit	W części sprawdzania instalacji powinny być dostępne dokumenty dotyczące ponownie zastosowanego wyposażenia, zawierające co najmniej informację na temat:	Do sprawdzania wyposażenia z odzysku zaleca się przygotować dokumenty zawierające co najmniej następującą informację:
s. 26 Tytuł załącznika F	Opis instalacji przeznaczonej do sprawdzenia	Opis sprawdzanej instalacji
s. 26	Modyfikacja	Modernizacja
s. 26	Identyfikacja użytych przyrządów:	Wykaz użytych przyrządów:
s. 27, górna tablica		<b>Tablica na końcu erraty</b>
s. 28 górna tablica 5-krotnie	<b>sprawdzone połączenie</b>	<b>połączenie sprawdzono</b>
s. 28 dolna tablica	<b>Urządzenia izolacyjne i ochronne...</b>	<b>Łączniki izolacyjne i zabezpieczenia...</b>
s. 30 G.2	Przykłady tematów,... <b>Postanowienia ogólne</b>	Przykłady zagadnień,... <b>Ocena ogólna</b>
s. 30 wiersz 4 od góry	Obwody, które powinny być <b>separowane</b> (brak wzajemnego połączenia <b>punktów neutralnych</b> obwodów).	<b>Oddzielenie obwodów</b> (brak połączenia między <b>przewodami neutralnymi</b> różnych obwodów).
s. 30 wiersz 5/6 od góry	Obwody, które powinny być <b>rozpoznane</b> (przewody neutralny i ochronny w <b>takię samej kolejności</b> jak przewody fazowe)	<b>Identyfikacja obwodów (przewody neutralne i ochronne ułożone razem z właściwymi przewodami fazowymi)</b>
s. 30 wiersz 7 od góry	Czasy wyłączenia, <b>możliwe do spełnienia</b> przez zainstalowaną urządzenia ochronną.	<b>Dotrzymanie wymaganych czasów</b> wyłączenia przez zainstalowaną zabezpieczenia.

1	2	3
s. 30 wiersz 9 od góry	Wystarczająca liczba <b>przewidzianych</b> gniazd wtyczkowych.	Wystarczająca liczba <b>zainstalowanych</b> gniazd wtyczkowych.
s. 30 wiersz 12 od góry	Główne odłączniki do wyłączenia wszystkich przewodów czynnych, jeżeli ma to zastosowanie	<b>Obecność, jeśli wymagana, rozłącznika izolacyjnego odłączającego wszystkie przewody czynne</b>
s. 30 wiersz 16 od góry	Wszystkie połączenia <b>bezpieczne</b>	<b>Poprawnie wykonane</b> połączenia (przewodów)
s. 30 wiersz 17 od góry	<b>Cała instalacja uziemiona</b> zgodnie z normami krajowymi	<b>W całej instalacji uziemienia wykonane</b> zgodnie z normami krajowymi
s. 30 wiersz 9 od dołu	Przewody <b>inne niż giętkie i przewody sznurowe</b>	Przewody <b>inne niż giętkie</b>
s. 30 wiersz 7 od dołu	Prawidłowy prąd znamionowy	Wystarczająca obciążalność prądowa
s. 30 wiersz 6 od dołu	<b>Przewody nieosłonięte</b> chronione obudową rury instalacyjnej, kanału kablowego lub listwy	<b>Przewody bez powłoki</b> są chronione rurą instalacyjną albo listwą zamkniętą bądź otwieraną
s. 30 wiersz 5/4 od dołu	<b>Przewody osłonięte</b> prowadzone w dozwolonych strzębach lub mającą dodatkową ochronę mechaniczną	Przewody <b>kabelkowe i kable</b> są ułożone w dozwolonych miejscach albo mają dodatkową ochronę od uszkodzeń mechanicznych
s. 30 wiersz 3 od dołu	Odpowiedni typ, jeżeli są narażone na bezpośrednie działanie światła słonecznego	Przewody narażone na bezpośrednie nasłonecznienie są odpowiedniego typu
s. 30 wiersz 2 od dołu	Prawidłowo dobraną i zainstalowaną do użytkowania, np. wbudowaną	<b>Przewody układane w ziemi</b> są poprawnie dobraną i ułożone
s. 30 wiersz 1 od dołu	Prawidłowo dobraną i zainstalowaną do użytkowania na ścianach zewnętrznych	<b>Przewody układane na ścianach zewnętrznych</b> są poprawnie dobraną i ułożone
s. 31 wiersz 1 od góry	<b>Wewnętrzne promienie gięcia</b> zgodne z odpowiednimi normami.	<b>Promienie gięcia</b> przewodów zgodne z właściwą normą.
s. 31 w. 5 od góry	<b>Oslony zacisków</b>	<b>Zaciski umieszczone w osłonach</b>
s. 31 wiersz 6 od góry	Instalacja pozwalająca na łatwą wymianę w przypadku uszkodzenia przewodów	Możliwość łatwej wymiany uszkodzonych przewodów
s. 31 wiersz 7 od góry	Instalacja przewodów taka, aby uniknąć nadmiernych naprężeń przewodów i zakończeń	Sposób ułożenia zapobiegający nadmiernym <b>naprężeniom w przewodach i zaciskach</b>
s. 31 wiersz 9/10 od góry	Jedna rura instalacyjna do przewodów tego samego obwodu...	W jednej rurze przewody tylko jednego obwodu...
s. 31 w. 11/12 od góry	Połączenie przewodów (rozmiar zacisków przystosowany do przekroju przewodów); powinien być zagwarantowany wystarczający docisk stykowy	Połączenia przewodów (rozmiar zacisków dostosowany do przekroju przewodów) gwarantując wystarczający docisk stykowy
s. 31 wiersz 17 od góry	Dobraną pod względem odporności na uszkodzenie spowodowane nagrzewaniem	Przewody odpowiedni pod względem ciepłoodporności
s. 31 wiersz 19 od góry	Połączenia, które mają być wykonane z użyciem <b>złączek do przewodów</b>	Stan połączeń wykonanych z użyciem <b>złączy wtykowych</b> (gniazdo wtyczka)

1	2	3
s. 31 w. 20/21 od góry	<b>Połączenia krańcowe z innymi odbiornikami prądu</b> , właściwie zabezpieczone lub rozmieszczone tak, <b>aby zapobiec naprężeniom przewodów</b>	<b>Przyłączenia końcówek przewodów w odbiornikach</b> są zabezpieczone albo rozmieszczone <b>w sposób zapobiegający naprężeniom w zaciskach</b>
s. 31 wiersz 22 od góry	<b>Zawieszono masy nie przekraczają prawidłowych wartości</b>	<b>Obciążenia zwieszaków nie są nadmierne</b>
s. 31 wiersz 17 od dołu	Przewody ochronne doprowadzone do każdego punktu i osprzętu	Przewody ochronne są doprowadzone <b>do każdego miejsca przyłączenia</b>
s. 31 wiersz 14 od dołu	Isolacja, osłony i zakończenia oznaczane kombinacją barw zielonej i żółtej	Isolacja, <b>koszulki i zaciski</b> są oznaczone kombinacją barw zielonej i żółtej
s. 31 wiersz 12 od dołu	Prawidłowy <b>rozmiar</b> głównych i dodatkowych <b>przewodów</b> wyrównawczych	Prawidłowy <b>przekrój przewodów</b> połączeń wyrównawczych głównych i dodatkowych
s. 31 wiersz 9 od dołu	Widoczną wskazaniu...	Widoczne oznaczenia...
s. 31 wiersz 6/5 od dołu s. 34 wiersz 2/3 od góry	Brak ostrych krawędzi na otworach do wprowadzenia przewodów, łbów wkrętów itd., które mogłyby powodować uszkodzenia przewodów	Otwory do wprowadzenia przewodów ani łby wkrętów nie mają ostrych krawędzi, które mogłyby uszkadzać przewody
s. 31 wiersz 4 od dołu	Nieosłonięte przewody i żyły przewodów, z których usunieto osłonę, nie wystają poza obudowę	<b>Poza obudowami nie ma przewodów bez powłoki ani żył o jednej warstwie izolacji</b> <b>To nie to samo!</b>
s. 31 wiersz 1 od dołu	Gołe przewody ochronne z <b>nasadką</b> o barwie na przemian zielonej/żółtej <b>Nasadka znaczy zupełnie co innego</b> <b>(patrz IEV 442-07-02)</b>	<b>Koszulki</b> zielono-żółte u końców gołych przewodów ochronnych
s. 32 wiersz 1 od góry	<b>Zaciski docisnięte i obejmujące wszystkie żyły przewodów</b>	<b>Wszystkie druty żyły wielodrutowej są zacisnięte w końcówce</b>
s. 32 wiersz 2/3 od góry	Zacisk przewodu sznurowego zastosowany prawidłowo lub uchwyty dopasowane do przewodów w taki sposób, aby chroniły zaciski przed naprężeniem <b>Co by to mogło znaczyć???</b>	Prawidłowa <b>odciążka lub opaska zaciskowa</b> na przewodzie, aby zapobiec przenieszeniu naprężeń na zaciski
s. 32 wiersz 14 od góry	<b>Element złącza</b>	<b>Złącze wtykowe</b>
s. 32 wiersz 15 od góry	Umieszczony poza zasięgiem osoby korzystającej z <b>łazienki</b> lub prysznića	Umieszczone poza zasięgiem ręki osoby korzystającej z <b>wanny</b> lub natrysku
s. 32 wiersz 15 od dołu	Prawidłowy <b>kod barwny lub oznakowanie</b> przewodów <b>Kod barwny jest rodzajem oznakowania!</b>	Przewody mają poprawne <b>oznaczenia barwne lub napisy</b>
s. 32 wiersz 13 od dołu	... osoby korzystającej z łazienki lub prysznića	... osoby korzystającej z <b>wanny</b> lub natrysku
s. 32 wiersz 3 od dołu	<b>Puszki odpowiednie do wciągania przewodów</b>	<b>Właściwe rozmieszczenie i rodzaj puszek do wciągania przewodów</b>
s. 33 wiersz 3 od góry	Przewody fazowe i neutralny osłonięte tą samą rurą instalacyjną	Przewody fazowe i neutralny w tej samej rurze

1	2	3
s. 33 wiersz 7 od góry	Odpowiednio <b>podtrzymywana i zakończona</b>	Odpowiednio <b>umocowana i łączona</b>
s. 33 wiersz od góry	Rezerwa na wydłużanie i kurczenie	Zapewniona <b>kompensacja dylatacji cieplnych</b>
s. 33 w. 10/11 od góry	Puszki i <b>osprzęt</b> mocujący <b>dostosowany do masy</b> zawieszonej oprawy oświetleniowej <b>w spodziewanej temperaturze</b>	Puszki i <b>uchwyty dostosowane do masy</b> zawieszonej oprawy oświetleniowej <b>i spodziewanej temperatury</b>
s. 33 wiersz 19 od góry	Moćowanie przewodów w ciągach pionowych	W ciągach pionowych przewody są umocowane
s. 33 wiersz 19 od dołu	Przewody fazowe i neutralną osłoniętą tą samą listwą metalową	Przewody fazowe i <b>neutralny jednego obwodu</b> w tej samej listwie metalowej
s. 33 wiersz 16 od dołu	Pewne połączenia mechaniczne i odpowiednia ciągliwość z dopasowanymi powiązaniemii <b>???</b>	<b>Użyte złączki zapewniają należyłą wytrzymałość mechaniczną i ciągliwość elektryczną</b>
s. 33 w. 11/10 od dołu	Nieprzewodzącą pokrycia aparatury rozdzielczej usuniętą w miejscach przyłączenia przewodu ochronnego i, jeżeli konieczne, dobrze zabezpieczoną po przyłączeniu	Nieprzewodzącą odejmowalną pokrywkę zacisków ochronnych, jeśli konieczne, założoną po przyłączeniu
s. 33 wiersz 8/7 od dołu	Uwzględnienie możliwych do wystąpienia warunków, np. właściwych dla przewidywanego środowiska	Właściwie dobraną do warunków środowiska pracy
s. 33 wiersz 5 od dołu	Odpowiednie, jako środki do izolowania, jeżeli mają zastosowanie	W wymaganych miejscach zainstalowano <b>łącniki izolacyjne</b>
s. 33 wiersz 4 od dołu	Niedostępne dla osoby korzystającej prawidłowo z łazienki lub prysznica	Niedostępne dla osoby korzystającej prawidłowo z <b>wanny</b> lub natrysku
s. 34 wiersz 5 od góry	Odpowiedni dostęp i odpowiednia przestrzeń do pracy	Należyta dostępność i przestrzeń obsługiwa
s. 34 wiersz 6/7 od góry	Obudowy odpowiednio do ochrony mechanicznej i, tam gdzie mają zastosowanie, do ochrony przed ogniem	Obudowa właściwa do ochrony od uszkodzeń mechanicznych i, jeśli to wymagane, od ognia
s. 34 wiersz 10 od góry	Dobór i nastawienie zabezpieczeń (przetyżeniowych)	Zabezpieczenia nadprądowe poprawnie dobrane i nastawione
s. 34 wiersz 11 od góry	Zabezpieczenia przypisanę indywidualnie do każdego obwodu	Każdy obwód ma osobne zabezpieczenie
s. 34 wiersz 12 od góry	... w rozdzielni tablicowej	... w rozdzielni
s. 34 wiersz 15 od góry	Prawidłowo zakończoną lub umieszczoną wę właściwym osprzęcie	Prawidłowo przyłączoną z użyciem właściwego osprzętu
s. 34 wiersz 22 od góry	Prawidłowo zlokalizowaną	Prawidłowo rozmięszczone
s. 34 wiersz 16 od dołu	Widoczny znak zgodności z właściwą normą wyrobu, jeżeli jest wymagany w tej normie	Widoczny znak zgodności z właściwą normą wyrobu
s. 34 wiersz 15 od dołu	Izolacja klasy ochronności 2 lub przyłączony przewód ochronny	Klasa ochronności II lub przyłączony przewód ochronny

s. 27, górna tablica

Poprawna wersja tablicy

Informacje o zasilaniu i uzmięczeniu		Zaznaczyć pole i ew. wpisać dane	
Liczba i rodzaj przewodów czynnych		Dane sieci zasilającej w miejscu przyłączenia	Zabezpieczenie w miejscu przyłączenia
Uziom dostawcy energii <input type="checkbox"/> odbiorcy <input type="checkbox"/>			
Układ sieci	AC <input type="checkbox"/> DC <input type="checkbox"/> 1-fazowy, 2-przewodowy (LN) <input type="checkbox"/> 2-biegun. <input type="checkbox"/> 1-fazowy, 3-przewodowy (LLM) <input type="checkbox"/> 3-biegun. <input type="checkbox"/> 2-fazowy, 3-przewodowy (LLN) <input type="checkbox"/> inny <input type="checkbox"/> 3-fazowy, 3-przewodowy (LLL) <input type="checkbox"/> inny <input type="checkbox"/> 3-fazowy, 4-przewodowy (LLLLN) <input type="checkbox"/> inny <input type="checkbox"/>	Napięcie znamionowe, $U/U_0^{(1)}$ , .....V Częstotliwość znamionowa, $f^{(1)}$ , ..... Hz Największy spodziewany prąd zwarciaowy, $I_{sc}^{(2)}$ , .....kA Impedancja pętli zwarciaowej (L-PE), $Z_e^{(2)}$ , .....Ω	Typ: ..... ..... Prąd znamionowy: .....A
Inne źródła zasilania <input type="checkbox"/> (szczegóły w załączeniu)		Uwagi: (1) zapytać dostawcę (2) zapytać, zmierzyć lub obliczyć	Czulość RCD, jeśli zastosowano: .....mA

**Dane źródłowe:**

Musiał E.: *Sprawdzanie instalacji elektrycznych niskiego napięcia. Przegląd treści oraz błędów tłumaczenia normy PN-HD 60364-6:2008*. Miesięcznik *INPE*, 2009 r. nr 118-119, s. 24-54.

### KONTROLA STANU TECHNICZNEGO URZĄDZEŃ OCHRONY ODGROMOWEJ I PRZECIWPRIĘCIOWEJ

*W artykule przedstawiono zasady kontroli stanu technicznego urządzeń ochrony odgromowej i ochrony przeciwprzebieciowej, zarówno badań odbiorczych, jak i badań okresowych. Nowa Norma Europejska PN-EN 62305-3:2006 (U) wprowadza w tym zakresie postanowienia surowsze i bardziej szczegółowe niż dotychczasowe uregulowania. Porównano dawniejsze i aktualne wymagania odnośnie do częstości kontroli okresowej. Zwrócono uwagę na typowe błędy spotykane podczas badań okresowych, wynikające z zużycia elementów oraz niefachowych ingerencji w trakcie eksploatacji. Podkreślono, że w ostatnich latach nastąpiła zasadnicza zmiana podejścia do projektowania ochrony odgromowej, w tym do pojmowania roli rezystancji uziemienia urządzenia piorunochronnego i roli zacisków probierczych. Ma to duże znaczenie dla osób przeprowadzających kontrolę, zwłaszcza badania odbiorcze, bo powinny się one zaczynać od sprawdzenia prawidłowości podstawowych rozwiązań projektowych. Coraz powszechniej występują obiekty, np. budynki wysokościowe, elektrownie wiatrowe, instalacje fotowoltaiczne, w przypadku których kontrola stanu technicznego urządzeń ochrony odgromowej i przeciwprzebieciowej wymaga zaawansowanego przygotowania zawodowego.*

#### 1. Wstęp

Jeżeli w określonym obiekcie budowlanym występują urządzenia ochrony odgromowej (zewnętrznej i wewnętrznej) i/lub urządzenia ochrony przeciwprzebieciowej od przepięć pochodzenia pozapiorunowego, to podlegają one kontroli stanu technicznego na ogólnych zasadach. Co więcej, elektryk dokonujący kontroli stanu technicznego ogółu instalacji i urządzeń elektrycznych obiektu, ma prawo i obowiązek zwrócić uwagę na ewentualny brak urządzeń ochrony odgromowej i/lub ochrony przeciwprzebieciowej, jeśli okoliczności wskazują na ich nieodporność. Anormalna jest sytuacja, kiedy zarządca obiektu ma aktualne i na pozór kompletne protokoły kontroli stanu technicznego urządzeń elektrycznych, nie wykazujące żadnych istotnych usterek i nie zawierające żadnej wzmianki o ochronie odgromowej, bo jej nie ma, chociaż być powinna. W razie wystąpienia szkód piorunowych i/lub ofiar wśród ludzi, zarządca obiektu wyjaśni przed sądem, że nie jest elektrykiem, nie zna się na rzeczy i ufał elektrykowi dokonującemu kontroli i przedstawiającemu wykaz usterek, które skrupulatnie usuwano. Nie przyzna, że należał, aby elektryk nie wspominał o piorunochronach, jeśli nawet tak było. Sąd uzna winę elektryka. Za kompetencjami, dyplomami i uprawnieniami idą nie tylko korzyści majątkowe, ale i większe ryzyko zawodowe, większa odpowiedzialność.

Urządzenia ochrony odgromowej zapobiegają **szkodom materialnym**, uszkodzeniu bądź zniszczeniu mienia, wskutek efektów cieplnych (pożary budowli, pożary oraz eksplozje aparatów i urządzeń elektrycznych), wskutek narażeń napięciowych przenoszonych galwanicznie (przebiecia izolacji, uszkodzenia od łuku elektrycznego) oraz narażeń prądowych i napięciowych generowanych przez piorunowy impuls elektromagnetyczny (LEMP). Mają też na celu **bezpieczeństwo ludzi i zwierząt**, ochronę ich życia i zdrowia. Istotom żywym zagrażają bezpośrednio porażenia prądem udarowym i oparzenia łukiem elektrycznym, a pośrednio – skutki pożaru lub wybuchu wywołanego przez wyładowanie piorunowe.

Wymagania stawiane ochronie odgromowej i przeciwprzebieciowej oraz stosowane rozwiązania techniczne opierają się na **analizie ryzyka**, wchodzą w zakres problematyki zarządzania ryzykiem: czy warto inwestować w ochronę, aby zapobiec szkodom o określonym prawdo-



podobieństwie wystąpienia, czy warto się ubezpieczyć od tych szkód na warunkach proponowanych przez ubezpieczyciela. To problem czysto biznesowy, dopóki nie wchodzi w grę zagrożenie życia i zdrowia ludzi, zagrożenie środowiska naturalnego bądź zagrożenie innego dobra publicznego. Dla ograniczenia takich zagrożeń do akceptowalnego poziomu, władze publiczne ustalają wymagane **standardy bezpieczeństwa** w przepisach prawa powszechnego, czyli standardy, których przestrzeganie jest obowiązkowe. Dotyczą one projektowania, wykonania, eksploatacji, nadzoru i kontroli wszelkich systemów bezpieczeństwa.

### 2. Dopuszczalność zasady ochrony zastanej

Zasada ochrony zastanej [5] przestaje obowiązywać w odniesieniu do określonego obiektu budowlanego z chwilą, kiedy wprowadza się w nim **zmiany zasadnicze**, poprzez rozbudowę, przebudowę albo zmianę sposobu użytkowania, w sposób rzutujący na bezpieczeństwo. W przypadku urządzenia piorunochronnego (LPS) można wskazać tytułem przykładu następujące zmiany zasadnicze znoszące zasadę ochrony zastanej [9]:

- do obiektu wprowadzono nową linię elektroenergetyczną lub linię telekomunikacyjną albo linię przesyłu danych,
- na dachu budynku postawiono nowe konstrukcje, jak nadbudówki, urządzenia klimatyzacyjne, syreny lub anteny,
- w obiekcie zmieniono kwalifikację stref zagrożenia wybuchem.

Niektóre z tych robót nie wymagają pozwolenia na budowę ani nawet zgłoszenia, ale wymagają wnikliwego projektu budowlanego, wymagają rozważenia wpływu zamierzonych robót na kompleksowo rozumiane bezpieczeństwo obiektu i podjęcia odpowiednich środków zaradczych.

W europejskich gremiach normalizacyjnych przeważa pogląd, że kontrola powinna odbywać się w oparciu o wymagania podane w najnowszej edycji normy [23], jeśli chodzi o zakres kontroli, jak i stawiane wymagania. Jeśli do kontrolowanego obiektu odnosi się zasada ochrony zastanej, to tylko odchylenia od przepisów i norm z okresu budowy uznaje się za usterki. Tym niemniej w protokole osobno odnotowuje się również odchylenia od aktualnych przepisów i norm jako wskazówki dla zarządcy budynku. Uzasadnienie takiego postępowania jest zrozumiałe. Zarządca budowli na ogół nie ma rozeznania w tajnikach ochrony odgromowej. Powinien jednak wiedzieć, czy jego budowla ma ochronę odgromową i przeciwprzepięciową, odpowiadającą aktualnemu stanowi wiedzy i czy mógłby – być może niewielkim kosztem – wprowadzić znaczące ulepszenia.

Spełnienie warunków ochrony zastanej nie daje listu żelaznego zwalniającego od jakiegokolwiek dostosowania do zgodności z aktualnym stanem wiedzy [9]. Sam kontrolujący, specjalista w zakresie ochrony odgromowej, musi rozstrzygnąć, czy stwierdzone odstępstwa od aktualnych norm są do zaakceptowania z punktu widzenia dzisiejszych standardów bezpieczeństwa. W razie odpowiedzi przeczącej powinien podać stosowne zalecenia. Ze względu na bezpieczeństwo publiczne lub inny ważny interes społeczny zasadę ochrony zastanej może [5] uchylić w części lub w całości:

- w skali kraju – akt prawa powszechnego,
- w odniesieniu do konkretnego obiektu – decyzja organu uprawnionego (np. nadzoru budowlanego, straży pożarnej lub inspekcji pracy),

wymagając doprowadzenia określonych urządzeń ważnych dla bezpieczeństwa, np. urządzenia piorunochronnego hali widowiskowej, do stanu zgodności z aktualnymi przepisami i normami.

### 3. Cel i zakres badań odbiorczych

Badania odbiorcze mają sprawdzić poprawność rozwiązań projektowych i wykonania urządzeń ochrony odgromowej. Nie oznacza to, że kontrolujący ma powtórzyć pracę wykonaną przez projektanta ani nawet, że ma projekt sprawdzić w całości.

Projektant gromadzi założenia projektowe, zbiera liczne informacje i dokonuje uzgodnień, rozważa różne warianty rozwiązania zadania projektowego, decyduje się na jedno z możliwych rozwiązań, i tę decyzję w postaci umownej (protokołów dokonanych uzgodnień, opisu technicznego, obliczeń, schematów i planów instalacji, rysunków wykonawczych, zestawienia materiałów itp.) przekazuje wykonawcy.

Zadaniem specjalisty dokonującego badań odbiorczych urządzenia piorunochronnego bądź innej instalacji jest sprawdzenie, czy to jedno jedyne rozwiązanie, wybrane przez projektanta, spełnia wymagania stawiane przez normy oraz przepisy i czy wykonanie jest zgodne z projektem. Zacząć powinien od sprawdzenia, czy poziom ochrony został trafnie wybrany. Z tych powodów specjalista dokonujący badań odbiorczych powinien otrzymać pełną dokumentację projektową badanych urządzeń i inne niezbędne dokumenty, np. protokoły odbiorów częściowych oraz zestaw DTR zainstalowanych aparatów i urządzeń.

Badania odbiorcze powinny rozpocząć się w trakcie budowy obiektu, kiedy jest jeszcze możliwość kontroli jakości wykonania **robót zanikowych**, podlegających odbiorowi częściowemu: wykonania uziomu fundamentowego i ewentualnych innych uziomów, połączenia i przyłączenia stalowych konstrukcji i/lub elementów zbrojeniowych budowli wykorzystywanych jako naturalne zwody i przewody odprowadzające, a także jako elementy siatki ekranującej strefy ochrony odgromowej kategorii LPZ1 lub wyższej [16, 20, 21].

Do zakresu badań odbiorczych wchodzi ponadto niemal wszystkie czynności należące do zakresu badań okresowych (rozdz. 5).

### 4. Cel i częstość przeprowadzania badań okresowych

Jak wszelkie obiekty techniczne, zwłaszcza systemy służące bezpieczeństwu, urządzenia ochrony odgromowej i przeciwprzepięciowej podlegają kontroli okresowej mającej sprawdzić, czy od czasu poprzedniej kontroli nie wystąpiły uszkodzenia bądź nie nastąpiło niedopuszczalne nadwężenie ich elementów składowych [1, 2, 3, 6÷15, 23, 24, 26, 27]. Przyczyny takich zdarzeń i procesów są różnorodne:

- cieplne i elektrodynamiczne oddziaływanie prądów piorunowych, zwłaszcza prądów o parametrach rekordowych, przekraczających założenia projektowe,
- narażenia środowiskowe (tzw. wpływy zewnętrzne) o szczególnym natężeniu, zwłaszcza wazwizwy chemiczne i kwaśne deszcze,
- wadliwe wykonanie, np. umożliwiające zbieranie się wody opadowej z zanieczyszczeniami w szczelinach i wnękach połączeń zwodów i przewodów odprowadzających bądź miejsc ich mocowania,
- wrywanie, w miejscach ogólnie dostępnych, przewodów odprowadzających i niszczenie zacisków probierczych przez znuzonych półgłówek albo bezmyślnych złodziei „złomu”,
- uszkodzenia zwodów, w tym wygięcie ich wsporników, przy niechlujnie wykonywanych robotach dachowych,
- pokrycie płytami styropianowymi przewodów odprowadzających i ich połączeń, nawet zacisków probierczych, przy robotach termoizolacyjnych.

Specjaliści są zgodni, że **częstość kontroli okresowej** urządzeń ochrony odgromowej powinna być ustalana z uwzględnieniem wybranego poziomu ochrony odgromowej (klasyfikacji obiektu i poziomu keraamicznego), natężenia narażeń środowiskowych (zwłaszcza stopnia narażenia LPS na korozję) oraz jakości zastosowanych materiałów i elementów łączeniowych. Z tych zgodnych założeń wywodzi się kilkadziesiąt wersji wymagań bądź zaleceń w normach i przepisach różnych krajów i różnych firm ubezpieczeniowych.

Od lutego 2006 roku są w tej mierze zalecenia w Normie Europejskiej EN 62305-3:2006-02, która w sierpniu 2006 roku została metodą uznaniową wprowadzona w Polsce [23]. Postanowienia te (tabl. 1) automatycznie obejmują kraje Unii, członkowie CENELEC, ale niewątpliwie nie pozostaną one bez echa w innych krajach europejskich.

Terminy kontroli podane w tabelicy 1 dotyczą przeciętnych warunków środowiskowych. Norma podkreśla, że urządzenie piorunochronne powinno być ponadto kontrolowane po dokonaniu zmian zasadniczych w obiekcie budowlanym, po jego remoncie i po każdym wiadomym uderzeniu pioruna (kontrola doraźna). W rejonach, w których występują gwałtowne zmiany pogody, czego bliżej nie zdefiniowano, urządzenie piorunochronne powinno być poddawane częstszym oględzinom.

**Tabela 1.** Największy okres między kontrolami urządzenia piorunochronnego w latach (Tabela E.2 w załączniku E normy [23])

Poziom ochrony	Oględziny [a]	Pełna kontrola [a]	Pełna kontrola ochrony systemów krytycznych [a]
I oraz II	1	2	1
III oraz IV	2	4	1

**UWAGA:** Urządzenia piorunochronne obiektów zagrożonych wybuchem zaleca się poddawać oględzinom co 6 miesięcy, a pełnej kontroli co roku.  
Możliwym do zaakceptowania odstępstwem od harmonogramu badań w odstępach rocznych są badania w cyklu co 14 do 15 miesięcy, dające tę korzyść, że ewentualne pomiary rezystancji uziemienia byłyby wykonywane w różnych porach roku i pozwalałyby ocenić rozpiętość zmian sezonowych.

Wątpliwości interpretacyjne może budzić ostatnia kolumna tabelicy 1 dotycząca tzw. systemów krytycznych. **Systemem krytycznym** (ang. *critical system*) jest system (układ elektryczny, zespół urządzeń technicznych), którego wadliwe działanie może wywołać:

- a) zagrożenie życia i/lub zdrowia ludzi (ang. *life-critical system, safety-critical system*),
- b) duże szkody w środowisku (ang. *environmental-critical system*),
- c) uszkodzenie lub utratę dóbr kulturalnych o dużej wartości,
- d) znaczne straty materialne (ang. *business-critical system*).

Pod pojęciem systemu krytycznego w tabelicy 1 niewątpliwie należy rozumieć przypadki a) oraz b), a w określonych sytuacjach również przypadek c). Wątpliwości mogą dotyczyć przypadku d), kwalifikującego się raczej do zwykłej, biznesowej kalkulacji ryzyka i decyzji właściciela, uzgodnionej z ubezpieczycielem.

Wątpliwości budzi też zalecenie przeprowadzania **kontroli doraźnej** po każdym wiadomym uderzeniu pioruna. Po pierwsze, norma nie precyzuje, o jaką kontrolę chodzi; należy domniemywać, że tylko o oględziny, chyba że ich wynik skłaniałby do przeprowadzenia pomiarów. Po drugie, nie sposób tego zalecenia traktować dosłownie w przypadku obiektów wysokościowych w rejonach o wysokim poziomie keraunicznym, sięgającym nawet 150÷220 dni burzowych rocznie, czyli prawie 10-krotnie większym niż w Polsce. Piorunochron trzeba tam zwymiarować na ponadnormatywne parametry prądu piorunowego, a nie spędzać cały rok na dachu i na linach wspinaczkowych przy ścianach.

Postanowienia Normy Europejskiej PN-EN 62305-3:2006 (U) są niewątpliwie dość surowe. Wystarczy je porównać z dotychczasowymi wymaganiami normalizacji niemieckiej (tabl. 2),

**Tabela 2.** Największy okres między kontrolami LPS w latach według normy DIN V VDE V 0185-3:2002-11

Poziom ochrony odgromowej	Oględziny [a]	Pełna kontrola [a]
I	1	2
II	2	4
III, IV	3	6

kóra przecież nie uchodzi za pobłażliwą, wręcz przeciwnie. W porównaniu z dotychczasową normą niemiecką (tabl. 2) norma europejska [23] pozostawia bez zmiany zalecenia dla poziomu ochrony odgromowej I, a podwyższa je o jeden stopień w przypadku wszystkich pozostałych poziomów ochrony. Nowością są osobne postanowienia dla ochrony systemów krytycznych.

W tychże Niemczech firmy ubezpieczeniowe stawiają własne wymagania odnośnie do częstości pełnej kontroli LPS i to niejednakowe w różnych krajach związkowych. Na przykład w Bawarii (częstość doziemnych wyładowań  $2=4,5$  1/km<sup>2</sup>·a) obowiązują następujące okresy:

- 1 rok – wytwórnie i magazyny materiałów wybuchowych, elektrownie, budynki z siecią komputerową o sumie ubezpieczenia przekraczającej 500 000 €, budynki gromadzące publiczność w liczbie większej niż 200 osób,
- 2 lata – budynki gromadzące publiczność w liczbie do 200 osób, hale sportowe, obiekty handlowe o powierzchni przekraczającej 2000 m<sup>2</sup>, szpitale, szkoły, wysokie kominy, wieże widokowe, kolejki linowe osobowe, wyciągi narciarskie wysokie, budynki wysokie,
- 3 lata – magazyny cieczy palnych, obiekty zagrożone wybuchem, dworce kolejowe i lotnicze, przedszkola, domy seniora, kościoły, zabytki kultury, budynki z cennymi zbiorami, np. muzea i archiwa,
- 5 lat – obiekty niebezpieczne pod względem pożarowym, obiekty rolnicze,
- 6 lat – budynki mieszkalne i biurowe.

Norma PN/E-05003 [12, 13, 14], częściowo nadal aktualna, stanowiła dla pełnych badań okresowych okres 6 lat w przypadku ochrony podstawowej oraz ochrony specjalnej i 1 rok w przypadku ochrony obostrzonej.

## 5. Zakres badań okresowych

### 5.1. Sprawdzanie dokumentacji

Dokumentację techniczną urządzeń ochrony odgromowej, łącznie z protokołami poprzednich badań, przegląda się przed przystąpieniem do czynności kontrolnych. Dokumentacja daje wyobrażenie o tym, jakie oględziny i sprawdzenia należy wykonać, aby kontrola była kompletna. Informuje o szczególnych cechach budowli oraz o koncepcji i szczegółach montażowych urządzenia piorunochronnego. To ważne nie tylko dla kontrolującego, który po raz pierwszy bada dany obiekt; również ten, kto przystępuje do kontroli po raz kolejny może od razu zorientować się, czy i jakie zmiany zostały wprowadzone w budowlu i w instalacjach odgromowych od czasu poprzedniej bytności. Szczególną uwagę należy zwrócić na wszelkie zmiany wprowadzone w obiekcie, bo użytkownik może nie być świadom, jakie są konsekwencje np. wprowadzenia i niefortunnego usytuowania centralnej serwerowni, zmiany okablowania budynku lub zmiany kwalifikacji przestrzeni zagrożonych wybuchem.

Szczególną uwagę należy zwrócić na założenia projektowe, wybór poziomu ochrony odgromowej, rysunki wykonawcze, przyjęte wymiary odstępów bezpiecznych, usytuowanie ograniczników przepięć i koncepcję stref ochrony odgromowej. Przeglądając dokumentację dobrze jest wynotować najważniejsze informacje (tabl. 3), aby były pod ręką, kiedy osoba kontrolująca jest na dachu albo w koszu podnośnika.

**Tablica 3.** Zestawienie ważniejszych informacji o badanym urządzeniu ochrony odgromowej [9]

Angaben zum Blitzschutzsystem		Dane urządzenia ochrony odgromowej
<b>Fangeinrichtungen</b>		<b>Zwoły</b>
Werkstoff:	Aluminiumdraht 8 mm, AlSiMg, massiv	Material
Maschenweite:	L 15 x 15 m	Wymiary oka sieci zwołów
Dachaufbauten:	Dachaufbauten wurden durch teilsolierte Fangeinrichtungen (Fangstangen, Höhe 1,5 m, mit Betonsockel 17 kg und Unterlegplatte zum Schutz der Dachoberfläche) geschützt.	Zwoły izolowane
Natürliche Fangeinrichtungen	Verlegung direkt auf dem Mauerwerk, teilweise hinter der Fassade, Abstand der Ableitungen < 15 m	Zwoły naturalne
Sonstiges	./.	Inne informacje
<b>Ableitungseinrichtungen</b>		<b>Przewody odprowadzające</b>
Werkstoff	Aluminiumdraht 8 mm, AlSiMg, massiv	Material
Ausführung	Die metallenen Dachabschlussprofile wurden im Bereich der Ableitungen angeschlossen, die Attikableche wurden nicht überbrückt.	Sposób ułożenia
Zahl der Ableitungen	22	Liczba przewodów
Sonstiges	Der Verlauf der Ableitungen lässt sich in der Mehrzahl nicht nachvollziehen.	Inne informacje
<b>Erdungsanlage</b>		<b>Uziemienie</b>
Werkstoff Erdungsanlage	Flachband 30 x 3,5 mm verz.	Material uziomu
Werkstoff der Anschlussfahne / Erdeinführungen	Stahl verzinkt	Material przewodów uziomowych
Art der Erdungsanlage	Erdenanordnung Typ B, Fundamenterder nach DIN 18014, Maschenweite 20 x 20 m	Rodzaj uziomu, konfiguracja
Sonstiges	Die Erdungsanlage wurde mit dem Nachbargebäude verbunden.	Inne informacje
<b>Blitzschutz-Potenzialausgleich</b>		<b>Połączenia wyrównawcze odgromowe</b>
Nichtaktive metallene Installationen	Wasserleitung / Gas / Elektro / Heizung wurden im Technikraum in den Potenzialausgleich einbezogen. Die Führungsschienen der Aufzugsanlage wurden am Tiefpunkt mit dem Fundamenterder verbunden.	Części przewodzące obce objęte CC, sposób przyłączenia
Überspannungsschutzmaßnahmen	In der NSHV wurde ein Blitzstromkombiableiter (SPD Class 1), Schutzpegel 1,5 kV, Fabrikat XYZ installiert. Die Versorgungsleitungen der Außenbeleuchtung wurden am Gebäudeeintritt über 2-polige Blitzstromkombiableiter (SPD Class 1), Schutzpegel 1,5 kV, Fabrikat XYZ in den Blitzschutz-Potenzialausgleich einbezogen. In die Unterverteilungen A, B und C wurden Überspannungsschutzgeräte (SPD Class 2) Fabrikat XYZ installiert. Das Breitbandkabel und die Telefonleitung wurden am Gebäudeeintritt (Raum AA) mittels Überspannungsschutzgeräte Fabrikat XYZ in den Blitzschutz-Potenzialausgleich einbezogen.	Środki ochrony od przepięć Typ i dane ograniczników przepięć zainstalowanych na poszczególnych stopniach ochrony

## 5.2. Oględziny

Oględziny powinny być organoleptycznym (z użyciem wszystkich zmysłów, bez aparatów) stwierdzeniem stanu faktycznego. Z wymagań i zaleceń norm wynika zestaw pytań, jakie kontrolujący powinien sobie zadać oraz zestaw informacji, jakie powinien zebrać w trakcie oględzin. Nie sposób podać kompletny uniwersalny szczegółowy program oględzin, bo zależy on od konkretnej sytuacji, ale można wskazać ważniejsze czynności, występujące w większości przypadków.

- Oględziny widocznej części nadziemnej urządzenia piorunochronnego, sprawdzenie kompletności i należytego stanu zwołów i przewodów odprowadzających (materiał, przekrój, profil) oraz ich mocowania.
- Sprawdzenie stopnia skorodowania zwołów i przewodów odprowadzających, zwłaszcza zwołów narażonych na wyziewy z kominów i przewodów odprowadzających narażonych na wyziewy z wyrzutni wentylacyjnych.
- Sprawdzenie, czy wsporniki zwołów poziomych nie są przesunięte lub wygięte, zmniejszając w niedopuszczalnym stopniu odległość zwołu od dachu. Sprawdzenie, czy zwoły pionowe nie są zbyt odchyłone od pionu.
- Sprawdzenie, czy nie wystąpiły niedopuszczalne nadtopienia na powierzchni zwołów naturalnych, zwłaszcza blaszanych.

- Sprawdzenie, czy od czasu poprzedniej kontroli nie pojawiły się na dachu nadbudówki bądź urządzenia nie objęte należycie ochroną odgromową takie, jak: urządzenia klimatyzacyjne, wywiewniki (rys. 1), anteny, syreny.

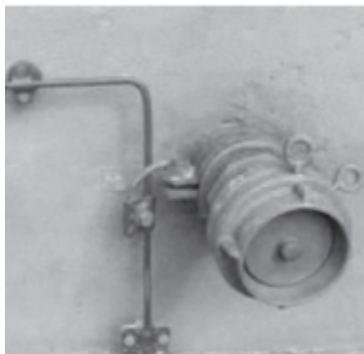


**Rys. 1.** Wywiewniki i wyloty kanałów dymowych zakończone niewidocznymi na fotografii prętami zwiększającymi wysokość konstrukcji do 1,4 m

- Sprawdzenie, czy metalowe elementy atyki są przewodząco połączone ze sobą i ze zwodami, jeśli ze względu na duże wymiary (powierzchniowe  $\geq 1 \text{ m}^2$ , liniowe  $\geq 2 \text{ m}$ ) tego wymagają.
- Sprawdzenie, czy zwodów lub przewodów odprowadzających nie wykorzystano jako wsporników do mocowania przewodów elektroenergetycznych lub teletechnicznych.
- Sprawdzenie ciągłości widocznych połączeń zwodów i przewodów odprowadzających, brak przerw i luźnych zacisków, czystość powierzchni styeczności, poprawny dobór zacisków pod względem rozmiaru i zasady konstrukcyjnej, użycie zacisków dwumetalowych w przypadkach koniecznych (rys. 2, rys. 3, rys. 6c).



**Rys. 2.** Poprawne użycie zacisku dwumetalowego Al-Cu



**Rys. 3.** Skorodowane połączenie części z różnych metali

- Sprawdzenie koordynacji urządzenia piorunochronnego z innymi instalacjami po dokonanej przebudowie lub remoncie obiektu budowlanego, na przykład po robotach termoz izolacyjnych na ścianach zewnętrznych, po przebudowie strychów, po remoncie dachu.
- Sprawdzenie zastosowanych środków ochronnych przy zbliżeniach z innymi instalacjami i częściami przewodzącymi obcymi: połączeń wyrównawczych bezpośrednich (galwanicznych) lub przez ograniczniki przepięć, odstępów bezpiecznych. Nie wolno tu pominąć przypadków zainstalowania na ścianach zewnętrznych, w trakcie eksploatacji obiektu, takich elementów, jak urządzenia kontroli dostępu, kamery, czujniki i/lub lampy.

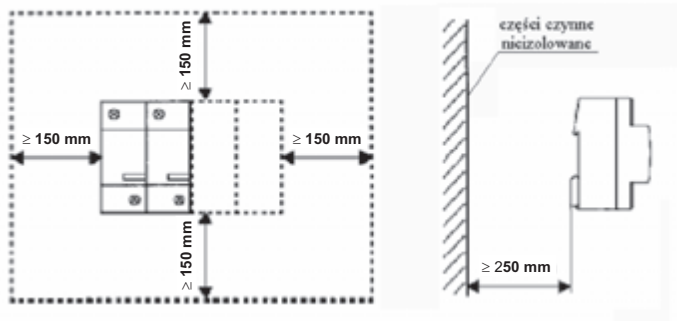
- Sprawdzenie stanu skorodowania przewodów odprowadzających i przewodów uziemiających w miejscach krytycznych: tuż nad i tuż pod powierzchnią gruntu, w miejscach wyprowadzenia z betonu, w miejscach narażonych na gromadzenie się wody, w miejscach narażenia na działanie dymu i wyziewów chemicznych (rys. 4). Ocena skuteczności zastosowanych środków ochrony od korozji.



**Rys. 4.** Połączenia przewodów uziemiających w miejscu narażonym na korozję:

- a) skorodowane przewody ze stali wadliwie ocynkowanej;
- b) dobrze zachowane połączenie przewodów ze stali nierdzewnej

- Sprawdzenie (co 4÷5 lat) stanu skorodowania uziomów starszych niż 10 lat [9] i ich połączeń przez ich odkopanie w wybranych miejscach. Zaleca się sprawdzać co najmniej 10% połączeń przewodów uziemiających z uziomem, przy czym miejsca te powinny być wybierane albo losowo, albo według kryterium największych narażeń korozyjnych, a nie według kryterium najłatwiejszego dostępu. Jeżeli ubytek pola przekroju poprzecznego przekracza 40%, to uziom bądź przewód uziemiający kwalifikuje się do wymiany.
- Sprawdzenie, czy stalowa konstrukcja budowli, metalowe fasady, prowadnice dźwigów, rury spustowe wody deszczowej i podobne elementy, przechodzące przez wiele kondygnacji, są uziemione w najniższej położonych miejscach.
- Sprawdzenie kompletności i stanu połączeń wyrównawczych głównych i dodatkowych, również połączeń dodatkowych na wyższych kondygnacjach. Sprawdzenie, czy przyłączenia do części przewodzących obcych są przepisowo wykonane (rys. 3) i pozostają w dobrym stanie.
- Sprawdzenie doboru i stanu ograniczników przepięć poszczególnych stopni. Sprawdzenie poprawności ich montażu, w tym dotrzymania wymaganych wymiarów przestrzeni zagrożenia (rys. 5).



**Rys. 5.** Przykładowe wymiary przestrzeni zagrożenia wymaganej wokół ogranicznika przepięć (SK 0061 Z99 firmy Stotz Kontakt)

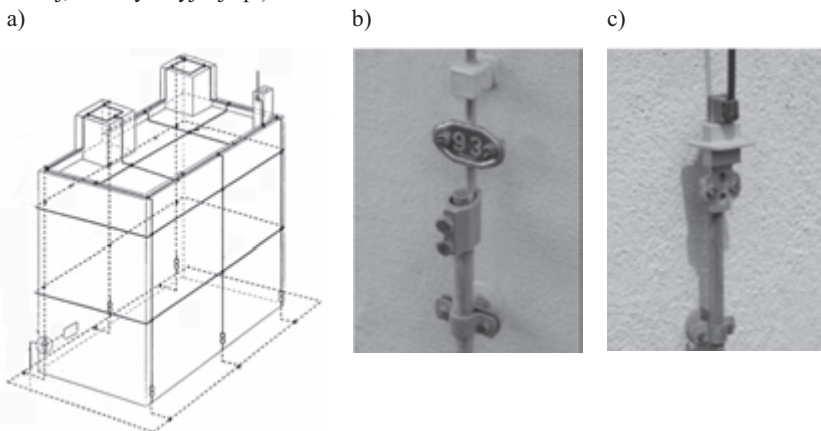
- Sprawdzenie stanu urządzeń dobezpieczających ograniczniki przepięć (bezpieczników, wyłączników nadprądowych) i ew. urządzeń odłączających [4]. Sprawdzenie stanu wkładek bezpiecznikowych, braku oznak zadziałania.

### 5.3. Pomiary

Pomiary przeprowadza się w celu uzyskania danych liczbowych bądź innych istotnych informacji, niezbędnych do miarodajnej oceny stanu urządzeń ochrony odgromowej i przeciwprzebieciowej, a nieosiągalnych poprzez oględziny.

#### Badanie ciągłości połączeń

Pomiar miernikiem lub badanie próbnikiem mogą być nieodzowne dla stwierdzenia ciągłości połączeń zwodów, przewodów odprowadzających, wyrównawczych lub ekranujących, jeśli są one niedostępne bądź trudno dostępne. Chodzi o połączenia wymienionych elementów ze sobą i z częściami przewodzącymi obcymi (przewody instalacji wodociągowej, gazowej, ogrzewczej, klimatyzacyjnej itp.).



**Rys. 6.** Zaciski probiercze na przewodach odprowadzających: a) ilustracja zasady: zacisk na każdym sztucznym przewodzie odprowadzającym; b) zacisk probierczy z tabliczką identyfikacyjną; c) zacisk probierczy dwumetalowy

Przy widocznych i dostępnych połączeniach pomiar wykonuje się, aby uniknąć rozłączania w przypadkach budzących wątpliwości (połączenie częściowo skorodowane lub obficie pokryte powłoką bitumiczną). Jeżeli chodzi o przewodzenie prądów piorunowych, to nie ma potrzeby stawiania wygórowanych wymagań; dawniej wystarczało przecież łączenie niezabezpieczonych przed korozją prętów zbrojeniowych na styk i wiązanie ich drutem wiązałkowym. Akceptuje się rezystancję połączenia nie przekraczającą 1 oma. Pożądany jest miernik o napięciu pomiarowym stałym lub przemiennym w granicach 4÷24 V i prądzie pomiarowym nie mniejszym niż 0,2 A.

Zdezaktualizował się zupełnie zakaz sformułowany w punkcie 3.5.4 c) normy PN-86/E-05003/01 [12] o treści: *nie należy stosować zacisków probierczych w przypadkach, w których wykorzystuje się naturalne uziomy fundamentowe lub rozległe sieci uziomowe zakładów przemysłowych;*

Dawniej uważano, że zaciski probiercze służą tylko do ułatwienia pomiaru rezystancji uziemienia piorunochronu. Obecnie podkreśla się (PN-IEC 61024-1-2 [18], pkt 3.2.4), że służą



one przede wszystkim do sprawdzania ciągłości zwodów i przewodów odprowadzających. To dlatego są wymagane w miejscach przyłączenia do uziemienia każdego sztucznego przewodu odprowadzającego (rys. 6a); nie ma takiego wymagania w odniesieniu do naturalnych przewodów odprowadzających, bo na ogół byłoby ono niewykonalne.

### Pomiar rezystancji uziemienia

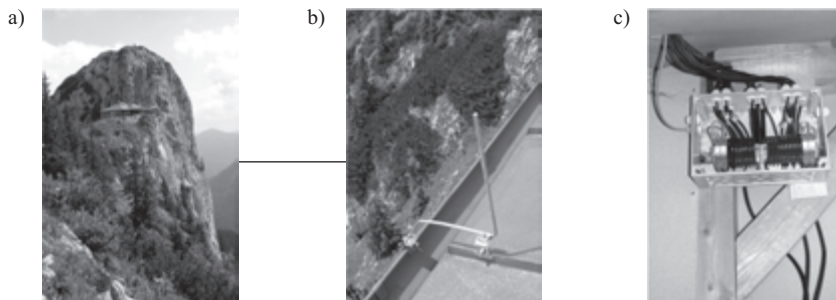
Dawniej normy stawiały wyraźne wymagania odnośnie do wartości rezystancji uziemienia urządzenia piorunochronnego (tabl. 4) i nie wyobrażano sobie badania stanu technicznego piorunochronu bez pomiaru rezystancji uziemienia, co obecnie jest dopuszczalne. W obiektach wyzerpujących warunki stosowania zasady ochrony zastanej wolno nadal odnosić się do wymagań dawniejszych norm.

**Tablica 4.** Największa dopuszczalna rezystancja uziemienia urządzenia piorunochronnego w omach według PN/E-05003 [13, 14]

Rodzaj uziomu	Grunt podmokły bagienny, próchniczy, torfiasty, gliniasty	Wszystkie pośrednie rodzaje gruntów	Grunt kamienny lub skalisty
Uziomy poziome, pionowe i mieszane oraz stopy fundamentowe	10 (7)	20 (7)	40 (10)
Uziomy otokowe oraz ławy fundamentowe	15 (10)	30 (10)	50 (15)
Wartości w nawiasach dotyczą budynków zagrożonych wybuchem mieszanin par i/lub pyłów z powietrzem			

Doświadczenie wykazało, że wymagana i/lub stwierdzona pomiarowo wartość rezystancji uziemienia urządzenia piorunochronnego nie powinna być traktowana jako fetysz, jako najważniejszy wyznacznik stanu technicznego. Są sytuacje, w których uzyskanie wymaganych wartości jest nieosiągalne (rys. 7), a co więcej – nie jest konieczne dla zapewnienia należytej skuteczności ochrony. Stąd zasadnicza zmiana podejścia w nowych normach. Tym niemniej, ilekroć operuje się wartością rezystancji uziemienia – według starszych czy nowych norm – trzeba pamiętać o następujących kwestiach elementarnych.

Sprawą absolutnie podstawową przy ocenie zmierzonej wartości rezystancji uziemienia jest porównanie jej z wynikami poprzednich pomiarów i wyjaśnienie powodów wyraźnej zmiany, jeśli ma ona miejsce. Aby porównywanie w ogóle było możliwe, trzeba za każdym razem pomiar wykonywać tak samo (np. usytuowanie elektrod pomiarowych), trzeba mierzyć tę samą wielkość.



**Rys. 7.** Przykład ochrony odgromowej w trudnych warunkach uziemieniowych (bawarskie schronisko Tegernseer Hütte na wysokości 1650 m): a) usytuowanie na skalistym podłożu; b) zwód pionowy na dachu z instalacją fotowoltaiczną; c) ograniczniki prądów

W przypadku złożonego układu uziomowego, trzeba wiedzieć, jak wygląda jego konfiguracja, co się zamierza zmierzyć i jak to zmierzyć można. Czy mierzy się wypadkową rezystancję uziemienia urządzenia piorunochronnego, czy też rezystancję uziemienia poszczególnych uziomów urządzenia piorunochronnego z osobna i których uziomów. Ponieważ chodzi o rozpraszanie do ziemi prądów piorunowych i ew. prądów zakłóceniovych o dużej częstotliwości, bardziej miarodajny mógłby się wydawać wynik pomiaru uzyskany miernikiem udarowym. Takie przekonanie jest uzasadnione w odniesieniu do uziomów prostych (typu A) przy budynkach o małym obwodzie oraz w odniesieniu do uziomów długich bądź rozległych (uziomów nieekwipotencjalnych), które są przyłączone jednym przewodem odprowadzającym. W innych sytuacjach miernik udarowy może dawać wynik mniej miarodajny.

Jeśli wynikiem pomiaru jest mała wartość rezystancji uziemienia, bynajmniej nie musi to świadczyć o dobrym stanie uziomu. Wynik nic nie mówi o stanie skorodowania uziomu, co można ocenić dopiero po odkopaniu jego fragmentów. A zatem oprócz wyszukanych mierników elektrycznych nieodzownym instrumentem kwalifikowania stanu uziomów jest łopata.

Z drugiej strony zawyżona wartość rezystancji uziemienia nie musi dyskwalifikować urządzenia piorunochronnego. Po pierwsze, rażąco duży wynik może być spowodowany naruszeniem ciągłości przewodu uziemiającego, nawet w części nadziemnej, i taki powód trzeba zidentyfikować, zlokalizować i usunąć. Po drugie, w terenie o bardzo dużej rezystywności gruntu (rys. 7) akceptuje się dużą rezystancję uziemienia i duże napięcie uziomowe, jeżeli innymi środkami zapewni się wystarczająco skuteczne ograniczenie narażeń napięciowych i prądowych.

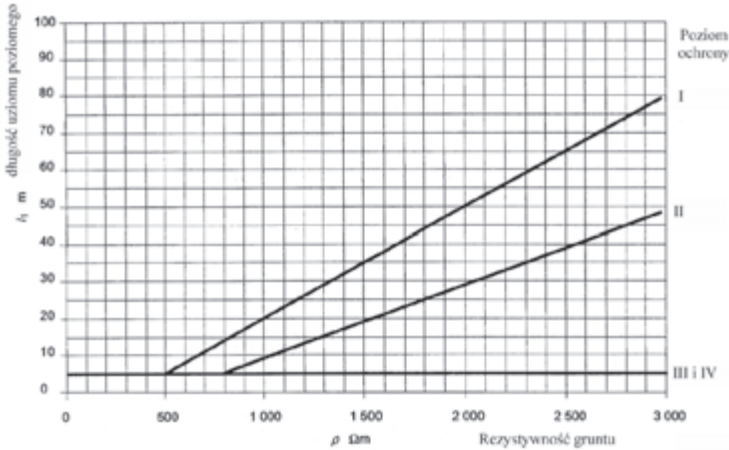
Nowe normy [17, 23] za podstawowe kryterium oceny uziemienia przyjmują długość elementów uziomowych. Przy poziomie ochrony odgromowej I oraz II wymaganą długość uzależniają od rezystywności gruntu. Stosownie do tego rozróżnia się dwie odmiany uziomów:

- **Uziom typu A** – każdy przewód odprowadzający ma osobny uziom prosty poziomy lub pionowy (ew. pogrążony ukośnie). Długość uziomu poziomego powinna wynosić co najmniej  $l_1$ , a uziomu pionowego – co najmniej  $0,5 \cdot l_1$ , przy czym  $l_1$  jest wymiarem odczytanym z rys. 8. Sprawdzanie długości uziomów można pominąć, jeżeli stwierdzi się rezystancję uziemienia mniejszą niż  $10 \Omega$ . Norma wyjaśnia, że zmniejszanie rezystancji uziemienia<sup>1</sup>, poprzez zwiększanie długości uziomu, jest skuteczne praktycznie do 60 m. **Przykład** korzystania z uziomów typu A, kiedy obowiązuje poziom ochrony III lub IV, z grubsza odpowiadający dawniejszemu zakwalifikowaniu do ochrony podstawowej: niezależnie od rezystywności gruntu każdy przewód odprowadzający powinien mieć uziom poziomy o długości 5 m lub uziom pionowy o długości 2,5 m.
- **Uziom typu B** – uziom otokowy (na głębokości nie mniejszej<sup>2</sup> niż 0,5 m, w odległości około 1 m od ściany zewnętrznej budynku) lub uziom fundamentowy, do których są przyłączone wszystkie przewody odprowadzające. Promień zastępczy  $r_e$  pola powierzchni zajętej przez taki uziom powinien być nie mniejszy niż wymiar  $l_1$  odczytany z rys. 8 ( $r_e \geq l_1$ ), co zwłaszcza przy poziomie ochrony III oraz IV jest wymaganiem bardzo łagodnym. Jeżeli to wymaganie nie jest spełnione, to przy każdym przyłączeniu przewodu odprowadzającego należy dodać uziom skupiony poziomy o długości nie mniejszej niż  $(l_1 - r_e)$  albo pionowy o długości nie mniejszej niż  $0,5 \cdot (l_1 - r_e)$ . Uziom typu B jest zalecany przez normę w kilku sytuacjach: podłoże skaliste (rys. 7), obiekty z bogatym wyposażeniem elektronicznym oraz obiekty o dużym zagrożeniu pożarowym. **Przykład** korzystania z uziomu typu B, kiedy obowiązuje poziom ochrony III lub IV: budynek o obrysie ścian zewnętrznych w postaci prostokąta  $10 \times 16$  m ma uziom fundamentowy o zbliżonych wymiarach, czyli obejmujący powierzchnię

<sup>1</sup>) Nie wyjaśnia, że chodzi tu o udarową rezystancję uziemienia.

<sup>2</sup>) Takie sformułowanie nie jest właściwe; oznacza, że pogrążenie uziomu na głębokości np. 2 m jest poprawne. Uziomowi otokowemu przypisuje się rolę uziomu wyrównawczego, sterującego rozkładem potencjału na powierzchni gruntu. Zatem powinien być on pogrążony na niedużej głębokości (0,6-0,8 m w naszej strefie klimatycznej).

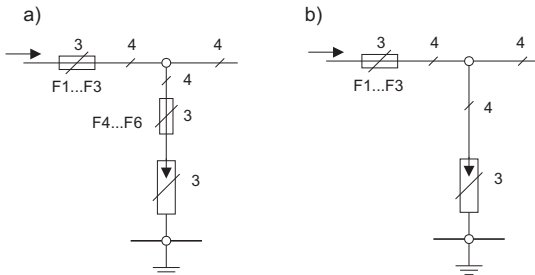
160 m<sup>2</sup>, taką jak koło o promieniu  $r_c = 7,1$  m, większym niż wymagana wartość  $l_1 = 5$  m. Wykonany uziom fundamentowy jest wystarczający niezależnie od wartości rezystywności gruntu. Przy kontrolach stanu technicznego piorunochronu pomiar rezystancji uziemienia nie jest potrzebny, wystarczy sprawdzić ciągłość połączenia każdego z przewodów odprowadzających z uziomem. W tym celu, po rozłączeniu wszystkich zacisków probierczych, trzeba sprawdzić ciągłość połączenia między wybranym przewodem uziemiającym (odchodzącym poniżej zacisku probierczego do uziomu) a każdym z pozostałych (rys. 6a).



Rys. 8. Najmniejsza dopuszczalna długość  $l_1$  [m] uziomu poziomego przyłączonego do każdego z przewodów odprowadzających w zależności od rezystywności gruntu  $\rho$  [ $\Omega\text{m}$ ] i poziomu ochrony odgromowej (najmniejsza dopuszczalna długość uziomu pionowego wynosi  $0,5 \cdot l_1$ )

### Badanie ograniczników przepięć i ich zabezpieczeń

W instalacjach narażonych na wnikanie prądu piorunowego z piorunochronu i/lub z zasilającej sieci napowietrznej, w złączu lub w głównej rozdzielnicy z reguły powinny być odgromniki, czyli iskernikowe ograniczniki przepięć klasy I. Nie wykazują one prądu upływowego. Z punktu widzenia przewodnictwa gałęzi ochrony odgromniki albo są w dobrym stanie (stan izolowania, prąd upływowy niemierzalnie mały), albo są w stanie zwarcia elektrod, po którym nastąpiło zadziałanie poprzedzającego zabezpieczenia zwarceniowego. Jeżeli to zabezpieczenie znajduje się w poprzecznej gałęzi ochrony (rys. 9a), to stan taki może pozostać niezauważony, a jest groźny, bo co najmniej jeden z biegunów jest pozbawiony ochrony przeciwprzebiegiowej. Jeżeli stan odgromników nie jest monitorowany, to po burzy, a zwłaszcza po prawdopodobnym



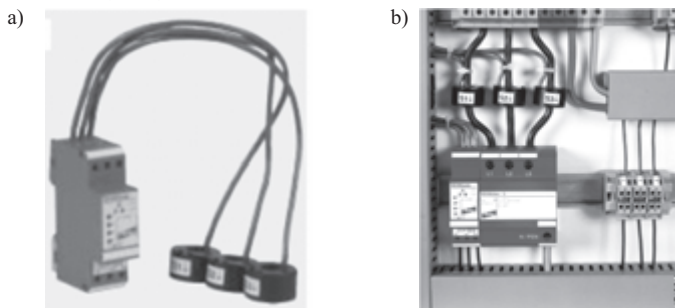
Rys. 9. Gałąź ochrony przeciwprzebiegiowej: a) z bezpiecznikami; b) bez bezpieczników

uderzeniu pioruna w obiekt, stan bezpieczników należy sprawdzić, nie czekając na kolejną okresową kontrolę. Jednak rzeczoznawca przeprowadzający okresową kontrolę nie powinien na to liczyć i jest obowiązany skrupulatnie sprawdzić stan bezpieczników bądź wyłączników zabezpieczających.

Inaczej zachowują się warystorowe ograniczniki przepięć. W stanie nieuszkodzonym wykazują pewien prąd upływowy, który z biegiem czasu narasta wskutek procesów starzeniowych i naruszania struktury spieku w następstwie powtarzających się przepięć. Zwiększa się strata mocy i temperatura krążków, aż tracą one stabilność termiczną i proces nabiera charakteru lawinowego. Doszczętnemu zniszczeniu ogranicznika i szkodom w jego otoczeniu powinien zapobiec wbudowany ogranicznik temperatury i/lub bezpiecznik wbudowany albo zainstalowany w gałęzi ogranicznika.

Stan ograniczników warystorowych może być stale monitorowany, na przykład za pomocą urządzenia DEHNisola (rys. 10), mającego dwie wartości progowe upływowego prądu zadziałania:

- przekroczenie wartości 0,5 mA sygnalizuje dioda świecąca na obudowie, a w razie obniżenia prądu poniżej 0,5 mA następuje odzwbudzenie układu,
- przekroczenie wartości 5 mA jest sygnalizowane na miejscu (przez diodę) oraz zdalnie (przez sygnał optyczny i/lub akustyczny) i jest ryglowane (odzwbudzenie następuje przez resetowanie ręczne).



**Rys. 10.** *Urządzenie DEHNisola do monitorowania prądów upływowych układu ograniczników przepięć: a) detektor z zestawem przekładników prądowych; b) urządzenie zainstalowane w rozdzielni (na lewo od zespołu trzech ograniczników)*

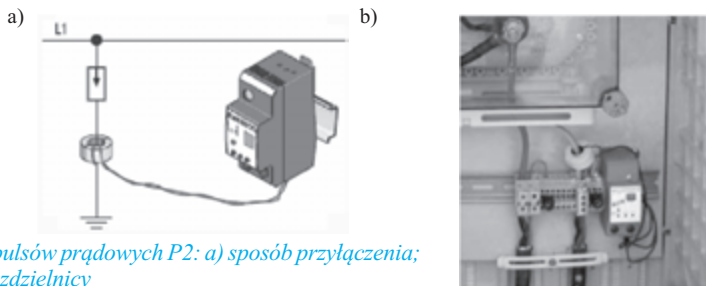
Pomiar odbywa się co godzinę i po każdym przepięciu wywołującym zadziałanie ogranicznika. Układ autotestu wytwarza impulsy prądowe, imitujące sygnał czujników, sprawdzające działanie układu pomiarowego.

Do doraźnego sprawdzania stanu ograniczników przepięć II i III stopnia służy przenośny miernik PM 10 (rys. 11). Miernik przykłada do zacisków ogranicznika napięcie stałe szybko narastające (aż do poziomu 1200 V w razie potrzeby) i kontroluje prąd upływowy. Napięcie wymuszające prąd upływowy 1 mA powinno się mieścić w zakresie podanym przez wytwórcę. Zbytne jego obniżenie świadczy o niedopuszczalnym stopniu zużycia ogranicznika. Miernik pozwala też zmierzyć wartość prądu upływowego przy napięciu równym napięciu trwałej pracy ogranicznika.

Nadzorowaniu stanu ograniczników przepięć sprzyjają liczniki impulsów prądu udarowego, które one przepuściły. Monitorują prąd w przewodzie uziemiającym pojedynczego ogranicznika lub zespołu ograniczników zainstalowanych w złączu lub rozdzielni. Licznik P2 (rys. 12), z wyświetlaczem LCD dwucyfrowym (00÷99), reaguje na impulsy o wartości szczytowej przekraczającej 1 kA.



**Rys. 11.** Miernik PM 10 firmy DEHN do testowania ograniczników warystorowych klasy II (z przystawką do badania ograniczników na diodach Zenera do torów sygnałowych)



**Rys. 12.** Licznik impulsów prądowych P2: a) sposób przyłączenia; b) instalowanie w rozdzielni

#### 5.4. Protokół kontroli

Jak ważnym dokumentem jest protokół kontroli stanu technicznego urządzeń ochrony odgromowej i przeciwprzepięciowej najłatwiej się przekonać podczas rozprawy sądowej rozpatrującej zaniedbania, które doprowadziły do poważnych szkód piorunowych. Z jednej strony protokół powinien pozwolić ustalić, czy kolejne kontrole stanu technicznego, a zwłaszcza ostatnia, były przeprowadzone rzetelnie i wyczerpały wszelkie aspekty bezpieczeństwa. Z drugiej strony, wykaz ewentualnych usterek zawarty w protokole wraz z późniejszymi dokumentami, potwierdzającymi ich usunięcie, a także z protokołem badania miejsca wypadku pozwalają dochodzić, czy kontrolujący rzetelnie przedstawił wszelkie powstałe usterki, a zarządca obiektu dopełnił należytej staranności w przywracaniu urządzeniom ochrony odgromowej skuteczności wymaganej przez normy i przepisy.

Z tych powodów protokół powinien zwięźle, ale zrozumiale i wyczerpująco dokumentować wszelkie przeprowadzone czynności kontrolne i wszelkie stwierdzone usterki. W przeciwnym razie kontrolujący ryzykuje zarzut, że dopuścił się zaniedbania.

Usterki, ich natura, ich waga i zalecany sposób usunięcia powinny być wyjaśnione w sposób zrozumiały dla zarządcy budowlany, który na ogół nie jest elektrykiem. Na przykład sformułowanie *zwody nie odpowiadają wymaganiom normy* jest niedopuszczalne. Poprawny zapis byłby na przykład taki: *Wymiary oka siatki zwodów poziomych 25×18 m w obrębie... są za duże. Największe dopuszczalne dla poziomu ochrony III wymiary wynoszą 15×15 m. Układ zwodów należy rozbudować, np. dodając nowe zwody w połowie boków dotychczasowej siatki, co pozwoliłoby uzyskać wymiary oka 12,5×9 m.* Podobnie, zarządca budowlany ma prawo oczekiwać nie tylko informacji, że rezystancja uziemienia jest za duża, ale również, z jakich powodów jest za duża i jak tę usterkę usunąć. Nie po to laik płaci specjalistom za badanie, żeby ten zmuszał go do szukania pomocy u innego specjalisty w rozszyfrowaniu tajemnych zapisów. Czy protokół jest napisany zrozumiale, najlepiej sprawdzić metodą Adama Słodowego: dać go domownikowi laikowi, który po przeczytaniu powinien umieć zarządzić sanację urządzenia ochrony odgromowej.

Wzorcowy austriacki formularz protokołu kontroli stanu technicznego urządzenia piorunochronnego zainteresowani znajdują w Internecie, wpisując w przeglądarce hasło „Prüfprotokoll – Anlagenattest – Blitzschutzanlage” albo adres strony:

[http://portal.wko.at/wk/dok\\_detail\\_file.wk?AngID=1&DocID=566076&StID=272681](http://portal.wko.at/wk/dok_detail_file.wk?AngID=1&DocID=566076&StID=272681)

**6. Przygotowanie oferty i kosztorysu kontroli stanu technicznego urządzeń ochrony odgromowej**

Według obecnych norm kompletna kontrola urządzenia piorunochronnego obejmuje badanie dokumentacji, oględziny elementów ochrony zewnętrznej i ochrony wewnętrznej, konieczne pomiary i staranne wypełnienie protokołu kontroli.

Nie zawsze zarządca obiektu zleca kontrolę, a zwłaszcza kontrolę w pełnym zakresie, jednemu rzeczoznawcy. Ocena stanu ochrony może wymagać szczególnej sprawności fizycznej w przypadku trudno dostępnych konstrukcji dachowych o wyszukanej kształcie lub specjalnych urządzeń technologicznych, jak elektrownie wiatrowe [27], silosy i wysokie kominy. Z kolei zaawansowana wiedza specjalistyczna jest nieodzowna przy kontroli skomplikowanego wyposażenia, jak centrale przeciwpożarowe, urządzenia alarmowe, urządzenia kontroli dostępu, sprzęt informatyczny, instalacje fotowoltaiczne, stacje bazowe telefonii komórkowej.

**Tabela 5.** Kosztorys ofertowy kontroli stanu technicznego urządzeń ochrony odgromowej (przykład)

Lp	Wyszczególnienie	Ilość	Jednostka miary	Koszt jednostkowy €	Koszt łączny €
1	Sprawdzenie dokumentacji	1	ryczałt	40,00	40,00
2	Oględziny elementów ochrony odgromowej zewnętrznej	1	ryczałt	160,00	160,00
3	Odkopanie uziomu w 2 miejscach (w razie stwierdzenia wadliwości, rozszerzony nakład pracy zostanie uzgodniony ze zleceniodawcą)	2	szt.	55,00	110,00
4	Oględziny elementów ochrony odgromowej wewnętrznej, w tym głównych połączeń wyrównawczych oraz ograniczników przepięć w rozdzielnicach głównej, rozdzielnicach oddziaływowych i instalacji informatycznych	1	ryczałt	200,00	200,00
5	Pomiar rezystancji przejścia w punktach pomiarowych urządzenia piorunochronnego	80	szt.	4,00	320,00
6	Koszty dojazdów samochodu pomiarowego bez kosztów osobowych	1	ryczałt	30,00	30,00
7	Koszty użycia podnośnika do sprawdzenia zwodów na kominach	1	ryczałt	200,00	200,00
<b>Calkowite koszty netto</b>					<b>1060,00</b>
Kosztorys dotyczy kontroli stanu technicznego urządzenia piorunochronnego budynku biurowego..... w ..... przy ul. ...., przeprowadzonej według normy ..... w oparciu o wyżej wymienione czynności, z uwzględnieniem kosztów osobowych.					

Przed rozpoczęciem kontroli urządzenia piorunochronnego jej zakres powinien być uzgodniony na piśmie między zleceniodawcą a zleceniobiorcą. Podstawą umowy powinna być oferta uwzględniająca nakład pracy na sprawdzenie dokumentacji (przeważnie ryczałt), na oględziny (ryczałt), na pomiary (według liczby punktów pomiarowych) i ewentualnie na opracowanie protokołu (ryczałt). Do tego dochodzą koszty dojazdów w przypadku większej odległości i wyposażenia specjalnego (podnośniki do pracy na wysokości, specjalne mierniki itp.). Oględziny uziomów wymagają ich odkopania. Trzeba z góry jasno określić zakres takich robót. W przypadku nawierzchni utwardzonych może być potrzebna firma wyspecjalizowana w robotach drogowych lub robotach podziemnych. Podstawą sporządzenia kosztorysu kontroli są nakłady robocizny według kosztorysowych norm nakładów rzeczowych.

Oferty bez szczegółowej specyfikacji czynności mogą w przypadkach spornych (wystąpienia szkody) sprawić kłopoty kontrolerowi, bo powstają wątpliwości, czy określone sprawdzenia zostały przeprowadzone. Również zarządca obiektu zlecający kontrolę powinien przywiązy-

wać dużą wagę do szczegółowej specyfikacji w ofertach, bo to ułatwia ich porównanie i wybór najwłaściwszej.

Tablica 5 przedstawia przykładowy kosztorys ofertowy sporządzony w roku 2006 przez Jürgena Wettingfelda [9], prowadzącego dużą niemiecką firmę specjalizującą się w wykonawstwie i badaniu urządzeń ochrony odgromowej. Podstawy wyceny robót pochodzą z poradnika VDB<sup>1</sup> (*VDB-Montagehandbuch*). Zwraca uwagę brak pozycji „pomiar rezystancji uziemienia”, który widocznie nie był potrzebny.

## Literatura

1. Kopecky V.: Erfahrungen in der Prüfung von inneren Blitzschutzanlagen. *Elektropraktiker*, 1998, nr 5, s. 466-468, 481-482.
2. Kopecky V.: Überprüfen einer bestehenden Blitzschutzanlage. *Elektropraktiker*, 2000, nr 2, s. 116-119.
3. Kopecky V.: Prüfen von Blitzschutzanlagen. *Der Elektro- und Gebäudetechniker*, 2002, nr 5, s. 61-65, nr 6, s. 58-59.
4. Musiał E.: Dobezipeczenie ograniczników przepięć. *Biul. SEP INPE*, 2006, nr 76-77, s. 3-37.
5. Musiał E.: Pojmowanie przepisów i norm bezpieczeństwa. *Biul. SEP INPE*, 2007, nr 93-94, s. 3-24.
6. Raab V.: Prüfung einer Blitzschutzanlage. *Elektropraktiker*, 2003, nr 3, s. 178.
7. Sieker T., Wetter M.: Prüfung von Überspannungsschutzgeräten gemäß der Norm VDE 0185. etz, 2003, nr 19, s. 34-36.
8. Trommer W., Hampe E.-A.: Blitzschutzanlagen. Planen – Bauen – Prüfen. Hüthig Verlag, Heidelberg, 1997.
9. Wettingfeld J.: Wiederkkehrende Prüfung von Blitzschutzsystemen. Vorgetragen auf der VdS-Fachtagung am 10.05.2006.
10. PN-IEC 60364-6-61:2000. Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Sprawdzanie. Sprawdzanie odbiorcze.
11. PN-HD 384.6.61 S2:2006 (U) Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Część 6-61: Sprawdzanie – Sprawdzanie odbiorcze.
12. PN-86/E-05003/01 Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Wymagania ogólne.
13. PN-89/E-05003/03 Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Ochrona obostrzona.
14. PN-92/E-05003/04 Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Ochrona specjalna.
15. PN-IEC 61312-1:2001 Ochrona przed piorunowym impulsem elektromagnetycznym. Zasady ogólne.
16. PN-IEC 61024-1-1:2001 Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Zasady ogólne.
17. PN-IEC 61024-1-1:2001 Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Zasady ogólne. Wybór poziomów ochrony dla urządzeń piorunochronnych.
18. PN-IEC 61024-1-2:2002 Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Zasady ogólne. Przewodnik B: Projektowanie, montaż, konserwacja i sprawdzanie urządzeń piorunochronnych.
19. PN-IEC/TS 61312-2:2003 Ochrona przed piorunowym impulsem elektromagnetycznym (LEMP). Część 2. Ekranowanie obiektów, połączenia wewnątrz obiektów i uziemienia.
20. PN-IEC/TS 61312-3:2004 Ochrona przed piorunowym impulsem elektromagnetycznym – Część 3. Wymagania dotyczące urządzeń do ograniczania przepięć (SPD).
21. PN-EN 62305-1:2006 (U) Ochrona odgromowa – Część 1: Zasady ogólne.
22. PN-EN 62305-2:2006 (U) Ochrona odgromowa – Część 2: Zarządzanie ryzykiem.
23. PN-EN 62305-3:2006 (U) Ochrona odgromowa – Część 3: Uszkodzenia fizyczne w obiekcie i zagrożenie życia.
24. PN-EN 62305-4:2006 (U) Ochrona odgromowa – Część 4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiekcie.
25. Circulaire n° 93-17 du 28 janvier 1993 relative a la protection de certaines installations classées contre les effets de la foudre (BOMELT n° 506-93/8 du 31 mars 1993). Texte modifié par Cir-culaire 28 octobre 1996. Objet: Application de l'arreté du 28 janvier 1993 relatif a la protection de certaines installations classées contre les effets de la foudre.
26. VdS-Richtlinie 2010: Risikoorientierter Blitz- und Überspannungsschutz. Richtlinien zur Schaden-verhütung.
27. Überprüfung des Zustandes des Blitzschutzsystems von Windenergieanlagen. Arbeitsrichtlinie. Bundesverband WindEnergie – Sachverständigenbeirat, Oktober 2004.

<sup>1)</sup> Verband Deutscher Blitzschutzfirmen e.V. – Związek Niemieckich Firm Ochrony Odgromowej (stowarzyszenie zarejestrowane) z siedzibą w Kolonii.

## Dane źródłowe:

Musiał E.: *Kontrola stanu technicznego urządzeń ochrony odgromowej i przeciwprzepięciowej*. Miesięcznik *INPE*, 2008 r., nr 100, s. 18-37.

## BADANIE STANU OCHRONY PRZECIWPORAŻENIOWEJ W OBWODACH URZĄDZEŃ ENERGOELEKTRONICZNYCH<sup>1)</sup>

### Wstęp

Przy budowie i eksploatacji urządzeń energoelektronicznych oraz urządzeń elektroenergetycznych i innych z wyposażeniem elektronicznym występuje wiele specyficznych i trudnych problemów, które wypada dostrzegać i poprawnie rozwiązywać. Ta dziedzina techniki jest stosunkowo młoda i w nieustannym dynamicznym rozwoju, co sprawia, że normy i przepisy nie nadążają z ustanawianiem w pełni aktualnych i właściwych dla tych urządzeń uznanych reguł technicznych.

Niezależnie od wyraźnej specyfiki urządzeń elektronicznych, w tym urządzeń energoelektronicznych, podlegają one ogólnym przepisom bezpieczeństwa, np. ustawie o ogólnym bezpieczeństwie produktów, przepisom w sprawie wymagań zasadniczych dla sprzętu elektrycznego i przepisom w sprawie odbiorczych i okresowych kontroli stanu technicznego. Zasady bezpiecznego użytkowania, uwzględniające wszelkie narażenia i zagrożenia, powinna określać instrukcja eksploatacji, której nieodłączną częścią jest dokumentacja techniczno-ruchowa dostarczona przez producenta. Powinna ona precyzować między innymi zasady i tryb przeprowadzania kontroli stanu technicznego urządzeń.

Osoby odpowiedzialne za eksploatację urządzeń energoelektronicznych utyskują niekiedy, że nie ma właściwych dla nich szczegółowych aktów normatywnych określających zasady eksploatacji. Zapominają przy tym, że urządzenia elektroniczne są urządzeniami elektrycznymi i szerzej – bywają wyposażeniem maszyn i urządzeń technologicznych, budynków, obiektów liniowych i innych obiektów technicznych. Zatem dotyczą ich normy i przepisy eksploatacji urządzeń elektrycznych, a pośrednio także liczne akty normatywne eksploatacji wspomnianych obiektów, w skład których wchodzi. W załączniku zestawiono sztandarowe postanowienia najważniejszych aktów normatywnych związanych z eksploatacją, z właściwości których urządzenia energoelektroniczne nie są bynajmniej wyłączone.

### 1. Ogólne zasady kontroli stanu urządzeń elektrycznych

#### 1.1. Celowość i tryb obligatoryjnych kontroli

Instalacje i urządzenia elektryczne wszelkiego rodzaju (elektroenergetyczne, energoelektroniczne, sterowania, automatyki, zabezpieczeń, przesyłu informacji, piorunochronne) są nieodłącznym składnikiem wyposażenia obiektów budowlanych, w tym zakładów pracy oraz różnorodnych budynków użyteczności publicznej i mieszkalnych. Od ich poprawnego stanu technicznego zależy bezpieczeństwo ludzi, mienia i środowiska i z tych powodów przepisy prawa wymagają należytego nadzoru nad ich eksploatacją. Do takiego nadzoru są zobowiązani

<sup>1)</sup> Referat dra inż. Edwarda Musiała w zbliżonej wersji znalazł się w programie konferencji „AUTOMATYKA, POMIARY, ZAKŁÓCENIA”, która odbyła się w dniach 25-27 maja 2006 r. w Juracie. Niniejszy tekst publikujemy w porozumieniu z firmą INFOTECH z Gdańska, organizatorem konferencji.



właściciele bądź zarządcy obiektów oraz właściwe organy państwa, a w szczególności nadzór budowlany, inspekcja pracy i straż pożarna.

Te wymagania zasadnicze dotyczą nie tylko urządzeń elektrycznych wzbudzających respekt samym wyglądem, tzn. urządzeń elektroenergetycznych niskiego i wysokiego napięcia, w tym przekształtników dużej mocy, ale również ich obwodów wtórnych i wszelkich urządzeń sterowania, sygnalizacji oraz przesyłu informacji. Niesprawność przekładnika zabezpieczeniowego bądź przerwa w działaniu linii transmisji sygnałów może spowodować większe zagrożenia i znaczniejsze straty niż wadliwe działanie urządzenia elektroenergetycznego o imponującym gabarycie.

Kontrola stanu technicznego urządzeń elektrycznych jest wymagana w trzech następujących sytuacjach:

1. **Badania odbiorcze** nowo zainstalowanego urządzenia przed oddaniem do eksploatacji, których zakres jest szeroki.
2. **Badania okresowe** urządzenia w trakcie eksploatacji, prowadzone w określonych odstępach czasu, sprawdzające, czy nie doszło do uszkodzeń lub niedopuszczalnego pogorszenia parametrów. W urządzeniach pod specjalnym nadzorem (ang. *installations under effective supervision*) stałe monitorowanie stanu urządzeń oraz staranna konserwacja zapobiegawcza (ang. *continuous monitoring and maintenance*) mogą zastępować okresowe kontrole stanu urządzeń.
3. **Badania na żądanie** inspekcji pracy w razie uzasadnionego podejrzenia zaniedbań zasad bezpieczeństwa. Według standardów europejskich badania na żądanie wykonuje się w tak szerokim zakresie, jak badania odbiorcze [28, 29].

Wymagania zasadnicze stawiane instalacjom i urządzeniom elektrycznym powinny być spełnione przez cały okres ich eksploatacji. Dokumentem określającym zasady racjonalnej i bezpiecznej eksploatacji jest **instrukcja eksploatacji** opracowana w oparciu o **dokumentację techniczno-ruchową** wytwórcy urządzenia bądź w oparciu o projekt techniczny instalacji elektrycznych i aktualne zasady wiedzy technicznej.

## 1.2. Instrukcje eksploatacji

Instrukcje eksploatacji instalacji i urządzeń elektrycznych są podstawowymi dokumentami, które mają zapewniać racjonalizację zużycia energii, oczekiwaną trwałość i niezawodność wyposażenia technicznego oraz szeroko pojęte bezpieczeństwo obsługi i otoczenia. Instrukcje powinny zawierać:

- charakterystykę techniczną instalacji i urządzeń oraz warunki techniczne eksploatacji,
- opis zastosowanych środków ochrony przed możliwymi zagrożeniami, opis organizacyjnych i technicznych środków ochrony przed porażeniem, pożarem i innymi zagrożeniami, jeśli występują,
- opis czynności związanych z uruchomieniem, obsługą i zatrzymaniem urządzeń podczas normalnego użytkowania oraz w razie konieczności awaryjnego zatrzymania,
- instrukcje postępowania w razie awarii, pożaru bądź wybuchu albo innego nadzwyczajnego zagrożenia dla ludzi, mienia bądź środowiska; jest to szczególnie ważne w odniesieniu do tych zakładów, które zgodnie z Dyrektywą Seveso II są lub będą zakwalifikowane do zakładów o zwiększonym ryzyku wystąpienia awarii (zagrożenie o skutkach lokalnych) lub do zakładów o dużym ryzyku wystąpienia awarii (zagrożenie o skutkach ponadlokalnych),
- określenie wymaganych kwalifikacji osób eksploatacji i dozoru na poszczególnych stanowiskach pracy,
- wymagane zapisy dokonywanych manipulacji ruchowych i wskazań aparatury, jeśli nie są one samoczynnie rejestrowane,
- zakresy i terminy bieżących czynności konserwacyjnych, przeglądów technicznych i remontów,

- zakresy i terminy okresowych kontroli stanu technicznego oraz kryteria oceny sprawności technicznej instalacji i urządzeń.

W skład instrukcji eksploatacji wchodzi liczne dokumenty związane z budową i eksploatacją instalacji i urządzeń: projekty techniczne (opisy, obliczenia, rysunki z naniesionymi zmianami z okresu budowy i dotychczasowej eksploatacji) lub dokumentacja fabryczna (z atestami, certyfikatami i kartami gwarancyjnymi), dokumenty przyjęcia urządzeń do eksploatacji (wraz ze sprawozdaniem z przeprowadzonych badań odbiorczych oraz z rozruchu bądź ruchu próbnego), fabryczne instrukcje eksploatacji łącznie z ew. programami pracy urządzenia, protokoły przeglądów i remontów, protokoły badań odbiorczych i okresowych, protokoły poawaryjne z potwierdzeniem usunięcia stwierdzonych usterek. Instrukcje powinny być bieżąco aktualizowane, czynności protokołowane, a dokonywane zmiany nanoszone na planach i schematach.

W systemie gospodarki nakazowej obowiązywały do lat 90. ubiegłego wieku „Przepisy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych” zawierające liczne zarządzenia resortowe w sprawie szczegółowych zasad eksploatacji poszczególnych rodzajów urządzeń. Były one na tyle szczegółowe, że spełniały rolę dzisiejszych instrukcji eksploatacji. Wystarczyło z nich sporządzić skrócone wyiągi jako stanowiskowe instrukcje eksploatacji, które i obecnie są sporządzane.

Rezygnacja z narzuconych ogólnie szczegółowych zasad eksploatacji bynajmniej nie oznacza, że państwo zrezygnuje z nadzoru nad warunkami bezpieczeństwa i higieny pracy. Natomiast oznacza, że państwo nie zamierza ingerować w ustalanie szczegółowych zasad eksploatacji instalacji i urządzeń stanowiących majątek przedsiębiorstw, które doń nie należą. Nie zamierza ingerować bezpośrednio w racjonalizację gospodarki energetycznej, nie zamierza każdorazowo rozstrzygać alternatywy: droższe urządzenie obywające się bez częstych przeglądów, czy tańsze wymagające częstszej konserwacji, przeglądów i remontów. O tym powinien decydować właściciel bądź zarządca, a podczas projektowania nowych obiektów powinien o tym decydować projektant w porozumieniu z inwestorem. Nie sposób racjonalnie zaprojektować elektryczne wyposażenie obiektu w oderwaniu od spodziewanych warunków eksploatacji i taki sposób myślenia będzie się upowszechniał.

Zwiastunem są na przykład postanowienia nowej normy PN-EN 12464-1:2004 dotyczącej oświetlenia wnetrz, która obciąża projektanta obowiązkiem ustalenia planu konserwacji oświetlenia, uwzględniającego dobrany sprzęt oświetleniowy i warunki środowiskowe, jako podstawy obliczenia wartości współczynnika utrzymania. Według przepisów brytyjskich [27] projektant proponuje i uzgadnia z inwestorem częstość i zakres okresowych oględzin, sprawdzeń i pomiarów, stosownie do jakości i niezawodności dobieranych urządzeń, dla zapewnienia im oczekiwanej trwałości. Na życzenie inwestora może zmniejszyć częstość i zakres okresowych kontroli dobierając kosztowniejsze urządzenia wyższej jakości. Może pójść jeszcze dalej i wprowadzić system *monitoringu* zastępującego okresowe kontrole stanu technicznego albo znacznie wydłużającego przedział czasu między kolejnymi kontrolami. Jest to inwestycja radykalnie odmieniająca *szczególne zasady eksploatacji*.

Projektant może ułatwić różne zabiegi eksploatacyjne, również czynności kontrolne. Na przykład w obiekcie niebezpiecznym pod względem pożarowym, gdzie częściej będą przeprowadzane pomiary rezystancji izolacji w pełnym zakresie, może dobrać ograniczniki przepięć w wykonaniu wtykowym i umieścić w rozdzielnicach odcinacze w torach neutralnych (łączniki bez napędu, przystosowane do zamykania i otwierania za pomocą narzędzia w stanie bezprądowym obwodu).

Polski elektryk przygotowujący instrukcje eksploatacji musi spełnić wymogi polskiego prawa, a ponadto może i powinien korzystać ze wszelkich uznanych zasad wiedzy technicznej. Stanowią je nie tylko Polskie Normy, jeżeli są poprawnie przetłumaczone, ale również normy własne innych krajów, zwłaszcza normy niemieckie DIN VDE oraz przepisy prawa innych krajów. Są to zbiory aktualnych zasad wiedzy na ogół bardziej rzetelne niż opracowania tworzone w Warszawie.

### **1.3. Zakres odbiorczych kontroli instalacji i urządzeń elektrycznych**

Kontrolę odbiorczą (odbiór) przeprowadza się przed oddaniem do eksploatacji instalacji nowo zbudowanej lub przebudowanej albo zmodernizowanej. Kontrola odbiorcza ma za zadanie sprawdzić rzetelność projektu, zgodność wykonania z projektem i z obowiązującymi przepisami oraz z zasadami wiedzy technicznej zebranymi przede wszystkim w normach.

Według szczegółowych wytycznych francuskich [28, 29] badania odbiorcze mają następujący zakres:

- Sprawdzenie założeń projektowych. Sprawdzenie, czy projekt zawiera wymagane obliczenia, a jeśli projektant korzystał z oprogramowania, to czy ma ono wymagany certyfikat. Sprawdzenie, czy wyniki obliczeń poprawnie wykorzystano przy doborze aparatów i urządzeń.
- Sprawdzenie planów i schematów instalacji, w tym – kompletności podanych na nich informacji.
- Oględziny sprawdzające zgodność wykonania z dokumentacją: zainstalowane rozdzielnice i ich wyposażenie, transformatory i przekształtniki, przewody i sposób ich ułożenia, silniki i inne urządzenia odbiorcze.
- Sprawdzenie doboru i stanu zabezpieczeń nadprądowych przewodów i silników. W przypadku wyposażenia nowych maszyn oznaczonych znakiem CE ma miejsce domniemanie zgodności z dyrektywą niskonapięciową oraz dyrektywą maszynową i sprawdzanie jest zbędne.
- Sprawdzenie stanu ochrony przeciwporażeniowej podstawowej. Sprawdzenie stanu i stopnia ochrony obudów. Pomiar rezystancji izolacji (z pominięciem obwodów SELV i PELV oraz sprzętu klasy ochronności II i/lub sprzętu informatycznego).
- Sprawdzenie ciągłości połączeń ochronnych.
- Sprawdzenie rzeczywistej wartości różnicowego prądu zadziałania wyłączników różnicowoprądowych.
- Sprawdzenie warunku samoczynnego wyłączenia zasilania przez zabezpieczenia nadprądowe.
- Sprawdzenie działania urządzeń oświetlenia awaryjnego wraz z układem ich zasilania.
- Sprawdzenie działania urządzeń do wyłączania awaryjnego.
- Sprawdzenie wyposażenia w sprzęt ochronny, tablice ostrzegawcze i informacyjne.

### **1.4. Zakres okresowych kontroli stanu technicznego**

Okresowe kontrole stanu technicznego mają sprawdzić, czy nie doszło do niedopuszczalnego pogorszenia stanu instalacji i urządzeń prawidłowo zaprojektowanych i poprawnie zbudowanych, co wykazały rzetelnie przeprowadzone badania odbiorcze (protokoły są dostępne), i poprawnie dotychczas eksploatowanych, co wykazały uprzednie kontrole okresowe (protokoły są dostępne). Mają też wykryć i sprawdzić ewentualne zmiany (również wymiany uszkodzonych aparatów lub innych elementów) wprowadzone po poprzedniej kontroli, ich zakres, celowość i poprawność. W przypadku dokonania zmian zasadniczych po poprzedniej kontroli, instalacja bądź jej część podlegają badaniom odbiorczym.

Co do zakresu okresowych kontroli stanu technicznego instalacji i urządzeń elektrycznych obserwuje się w Polsce rozdwojenie jaźni:

- wpisuje się zakres jak największy w przepisach, zarządzeniach, wytycznych, instrukcjach, najchętniej bez dopuszczenia jakichkolwiek odstępstw, aby nikt nie zarzucił, że cokolwiek pominięto, a następnie
- lekceważy się i omija te zapisy, bo literalne ich dopełnienie bywa kłopotliwe i/lub kosztowne, a niekiedy praktycznie niemożliwe.

Pomimo tej zapobiegliwości autorów przepisów i instrukcji, wspieranej przez osoby i firmy wążące łatwy zarobek, teksty są niedopracowane, niejednoznaczne i w zapisach szczegółowych

odbiegające od praktyki starszych członków Unii. Same kontrole, w tym badania i pomiary, nader często bywają przeprowadzane niestaranie i niekompetentnie, a bywa, że ich protokoły są niewiele warte.

Grzechem najpoważniejszym jest **niedoceniającie oględzin** jako ważnej czynności kontrolnej. Wprawne oko autentycznego fachowca czasem więcej wypatrzy niż pomiar miernikiem w ręku osoby nie dość kompetentnej. Czynności kontrolne to oględziny, sprawdzenia za pomocą próbników oraz pomiary za pomocą mierników (niem. *Besichtigung, Erproben und Messen*). Identycznie stawia sprawę projekt arkusza IEC 60364-6, Part 6: Verification [22], który na wstępie podkreśla, że kontrola (sprawdzenie) stanu technicznego instalacji elektrycznej obejmuje wspomniane czynności oraz sporządzenie protokołu: **Verification = inspection + testing + reporting**.

Przy badaniach okresowych pamiętać trzeba o zasadzie **ochrony zastanej**. Od istniejących starszych instalacji i urządzeń wymaga się zgodności z normami i przepisami budowy z okresu ich projektowania i wykonania, pod dwoma wszakże warunkami:

- później wprowadzane przepisy (lub obligatoryjne normy) nie wymagały doprowadzenia z określonym *vacatio legis* istniejących urządzeń do stanu zgodności z ich wszystkimi lub wybranymi postanowieniami,
- w instalacji bądź urządzeniu nie dokonywano *zmian zasadniczych* poprzez przebudowę lub modernizację.

Tym niemniej również starszych urządzeń dotyczą obecne przepisy bezpieczeństwa pracy [8], zwłaszcza w zakresie ochrony od porażień, pożarów i wybuchów.

We Francji [28, 29] osoba przystępująca po raz pierwszy do kontroli okresowej w jakimś obiekcie musi otrzymać protokół badań odbiorczych i kolejnych kontroli okresowych poprzedzających jej przybycie. W przeciwnym razie jest obowiązana przeprowadzić nie kontrolę okresową, lecz badania odbiorcze w pełnym zakresie (znacznie szerszym niż badania okresowe) i przedstawić protokół badań odbiorczych.

### 1.5. Częstość okresowych kontroli stanu technicznego

Jako zwykły okres czasu między kolejnymi okresowymi kontrolami stanu technicznego instalacji i urządzeń elektrycznych stanowiących wyposażenie budynków polskie prawo budowlane uznaje okres nie dłuższy niż 5 lat. Okresy krótsze powinny dotyczyć niekorzystnych warunków środowiskowych i/lub zwiększonego zagrożenia porażeniem, pożarem bądź wybuchem.

Podobnie 5 lat obowiązuje w Austrii jako zasada ogólna, ale 3 lata w warunkach niekorzystnych narażeń środowiskowych (wilgoć, silne zabrudzenie, narażenia chemiczne, mechaniczne, anormalna temperatura) i 1 rok w przypadku skrajnie niekorzystnych narażeń środowiskowych (szczególna intensywność czynników uprzednio wymienionych albo jednocześnie występowanie kilku z nich), w tym na placach budowy. Wydłużenie okresów międzykontrolnych do 10 lat przewiduje się dla instalacji w budynkach biurowych i handlowych.

We francuskich zakładach pracy [28, 29] kontrole okresowe przeprowadza się corocznie. Zarządca może ten okres wydłużyć do dwóch lat, jeżeli poprzedni protokół nie sygnalizował żadnych istotnych usterek bądź zalecenia zawarte w protokole zostały w terminie wykonane. Listem poleconym ze zwrotnym poświadczeniem odbioru zarządca informuje o tym inspektora pracy, który bieżąco otrzymuje wnioski z kontroli.

Według norm niemieckich [23, 24] częstość sprawdzania skuteczności ochrony przeciwporażeniowej powinna być uzależniona od warunków środowiskowych określających stopień narażenia urządzeń elektrycznych na uszkodzenia i stopień zagrożenia ludzi porażeniem. Okresowe sprawdzanie skuteczności ochrony w pełnym zakresie powinno odbywać się w odstępach czasu nie większych niż:

- 1 miesiąc w instalacjach ruchomych z wyłącznikami różnicowoprądowymi,
- 1/2 roku w instalacjach publicznych basenów kąpielowych, łaźni i saun,

- 1 rok w innych warunkach szczególnego zagrożenia (arkusze 700),
- 2 lata w instalacjach biurowców,
- 4 lata w innych instalacjach.

Badania sprzętu ruchomego wykonuje się w Niemczech [25, 26] w zasadzie co  $1/2$  roku, ale jeżeli kontrola wykazuje mniej niż 2% sprzętu z usterkami, to okres czasu między kolejnymi badaniami wolno wydłużyć. To jest drogowskaz dla wszystkich, którzy zastanawiają się, jakiej częstości przeglądów, kontroli i badań wymagać. Właściwym kryterium jest największy akceptowalny odsetek wykrywanego sprzętu wadliwego.

## 2. Szczególne problemy kontroli stanu urządzeń elektronicznych

### 2.1. Uwagi wstępne

W krajach Unii zasady bezpieczeństwa użytkowania urządzeń energoelektronicznych – stosownie do ich rodzaju – podlegają dyrektywie niskiego napięcia, dyrektywie kompatybilności i ew. dyrektywie maszynowej; tym samym podlegają postanowieniom norm zharmonizowanych z tymi dyrektywami.

Producent jest obowiązany zastosować wbudowane układy zabezpieczeniowe i ochronne, stanowiące integralną część urządzenia, i drobiazgowo określić pozostałe, które należy wprowadzić w instalacji zasilającej, w obwodach wyjściowych i w otoczeniu urządzenia [6]. Jednakowoż w wielu przypadkach brakuje jednoznacznych postanowień norm odnośnie do badania ich skuteczności i wiele polega na doświadczeniu producentów, stosujących rozwiązania niejednolite, czasem kontrowersyjne. Na przykład rozwiązanie korzystne dla ochrony przeciwporażeniowej może wydawać się niewskazane z punktu widzenia ochrony przeciwzakłóceńowej lub wymagania ciągłości pracy układu. Taki konflikt powstaje na przykład w kwestii łączenia ze sobą przewodów ochronnych i/lub przewodów uziemień funkcjonalnych różnych obwodów, zasilanych z różnych źródeł, a występujących w tym samym urządzeniu. Względy ochrony przeciwporażeniowej, które są priorytetowe, wymagają ich łączenia i na ogół daje się to pogodzić z wymaganiami kompatybilności. Rozwiązanie przeciwne wymagałoby karkołomnych rozwiązań uniemożliwiających jednocześnie dotknięcie części dostępnych niepołączonych przewodami wyrównawczymi.

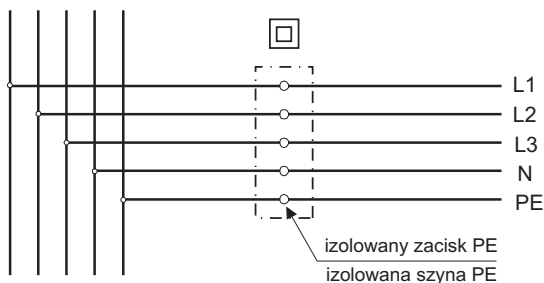
Rozważając zakres i sposób przeprowadzania kontroli stanu technicznego urządzeń energoelektronicznych, zwłaszcza kontroli okresowych, trzeba pamiętać, że te kontrole nie są celem samym w sobie. Mają one służyć zapewnieniu niezawodnej pracy urządzeń i należytej ich trwałości. Obowiązuje zasada, jak w medycynie: *primum non nocere!* Godne zauważenia jest też przykazanie niemieckich techników dotyczące takich właśnie sytuacji: *Beschädigung durch Prüfen vermeiden!* (Wystrzegaj się uszkodzania przez badanie). Unikać też trzeba kosztownej dezorganizacji pracy obiektu o ruchu ciągłym. Jeżeli jakieś badanie jest bardzo trudno wykonać, jest ono praktycznie niewykonalne, to zamiast się przy nim upierać, należy zastanowić się nad możliwością badania zastępczego, dającego informację równoważną, czy chociażby wystarczającą przydatną. Podobne przejawy racjonalnego podejścia spotyka się już w normach przedmiotowych, np. uzupełniony komentarzem zapis w normie PN-EN 61800-1:2000 [18]: *Zaleca się ograniczenie kosztownych badań tylko do tych, które są niezbędne.*

### 2.2. Znaczenie klasyfikacji urządzeń

Niektóre wymagania konstrukcyjne i eksploatacyjne stawiane urządzeniom niskonapięciowym zależą od ich klasy ochronności. W przypadku urządzeń energoelektronicznych klasa ochronności 0 nie wchodzi w rachubę, a klasa III tylko wyjątkowo i kłopotliwych problemów nie przysparza. Zatem pozostają tylko dwie klasy ochronności: I oraz II.

**Klasa ochronności I.** Urządzenie ma izolację podstawową jako środek ochrony podstawowej i zawiera części przewodzące dostępne, do których przyłącza się przewód ochronny PE, stanowiący element układu ochrony dodatkowej, zwykle – samoczynnego wyłączenia zasilania.

**Klasa ochronności II**, czyli **izolacja ochronna**. Urządzenie ma **ochronną osłonę izolacyjną** lub **izolację podwójną** (izolację podstawową i oddzieloną od niej częściami przewodzącymi pośrednimi izolację dodatkową) albo **izolację wzmocnioną**, czyli pojedynczy układ izolacyjny równoważny izolacji podwójnej, co jest dopuszczalne tylko wtedy, kiedy izolacji podwójnej wykonać się nie da. Jeżeli przez takie urządzenie trzeba poprowadzić przewód ochronny PE, bo jest on potrzebny w obwodzie wyjściowym, to we wnętrzu urządzenia klasy ochronności II przewód ochronny PE i jego zaciski powinny być izolowane, jak przewody czynne (rys. 1). We wnętrzu urządzenia klasy ochronności II przewodu ochronnego PE nie wolno przyłączyć do żadnych części przewodzących dostępnych bądź pośrednich; nie wolno go wykorzystywać ani dla celów ochrony przeciwporażeniowej, ani do uziemienia roboczego (funkcjonalnego).



**Rys. 1.** Sposób prowadzenia obwodu z przewodem ochronnym PE przez urządzenie (rozdzielnicę, sterownicę) klasy ochronności II. Układ instalacji: TN-S, TT lub IT

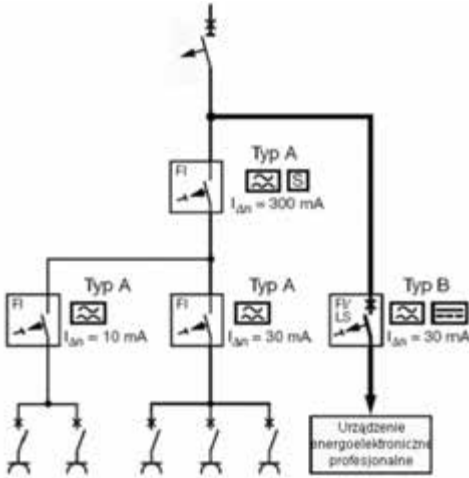
Kontrowersje zachodzą w przypadku niektórych urządzeń, zwłaszcza z układami energoelektronicznymi, które spełniają wymagania konstrukcyjne stawiane układom izolacyjnym urządzeń klasy ochronności II, ale mają przyłączony przewód ochronny, niezbędny do ich poprawnego działania. Wymykają się one tradycyjnej interpretacji poszczególnych klas ochronności. Jest tak w przypadku urządzeń elektronicznych całkowicie osłoniętych obudową izolacyjną, zawierających filtr lub filtry przeciwzakłóceń wymagające przyłączenia przewodu ochronnego PE. Jest tak również w przypadku przepływowych ogrzewaczy wody o osłonie izolacyjnej, w których przewód ochronny PE, przyłączony do dyszy lub sitka u wylotu wody, zapewnia utrzymanie na dopuszczalnym poziomie prądu dotykowego przy styczności człowieka ze strumieniem wypływającej wody.

Uważna lektura objaśnionych wyżej cech urządzeń klas ochronności I i II wyjaśnia, że takich urządzeń nie należy zaliczać do klasy ochronności II i nie wolno oznaczać podwójnym kwadratem. Wobec tego należą one do urządzeń klasy ochronności I (jeden), mimo że nie mają na zewnątrz żadnych części przewodzących dostępnych albo jedyną taką częścią jest styk ochronny PE w urządzeniu wtykowym, na ogół niedostępny podczas normalnego użytkowania [1].

Wymagania stawiane bezpieczeństwu użytkowania urządzeń energoelektronicznych są też uzależnione od oczekiwanych kwalifikacji osób, które mają je obsługiwać.

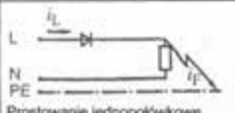
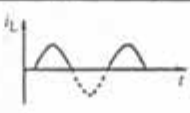
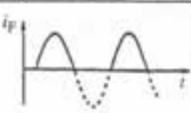
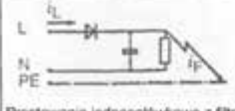


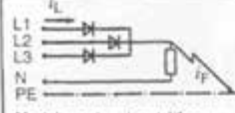
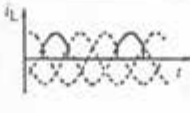
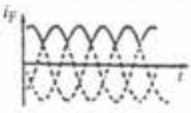
Wyższe wymagania odnośnie do konstrukcji i zasad bezpieczeństwa w miejscu użytkownika stawia się urządzeniom przeznaczonym do stosowania przez osoby niewykwalifikowane. Chodzi o urządzenia stałe i ruchome mniejszej mocy (umownie  $P_n \leq 4$  kW), zasilane z instalacji 230/400 V, zwłaszcza urządzenia gospodarstwa domowego ze sterownikami elektronicznymi, wymagające certyfikacji przez laboratoria akredytowane. Powinny być one tak skonstruowane, aby nie mogły wywoływać prądu różnicowego stałego o małym tętnieniu. W ich obwodzie powinien wystarczyć wyłącznik różnicowoprądowy o wyzwalaniu typu A.

W obwodach urządzeń większej mocy, które na ogół są urządzeniami profesjonalnymi, może występować prąd różnicowy stały o niedużym tętnieniu, co wymaga stosowania wyłączników różnicowoprądowych o wyzwaniu typu B (rys. 2) albo innych środków ochrony, np. izolacji ochronnej (urządzenia o niedużej mocy), albo środków eliminujących składową stałą (zasilanie poprzez transformator izolacyjny).



Rys. 2. Zalecenia dotyczące wyposażenia w wyłączniki różnicowoprądowe instalacji zasilających urządzenia energoelektroniczne

Warto podkreślić, że przebieg prądu zwarcia doziemnego za energoelektronicznym przekształtnikiem lub sterownikiem i tym samym – prądu różnicowego w obwodzie zasilającym może być zupełnie inny niż przebieg prądu roboczego płynącego w tym obwodzie i łatwo tu o groźną w skutkach pomyłkę. Na rys. 3 przedstawiono trzy przykłady, które to ilustrują, w normie [15] i w literaturze można ich znaleźć znacznie więcej.

Układ	Prąd pobierany z sieci	Prąd zwarcia z ziemią
 <p>Prostowanie jednopółokwowe</p>		
 <p>Prostowanie jednopółokwowe z filtrem napięcia</p>		
 <p>Mostek prostowniczy trójfazowy</p>		

Rys. 3. Porównanie przebiegów prądu roboczego i prądu zwarcia doziemnego w obwodzie z przyrządami półprzewodnikowymi

Zakłada się, że urządzenia profesjonalne o dużej mocy są obsługiwane przez osoby wykwalifikowane. Zatem może wystarczać – po otwarciu rozdzielnic lub sterownic – ochrona przed przypadkowym dotknięciem części czynnych. Nie wymaga się stosowania urządzeń różnicowoprądowych, bo wobec dużych ustalonych i przejściowych prądów upływowych mogłyby one podlegać zbędnym działaniom. Dużą uwagę przywiązuje się do napisów informacyjnych i ostrzegawczych, zrozumiiałych dla osób wykwalifikowanych.

Stanem zwiększonego zagrożenia mogą być prace rozruchowo-regulacyjne i strojenie urządzeń energoelektronicznych nowo instalowanych bądź uruchamianych po naprawie. Rutynowo wykonuje się je przy otwartych drzwiach i obudowach czynnych urządzeń. Wprowadzenie mikroprocesorowych układów sterowania i możliwość sprawdzania bądź modyfikowania oprogramowania z przenośnego komputera poważnie zmniejszyła narażenia personelu serwisowego na pokusę prac pod napięciem niezupełnie zgodnych z zasadami bezpieczeństwa.

### 2.3. Badanie stanu izolacji podstawowej

Tylko przy badaniach odbiorczych, przed ostatecznym zmontowaniem przekształtnika, jest możliwe wszechstronne zbadanie stanu izolacji podstawowej, łącznie ze sprawdzeniem dopełnienia zasad koordynacji izolacji [16, 17]. Chodzi m.in. o sprawdzenie odstępów izolacyjnych powierzchniowych wymiarowanych stosownie do największego dopuszczalnego napięcia roboczego oraz odstępów powietrznych wymiarowanych zależnie od spodziewanego poziomu przepięć.

**Izolacja doziemna** obwodów wejściowych galwanicznie połączonych z instalacją zasilającą 230/400 V w zasadzie powinna być wymiarowana według kategorii przepięciowej III (4 kV, 1,2/50  $\mu$ s), a obwodów wtórnych oddzielonych transformatorem izolacyjnym – według kategorii przepięciowej II (2,5 kV, 1,2/50  $\mu$ s). Izolacja międzybiegunowa obwodów wtórnych powinna spełniać wymagania według kategorii przepięciowej I (1,5 kV, 1,2/50  $\mu$ s); podobne wymaganie odnoszą się do obwodów wejściowych (sieciowych), jeżeli są one wyposażone w ograniczniki przepięć.

**Zwykle wykonanie** przekształtników jest przeznaczone do pracy w miejscach suchych bądź przejściowo wilgotnych i pozbawionych pyłów przewodzących, tzn. w środowisku bez zwiększonych narażeń. Urządzenie przeznaczone do pracy w innych warunkach wymagałoby wielokrotnego zwiększenia odstępów izolacyjnych powierzchniowych. Przy wymuszonym przewietrzaniu pyły przewodzące, zwłaszcza w połączeniu ze zwiększoną wilgotnością powietrza, poważnie degradują własności odstępów izolacyjnych powierzchniowych.

W trakcie montażu samego przekształtnika wchodzi w rachubę **badanie wytrzymałości elektrycznej** izolacji doziemnej, które wykonuje się rozmaicie, zależnie od zastosowanych zaworów. Diody i tyrystory są mocowane na radiatorach izolowanych od masy, wobec czego zwiera się wszystkie elektrody i sprawdza napięciem probierczym przemiennej wytrzymałość elektryczną izolacji względem uziemionej obudowy. Transystory IGBT i bloki elektroizolowane są mocowane na uziemionych radiatorach; odłącza się elektrody, a pozostałe elementy obwodów zwiera ze sobą i sprawdza napięciem probierczym przemiennej wytrzymałość elektryczną izolacji względem uziemionej obudowy.

Podczas instalowania przekształtnika, w miejscu jego przyszłej pracy, należy przeprowadzić **pomiar rezystancji izolacji** przewodów i innych elementów przed dołączeniem urządzeń elektronicznych. Pomiar należy wykonać między przewodami czynnymi oraz między każdym z przewodów czynnych a ziemią. Wymagania (tabl. 1) odnośnie do napięcia pomiarowego i najmniejszej dopuszczalnej wartości rezystancji izolacji norma PN-EN 50178:2003 [15] formułuje identycznie, jak arkusz PN-IEC 60364-6-61:2000 [20]. Nie przeprowadza się pomiaru rezystancji izolacji samego przekształtnika ze względu na ryzyko uszkodzenia.

Podczas wyboru prezydenta RP w roku 1989 (W. Jaruzelskiego) nikt spośród obecnych na sali 544 członków Zgromadzenia Narodowego nie wiedział, jak zaokrąglić do liczby całkowi-



tej obliczoną połowę liczby oddanych ważnych głosów (537) i nikt – łącznie z dobrze opłacanymi doradcami i ekspertami – nie miał pojęcia, że jest Polska Norma [12], zgodna ze standardami ogólnoswiatowymi, która to jednoznacznie określa. Uczyniono z tego problem polityczny, jedni żądali zaokrąglenia w górę, a inni w dół, stosownie do przynależności partyjnej.

**Tablica 1.** Wymagania odnośnie do pomiaru rezystancji izolacji

Napięcie znamionowe obwodu	Napięcie pomiarowe	Najmniejsza dopuszczalna rezystancja izolacji
V	V	MΩ
Bardzo niskie ze źródła bezpiecznego: SELV, PELV	250	0,25
$U_n \leq 500$ V (poza SELV i PELV)	500	0,5
$U_n > 500$ V	1000	1,0

Podobnie wielu inżynierów patrząc na liczby w tablicy 1 nie widzi różnicy na przykład między zapisem  $R_{iz} \geq 1,0$  MΩ a zapisem  $R_{iz} \geq 1$  MΩ. A różnica jest duża i w sytuacjach spornych może wiele kosztować.

Zapis w normie  $R_{iz} \geq 1,0$  MΩ oznacza, że najmniejsza dopuszczalna wartość została określona z drugim stopniem dokładności, z dokładnością dwóch cyfr znaczących (cyfr wartościowych). Zatem porównywany z nią wynik pomiaru należy podać z tą samą dokładnością, należy zaokrąglić do dwóch cyfr znaczących. Wobec tego za najmniejszy pozytywny wynik pomiaru należy uznać liczbę dokładną **0,995 MΩ**, co po zaokrągleniu do dwóch cyfr znaczących daje 1,0 MΩ. Wynik pomiaru sytuuje się dokładnie pośrodku pomiędzy dwiema liczbami o dwóch cyfrach znaczących: 0,99 oraz 1,0. W takim przypadku zaokrągliła się do liczby parzystej (1,0), o czym reprezentanci narodu nie wiedzieli.

Zapis w normie  $R_{iz} \geq 1$  MΩ oznaczałby, że najmniejsza dopuszczalna wartość została określona z pierwszym stopniem dokładności, z dokładnością jednej cyfry znaczącej. Za najmniejszy pozytywny wynik pomiaru należałoby uznać wartość nieco większą niż 0,5 MΩ, bo wartość dokładna **0,5** i każda mniejsza po zaokrągleniu byłaby zapisana jako zero. Taka byłaby literalna interpretacja tego postanowienia, do wygrania przed sądem, niezależnie od tego, czy autorzy aktu normatywnego rozumieli, co piszą.

W trakcie okresowych kontroli stanu technicznego urządzeń energoelektronicznych tym bardziej rezygnuje się z pomiaru rezystancji izolacji. Z drugiej strony wiadomo, że częstym powodem awarii przekształtników są przebicia izolacji między obwodami głównymi a obwodami regulacji i sterowania. Stąd zrozumiałe dążenie do pomiaru zastępczego, pozbawionego ryzyka uszkodzenia urządzenia, ale charakteryzującego stan izolacji. Takie badanie może polegać na pomiarze prądu upływowego.

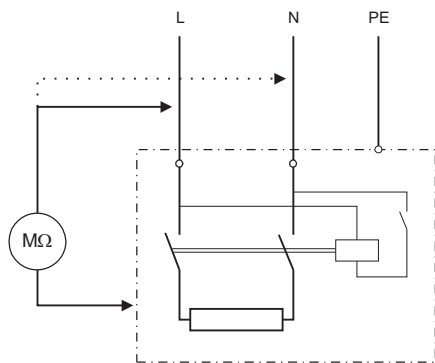
Ryzyko **zasilania zwrotnego** jest specyfiką zasilaczy UPS. Po odłączeniu od sieci zasilającej stanowią one samoistne źródło energii, grożące porażeniem i to przez czas dłuższy niż przewidywany czas rezerwy bateryjnej. Problem dotyczy zwłaszcza zasilaczy UPS małej mocy, przyłączanych do instalacji poprzez przewód ruchomy i łącznik wtyczkowy. Po wyjęciu wtyczki z gniazda musi być zapewnione bezpieczeństwo dotykowe, np. nie powinno być napięcia na wystających stykach wtyczki.

## 2.4. Pomiar prądu upływowego

Pomiary rezystancji izolacji wymagają długotrwałego wyłączenia instalacji spod napięcia, co w niektórych obiektach jest niepożądane albo w ogóle nie wchodzi w rachubę. Bywa, że łatami nie można sobie pozwolić na takie pomiary. Pomiar wielkości pochodnych prądu upływo-

wego: prądu w przewodzie ochronnym, prądu dotykowego lub prądu różnicowego odbywa się w czynnej instalacji, wyniki otrzymuje się natychmiast.

Unika się problemów z odłączaniem albo zwieraniem elementów i układów elektronicznych, dla których napięcie pomiarowe megaomomierza jest niebezpieczne. Unika się kłopotów z odpadaniem styczników i przekaźników, które otwierają się w stanie beznapięciowym urządzenia (rys. 4), i odłączającą część obwodów, co uniemożliwia poprawny pomiar. Albo trzeba do pomiaru urządzenie otworzyć, rozmontować (zrywając plomby gwarancyjne), albo trzeba z przepisanego pomiaru zupełnie zrezygnować bądź wykonać pomiar zastępczy. O tym decyduje ten, kto odpowiada za bezpieczeństwo użytkownika urządzenia. W takich sytuacjach w Niemczech (DIN VDE 0702) dopuszcza się, aby zamiast pomiaru rezystancji izolacji wykonywać pomiar prądu upływowego jako pomiar zastępczy (niem. *Ersatzmessung*).



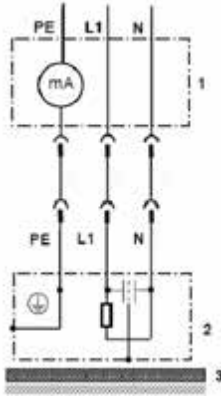
Rys. 4. Przykład sytuacji, kiedy pomiar rezystancji izolacji urządzenia jest utrudniony bądź praktycznie niemożliwy

Kłopot polega na tym, że wiele urządzeń energoelektronicznych ma duży prąd upływowy już w stanie nieuszkodzonym, w warunkach normalnej pracy. Uszkodzeniu izolacji towarzyszy zwiększenie składowej czynnej prądu upływowego i zmiana jego widma. Ten problem oczekuje dogłębnego rozpoznania i opracowania. Widmo prądu upływowego mogłoby informować o stanie izolacji obwodu przekształtnika podobnie, jak widmo hałasu informuje o stanie łożysk i innych części silnika elektrycznego. Wyjściem tymczasowym jest porównywanie wyników pomiaru prądu upływowego z wynikami wcześniejszych pomiarów, wykonanych przy poprawnym stanie urządzenia, np. po zakończeniu ruchu próbnego.

Pomiar prądu upływowego obejmuje fragment instalacji, w dół od miejsca pomiaru. Zatem wynik zależy od miejsca pomiaru, od tego, czy obejmuje on sam przekształtnik, przekształtnik z zasilającym obwodem instalacji i/lub z obwodem wyjściowym i/lub z odbiornikami (odbiornikami). W przypadku przemienników częstotliwości duży wpływ ma długość obwodu wyjściowego i rodzaj użytych przewodów, zwłaszcza to, czy i jak są one ekranowane.

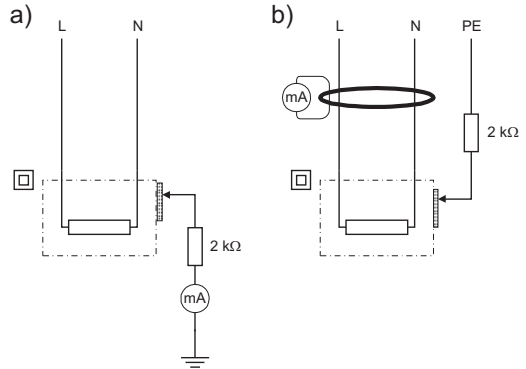
Ze względów bezpieczeństwa mierzy się przede wszystkim wielkości pochodne prądu upływowego: **prąd w przewodzie ochronnym** urządzenia klasy ochronności I (rys. 5) oraz **prąd dotykowy** urządzenia klasy ochronności II (rys. 6).

Prąd dotykowy nie powinien przekraczać progu odczuwania (0,5 mA ac), bo symuluje prąd rażeniowy płynący przez ciało człowieka (o umownej rezystancji 2 k $\Omega$ ) dotykającego obudowy urządzenia. W przypadku prądu w przewodzie ochronnym z konieczności dopuszcza się wartości większe, nawet znacznie większe. Za wartość graniczną, kiedy nie trzeba stosować zaostrożonych rygorów bezpieczeństwa, przyjmuje się 3,5 mA ac. Jest to wartość odpowiadająca pojedynczemu zestawowi komputerowemu PC. W przypadku profesjonalnych przekształtników dużej mocy wchodzi w rachubę wartości rzędu dziesiątków miliamperów, a nawet przekraczające sto miliamperów.



**Rys. 5.** Bezpośredni pomiar prądu w przewodzie ochronnym

- 1 – miernik,
- 2 – badane urządzenie klasy ochronności I,
- 3 – element izolujący podczas pomiaru obudowę badanego urządzenia od potencjału ziemi



**Rys. 6.** Najprostsze sposoby pomiaru prądu dotykowego urządzenia klasy ochronności II:

- a) pomiar bezpośredni;
- b) pomiar pośredni. W przypadku urządzenia o ochronnej osłonie izolacyjnej używa się giętkiej elektrody przewodzącej o wymiarach  $10 \times 20$  cm

Jeżeli ustalony prąd upływowy w warunkach normalnej pracy jest większy niż 3,5 mA ac lub 10 mA dc, to obowiązują dodatkowe wymagania [15]. Przy połączeniach ochronnych wykonanych przewodami ułożonymi na stałe należy wprowadzić jeden z następujących środków ochronnych:

- dublowanie przewodu ochronnego,
- samoczynne wyłączanie zasilania w razie przerwania przewodu ochronnego,
- zasilanie poprzez transformator izolacyjny i wykonanie miejscowych połączeń wyrównawczych.



**Rys. 7.** Znak ostrzegawczy „ryzyko wypadku”. Symbol b.3.1 według ISO 3864-1 [21], PN-92/N-01255 [11].

Czarny wykrzyknik na żółtym tle w trójkącie równobocznym o szerokiej czarnej obwódce

Ponadto norma PN-EN 50178:2003 [15] wymaga, aby urządzenia energoelektroniczne, w których może pojawić się prąd różnicowy stały o małym tętnieniu były zaopatrzone w odpowiedni znak ostrzegawczy (rys. 7) oraz w ostrzeżenie o treści:

*Ten wyrób może spowodować przepływ prądu stałego w przewodzie ochronnym. Jeżeli do ochrony w przypadku dotyku bezpośredniego lub pośredniego jest stosowany wyłącznik różnicowy (RCD), to po stronie zasilania tego wyrobu dopuszcza się stosowanie tylko RCD typu B.*

*W przeciwnym przypadku należy zastosować inne środki ochrony, takie jak separacja od otoczenia za pomocą izolacji podwójnej lub wzmocnionej lub izolacja od sieci zasilającej za pomocą transformatora.*

Ze wstydu przed prostymi ludźmi, którzy będą to czytać, ten bełkot z normy należałoby przedtem przetłumaczyć na język polski i znacznie skrócić.

### 2.5. Sprawdzenie samoczynnego wyłączenia zasilania przez zabezpieczenia nadprądowe

W obwodach przekształtników zasilanych z instalacji TN ochronę przeciwporażeniową dodatkową łatwo zapewnić przez samoczynne wyłączenie zasilania za pomocą zabezpieczeń nadprądowych. Każdy obwód musi mieć na początku zabezpieczenie zwarciove w postaci wyłącznika nadprądowego lub bezpieczników, a zatem odpada koszt dodatkowego urządzenia wyłączającego i inne problemy z nim związane. Ze względu na zawory (diody lub tyrystory), obecne w obwodzie wejściowym większości przekształtników, producent wymaga zabezpieczenia ich za pomocą bezpieczników o charakterystyce bardzo szybkiej (aR, gR), korzystnej z punktu widzenia ochrony przeciwporażeniowej.

Osobną sprawą jest poprawny dobór zabezpieczeń nadprądowych, zwłaszcza prądu znamionowego wkładek bezpiecznikowych oraz prądu nastawczego członu zwarciovego wyłącznika z uwzględnieniem różnych stanów roboczych i odkształcenia prądu [5]. Ma to wpływ na wartość prądu wyłączającego zabezpieczenia  $I_a$ , gwarantującego wyłączenie zasilania w wymaganym czasie.

Sprawdzenie skuteczności ochrony dodatkowej w obwodzie zasilającym przekształtnika przeprowadza się tak samo, jak w innych obwodach. U końca obwodu, czyli na zaciskach wejściowych przekształtnika wykonuje się pomiar impedancji  $Z_s$  pętli zwarciove L-PE, aby sprawdzić, czy prąd zwarciovy  $U_o/Z_s$ , płynący pod działaniem napięcia fazowego  $U_o$ , jest nie mniejszy niż prąd wyłączający  $I_a$  nadprądowego zabezpieczenia obwodu:

$$\frac{U_o}{Z_s} \geq I_a$$

Gdyby ten warunek nie był spełniony, wtedy należałoby się odwołać do zasady obowiązującej w normach i przepisach od niepamiętnych czasów: **albo wyłączenie zasilania, albo ograniczenie napięcia dotykowego do wartości dopuszczalnej**. Równocześnie z pomiarem impedancji pętli można wykonać pomiar napięcia dotykowego między częściami przewodzącymi jednocześnie dostępnymi (rys. 8). Z zasady proporcji wynika, że mając zmierzoną wartość napięcia dotykowego  $U_{To}$  przy przepływie prądu probierczego  $I_o$ , można obliczyć największe napięcie dotykowe, jakie może wystąpić długotrwale, tzn. przy przepływie prądu wyłączającego zabezpieczenia zwarciovego  $I_a$ :

$$U_T = U_{To} \frac{I_a}{I_o} \leq 50 \text{ V ac}$$

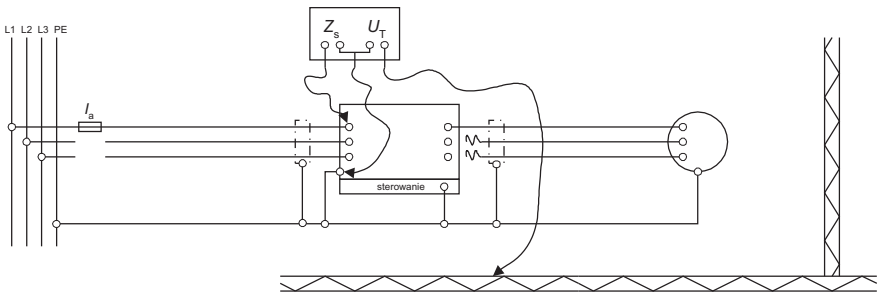
Powinno ono być nie większe niż napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwale: 50 V przy prądzie przemiennym 50 Hz lub 120 V przy prądzie stałym o pomijalnym tętnieniu. Gdyby ten warunek nie był spełniony, co w warunkach przemysłowych jest nieprawdopodobne, wtedy należałoby wykonać miejscowe połączenia wyrównawcze pozwalające obniżyć napięcia dotykowe do wymaganego poziomu.

Wiele nieuzasadnionych emocji budzi sprawdzanie skuteczności ochrony dodatkowej przez samoczynne wyłączenie zasilania w obwodach wyjściowych przekształtników. Nie ma co się użalać, że wskutek komutacji zaworów zmienia się konfiguracja pętli zwarciovego, że jednoznacznie określonej pętli nie ma, że jak wobec tego mierzyć jej impedancję. Pojęcie impedancji pętli jest wtórne, spełnia rolę pomocniczą, a istotna jest wartość prądu zwarcia doziemnego L-PE, która powinna być nie mniejsza niż prąd wyłączający  $I_a$  nadprądowego zabezpieczenia obwodu.

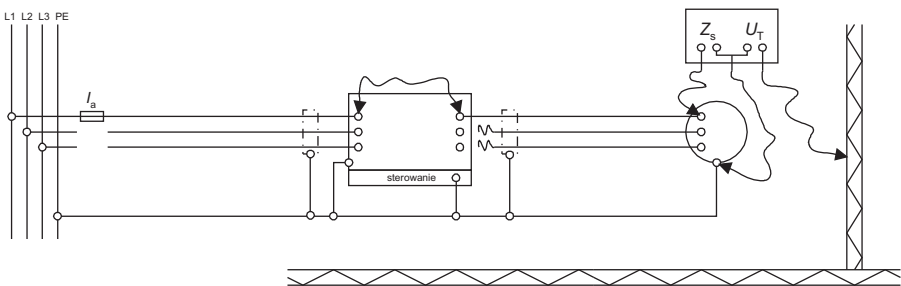
Rozpowszechnione obecnie niskonapięciowe przemienniki częstotliwości oraz zasilacze bezprzerwowe UPS, jedne i drugie z obwodem pośredniczącym prądu stałego i z falownikiem na tranzystorach IGBT, wprowadzają dwie osobliwości.

- 1) Przy trójfazowych obwodach wejściowym i wyjściowym mimo jednofazowego zwarcia doziemnego w obwodzie wyjściowym, nie ma asymetrii prądów w zasilającym obwodzie wejściowym i nie ma mowy o wyłączeniu fazy dotkniętej zwarcie, bo obwód pośredniczący symetryzuje obciążenie, w takt komutacji zaworów z miejscem zwarcia łączą się na przemian wszystkie trzy fazy obwodu wejściowego.
- 2) Dla zapobieżenia zniszczeniu tranzystorów wspomniane przekształtniki muszą mieć wbudowany bardzo szybki elektroniczny ogranicznik prądu wyjściowego do poziomu niewielkiej krotności prądu znamionowego, na ogół w granicach  $(1,25 \div 2,5) \cdot I_n$ . Interwencja ogranicznika odbiera jakkolwiek szansę zadziałania zabezpieczeniom nadprądowym w obwodzie zasilającym przekształtnik, nawet jeśli jest to obwód jednofazowy. Z drugiej strony blokada bramkowa zaworów nie przerywa galwanicznie obwodu, nie może być uważana za samoczynne wyłączenie zasilania dla celów ochrony przeciwporażeniowej.

Z tych powodów za kryterium skuteczności ochrony trzeba przyjąć ograniczenie długotrwałe występujących napięć dotykowych do poziomu dopuszczalnego. Ten warunek jest zawsze samoistnie spełniony, bo napięcie dotykowe wywołane prądem na przykład  $2,5 \cdot I_n$  na rezystancji przewodu ochronnego (od miejsca uszkodzenia do najbliższego miejsca wykonania połączeń wyrównawczych) jest tego rzędu, co spadek napięcia w obwodzie głównym przy znamionowym obciążeniu. Wynosi kilka procent napięcia fazowego obwodu. Wystarczy sprawdzić ciągłość połączeń ochronnych i wyrównawczych.



**Rys. 8.** Sprawdzenie skuteczności ochrony dodatkowej w obwodzie zasilającym przekształtnika przez samoczynne wyłączenie zasilania za pomocą zabezpieczenia nadprądowego (układ TN)

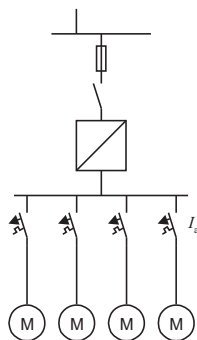


**Rys. 9.** Sprawdzenie skuteczności ochrony dodatkowej w obwodzie wyjściowym przekształtnika przez samoczynne wyłączenie zasilania za pomocą zabezpieczenia nadprądowego (układ TN)

Można pójść o krok dalej i zapytać, co będzie w sytuacji, kiedy ogranicznik prądowy zawiedzie. Co będzie z bezpieczeństwem ludzi, a nie zaworów przekształtnika, bo zawory i tak trzeba spisać na straty. Wypada się o to zatroszczyć, mimo że obecny stan normalizacji – poza warunkami szczególnego zagrożenia – nie wymaga skutecznej ochrony przy *double-fault condition* (uszkodzenie izolacji doziemnej oraz uszkodzenie ogranicznika). Wypada tym bardziej, że ochronę w takiej sytuacji zapewnić łatwo, bez większych kosztów. Sposób sprawdzenia przedstawiono na rys. 9, a kryterium oceny dotyczy sprawdzenia, czy długotrwale utrzymujące się napięcie dotykowe nie przekracza wartości dopuszczalnej (oznaczenia, jak w objaśnieniach do rys. 8):

$$U_T = U_{To} \frac{I_a}{I_o} \leq 50 \text{ V ac}$$

Nietrudno zauważyć, że kto decyduje się sprawdzać poziom napięć dotykowych w sytuacji jak na rys. 9, nie musi ich sprawdzać w sytuacji jak na rys. 8.



Rys. 10. Instalacja o wielu obwodach zasilana z przekształtnika

Są sytuacje, kiedy zwarcia doziemne w obwodzie zasilanym z przekształtnika mogą być samoczynnie i wybiórczo wyłączane przez zabezpieczenia nadprądowe. Jest tak zwłaszcza wtedy, kiedy przekształtnik zasilany jest wieloma odbiornikami rozdzielonymi na osobne obwody z zabezpieczeniami nadprądowymi o dostatecznie małym prądzie wyłączającym  $I_a$  (rys. 10). Skuteczność ochrony należałoby wtedy sprawdzać w zwykły sposób, jak w obwodach zasilanych bezpośrednio z sieci. Niestety zwykłe mierniki impedancji pętli zwarciowej nie nadają się do obwodów o silnie odkształconych przebiegach prądu i napięcia. Postępowanie dopuszczone w takich sytuacjach w krajach Unii polega na obliczeniowym sprawdzeniu warunku samoczynnego wyłączenia zasilania oraz na sprawdzeniu *in situ* (w obiekcie) ciągłości połączeń ochronnych i połączeń wyrównawczych. Dla umożliwienia takiego sprawdzenia producent powinien podać wartość prądu przy zwarciu jednofazowym na wyjściu przekształtnika. Dobrze też pamiętać, że na ogół łatwiej zapewnić skuteczność ochrony i wybiórczość działania zabezpieczeń, jeżeli stosuje się bezpieczniki, a nie wyłączniki nadprądowe.

### 2.6. Sprawdzenie samoczynnego wyłączenia zasilania przez wyłączniki różnicowoprądowe

Wiele urządzeń energoelektronicznych to źródła zasilania rezerwowego albo zasilacze urządzeń technologicznych bądź komunikacyjnych, których ciągłość pracy ma pierwszorzędne znaczenie. Szkodliwe instalowanie w ich obwodach wyłączników różnicowoprądowych przynosi więcej szkody niż pożytku. Wielu elektryków, otumanionych bałamutnymi publikacjami wiadomych autorów, nie wie albo nie chce wiedzieć o postanowieniach norm zakazujących stosowania wyłączników różnicowoprądowych albo odradzających ich użycie i dotyczy to nie tylko obwodów bezpieczeństwa. Kto jest przekonany, że bez wyłącznika różnicowoprądowego nie ma ochrony przeciwporażeniowej, ten jest ignorantem.

Wyłączniki różnicowoprądowe są aparatami o stosunkowo dużej zawodności, wykazującymi zadziałania brakujące z prawdopodobieństwem nawet kilkadziesiąt razy większym niż wyłączniki nadprądowe, nie mówiąc o bezpiecznikach. Bardziej niż inne zabezpieczenia są też narażone na zadziałania zbędne, przerywając zasilanie bez istotnej przyczyny. Ponadto, jeśli mają budzić zaufanie, to powinny być okresowo (na przykład co miesiąc) sprawdzane przez naciśnięcie przycisku kontrolnego T, co też powoduje kłopotliwe wyłączenie obwodu.

Przekonali się o tym ostatnio niektórzy operatorzy telefonii komórkowej. Najpierw dali się nakłonić do instalowania wysokoczułych wyłączników różnicowoprądowych ( $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$ ) w rozrzuconych w terenie bezobsługowych stacjach bazowych. Kiedy zbędne zadziałania stały się nieznośne, dali się namówić na wyposażenie tych wyłączników w układy wielokrotnego samoczynnego załączania. A teraz likwidują jedno i drugie, wracając do starych wypróbowanych rozwiązań.

Wyłączniki różnicowoprądowe są nieodzowne tylko wtedy, kiedy – w warunkach szczególnego zagrożenia porażeniem – jest wymagana ochrona przeciwporażeniowa uzupełniająca na wypadek:

- nieopatrzego dotknięcia części czynnej wskutek ominięcia ochrony podstawowej,
- uszkodzenia izolacji podstawowej w urządzeniu z przerwany połączeniem ochronnym (kryterium *double-fault condition*).

Są też potrzebne w układach TT oraz IT, tzn. w układach o małym prądzie zwarcia doziemnego, jeżeli pierwsze zwarcie doziemne powinno być wyłączane, natomiast w najbardziej rozpowszechnionym układzie TN mogą to uczynić zabezpieczenia nadprądowe. Poza wspomnianymi sytuacjami decyzja o wprowadzeniu wyłączników różnicowoprądowych pozostaje w gestii projektanta i inwestora, którzy powinni być świadomi wszelkich negatywnych jej skutków.

Jeżeli z jakichkolwiek powodów kontrola prądów upływowych w instalacji jest ważna, to nie ma żadnych przeciwwskazań do zainstalowania **urządzeń do ciągłej kontroli prądu różnicowego RCM** (ang. *residual current operated monitors*) tylko sygnalizujących nadmierną wartość prądu różnicowego, ryzykowną ze względu na zagrożenie porażeniem i/lub pożarem i/lub zakłóceniami elektromagnetycznymi [19]. Urządzenie RCM wykrywa prąd różnicowy o dowolnym przebiegu w czasie, ma szeroki zakres nastawczy prądu pobudzenia i zwłoki uruchomienia sygnału, ale nie inicjuje wyłączenia.

Przy kontroli skuteczności ochrony w obwodach z wyłącznikami różnicowoprądowymi sprawdzić należy, czy zostały one prawidłowo dobrane. Poza tak oczywistymi parametrami i kwestiami, jak napięcie znamionowe, prąd znamionowy ciągły, sposób zabezpieczenia, zwłoczność, stopień ochrony obudowy, chodzi o te, które decydują o skuteczności ochrony:

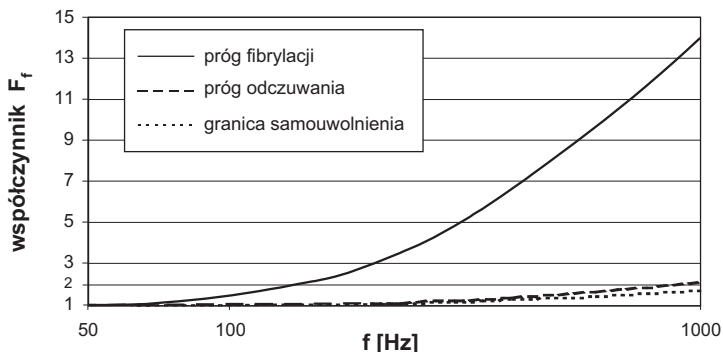
- rodzaj prądu różnicowego pobudzającego wyzwalanie (typ AC, A, B),
- znamionowy różnicowy prąd zadziałania,
- charakterystyka częstotliwościowa różnicowego prądu zadziałania.

Prąd różnicowy w obwodach urządzeń energoelektronicznych może być silnie odkształcony, a możliwych jego przebiegów jest nieskończenie wiele. Zachowanie się wyłączników różnicowoprądowych poddanych takim prądom i skutki rażenia ocenia się analizując ich zależność od częstotliwości prądu sinusoidalnego, czyli od częstotliwości składowych harmonicznych.

Na rys. 11 przedstawiono, jak z częstotliwością zmieniają się najważniejsze pierwotne kryteria bezpieczeństwa. Przez odczytany z wykresu współczynnik poprawkowy  $F_f$  należy pomnożyć wartość progową prądu fibrylacyjnego<sup>1</sup> (40 mA przy 50 Hz, ręce-stopy), wartość progową prądu odczuwania (0,5 mA przy 50 Hz) oraz wartość graniczną prądu samouwolnienia

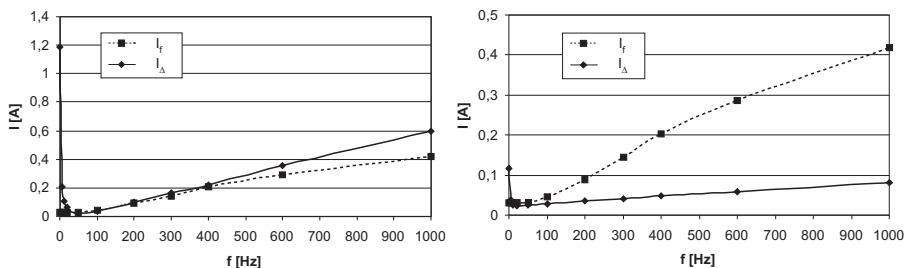
<sup>1)</sup> Albo wartość graniczną prądu niefibrylacyjnego (30 mA przy 50 Hz). Człowiek wykształcony powinien rozróżniać próg od granicy i podobnie wartość progową od wartości granicznej tym bardziej, że różnicy tej nie obejmują nieukładające normy.

(10 mA przy 50 Hz, ręce-stopy). Jest okolicznością korzystną, że ze wzrostem częstotliwości prądu rażeniowego wyraźnie przesuwa się w górę próg fibrylacji, np. aż do poziomu  $14 \cdot 40 = 560$  mA przy częstotliwości 1000 Hz. Niestety, prąd graniczny samouwolnienia wzrasta wtedy tylko 1,6-krotnie ( $1,6 \cdot 10 = 16$  mA). Za kryterium skuteczności ochrony uzupełniającej przyjmuje się brak zagrożenia fibrylacją. Skoro przy 50 Hz ochronę uzupełniającą zapewnia wyłącznik  $I_{\Delta n} = 30$  mA, to przy 1000 Hz zapewnia ją wyłącznik, którego rzeczywisty prąd zadziałania wynosi nie więcej niż  $I_{\Delta} = 14 \cdot 30 = 420$  mA. Zatem zwiększanie się rzeczywistego różnicowego prądu zadziałania wyłączników ze wzrostem częstotliwości nie musi być związane z pogorszeniem skuteczności ochrony.



Rys. 11. Częstotliwościowy współczynnik poprawkowy  $F_f$  wartości progowych prądu fibrylacyjnego i prądu odczuwania oraz wartości granicznej prądu samouwolnienia

Dotychczasowe normy przedmiotowe na wyłączniki różnicowoprądowe nie określają wymagań odnośnie do ich zachowania się w szerszym zakresie zmian częstotliwości prądu różnicowego przemiennego. Niektórzy producenci podawali orientacyjne dane dla zakresu 50÷400 Hz i były one rozbieżne. Jak różne może być zachowanie się dwóch wyłączników o tych samych danych znamionowych wskazują wyniki pomiarów przedstawione na rys. 12, dotyczące wyłączników  $I_{\Delta n} = 30$  mA (przy 50 Hz). Wyłącznik a) przy 1000 Hz ma prąd zadziałania aż 600 mA, natomiast wyłącznik b) ma prąd zadziałania 80 mA, wystarczająco mały, aby nadal uważać go za środek ochrony uzupełniającej. Co więcej, przy 1000 Hz skuteczniej zapobiega on fibrylacji serca niż przy 50 Hz.



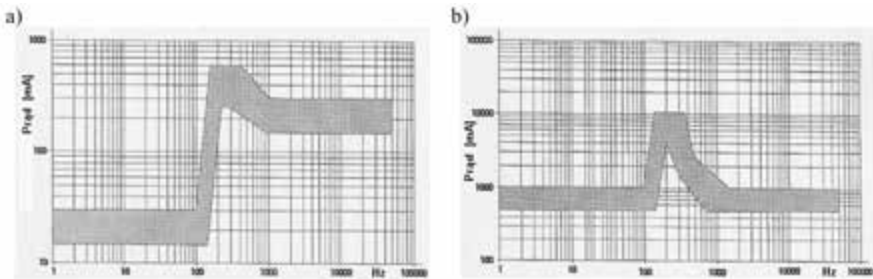
Rys. 12. Rzeczywisty prąd zadziałania  $I_{\Delta}$  w funkcji częstotliwości dwóch wyłączników różnicowoprądowych typu AC,  $I_{\Delta n} = 30$  mA [3]. Linia przerywana oznacza wartość graniczną prądów niefibrylacyjnych.



Dokładne i ciekawe charakterystyki częstotliwościowe dla zakresu  $1 \div 10^5$  Hz pojawiają się dopiero od paru lat. Podaje je firma Doepke dla kolejnych wykonań wyłączników przystosowanych do pracy w obwodach przemienników częstotliwości (ang. *frequency converter-proof RCD*, niem. *der umrichterfeste FI-Schutzschalter*). Wykorzystują one tę okoliczność, że:

- inne jest widmo prądów upływowych podczas normalnej pracy, na które wyłącznik nie powinien reagować (przeważają harmoniczne *triplen*, rzędu podzielnego przez trzy: 150, 450 i 750 Hz), a
- inne jest widmo prądów zwarć doziemnych, po wykryciu których wyłącznik powinien wyłączyć chroniony obwód (50 Hz, częstotliwość napięcia wyjściowego, częstotliwość przełączania falownika i jej harmoniczne).

Do obwodów popularnych przemienników o częstotliwości napięcia wyjściowego nieprzekraczającej 100 Hz potrzebne są wyłączniki o zwiększonym prądzie zadziałania przede wszystkim w zakresie  $100 \div 1000$  Hz (rys. 13). Przebieg charakterystyki wyłącznika, który należy dobrać, w zakresie powyżej 1000 Hz zależy od tego, czy w obwodzie występują duże prądy upływowe o tych częstotliwościach (rys. 13a), czy też nie występują (rys. 13b). Są to wyłączniki o wyzwaniu typu B, o działaniu niezależnym od napięcia sieciowego, do pracy w obwodach o napięciu  $30 \div 400$  Vac, o prądzie znamionowym ciągłym  $16 \div 125$  A, krótkozwłoczne i zwłoczne (selektywne S), aby przetrzymywały przejściowe prądy różnicowe towarzyszące załączaniu przemienników częstotliwości.



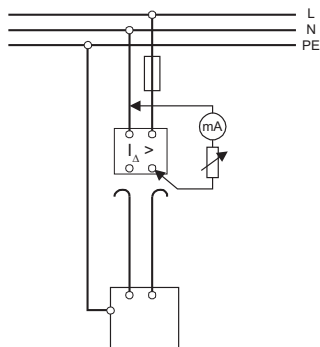
**Rys. 13.** Zależność prądu niezadziałania (dolna linia) i prądu zadziałania (górna linia) wyłączników różnicowoprądowych DFS 8B FU od częstotliwości prądu różnicowego:

- a) wyłącznik o znamionowym różnicowym prądzie zadziałania 30 mA (w zakresie  $1 \div 100$  Hz);  
 b) wyłącznik o znamionowym różnicowym prądzie zadziałania nastawionym na 1000 mA (w zakresie  $1 \div 100$  Hz oraz w zakresie  $1,5 \div 50$  kHz)

Przy sprawdzaniu skuteczności ochrony bada się stan samego wyłącznika: poprawność działania obwodu kontrolnego oraz wartość rzeczywistego różnicowego prądu zadziałania, która nie powinna przekraczać:

- $I_{\Delta n}$  – przy wyzwaniu AC,
- $1,4 \cdot I_{\Delta n}$  – przy wyzwaniu A,
- $2 \cdot I_{\Delta n}$  – przy wyzwaniu B.

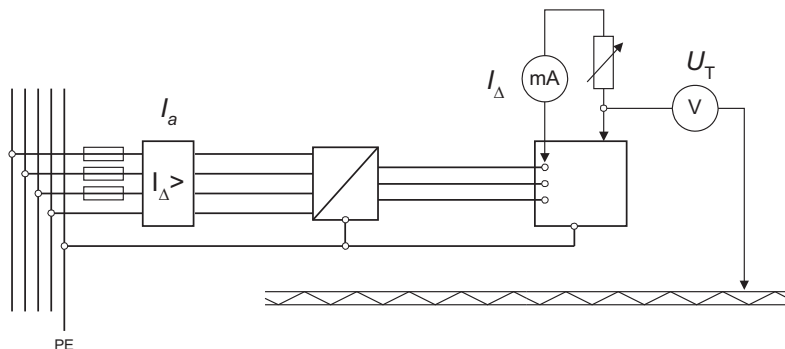
Podana wartość prądu jest zarazem prądem wyłączającym  $I_a$  zabezpieczenia różnicowoprądowego, miarodajnym przy ocenie skuteczności ochrony. Wystarczy sprawdzenie próbnikiem (testerem), które daje tylko odpowiedź, czy rzeczywisty różnicowy prąd zadziałania nie przekracza przepisanej wartości. W przypadkach wątpliwych należy przeprowadzić pomiar rzeczywistego prądu zadziałania (rys. 14). Obwód za wyłącznikiem trzeba odłączyć, aby jego prąd upływowy nie fałszował wyniku pomiaru miernikiem lub wyniku sprawdzania próbnikiem.



Rys. 14. Pomiar rzeczywistego różnicowego prądu zadziałania prądem narastającym

Sprawdzenie skuteczności ochrony można przeprowadzić kierując się rozumowaniem analogicznym, jak w obwodach z zabezpieczeniami nadprądowymi. W obwodach z wyłącznikiem różnicowoprądowym prąd wyłączający  $I_a$  jest tak mały, że znacznie łatwiej spełnić warunek samoczynnego wyłączenia zasilania i tylko wyjątkowo trzeba się odwoływać do warunku ograniczenia do dopuszczalnego poziomu napięcia dotykowego występującego długotrwale (rys. 15). Inaczej może być tylko w instalacjach o układzie IT, o bardzo małym prądzie zwarcia doziemnego. Natomiast uważnego sprawdzenia wymagają następujące aspekty bezpieczeństwa:

- Wyłączniki różnicowoprądowe powinny być tak dobrane, powinny mieć znamionowy różnicowy prąd zadziałania na tyle duży, aby nie dochodziło do zadziaływań zbędnych. W przeciwnym razie użytkownicy je zdemontują lub zmostkują, pozostawiając atrapę ochrony.
- Wyłączniki różnicowoprądowe powinny wykrywać wszelkie prądy różnicowe, jakie mogą wystąpić w razie uszkodzenia w chronionym obwodzie. W obwodach z urządzeniami energoelektronicznymi w ogóle nie wchodzi w rachubę instalowanie wyłączników o wyzwalaniu typu AC. Pozostają wyłączniki typu A oraz znacznie większe i znacznie droższe wyłączniki typu B. Dylemat sprowadza się do decyzji, czy wyłącznik typu B jest nieodzowny, tzn. czy należy liczyć się z prądem różnicowym stałym o niedużym tętnieniu.



Rys. 15. Badanie skuteczności ochrony w obwodzie wyjściowym przekształtnika, połączonym galwanicznie z obwodem wejściowym, chronionym wyłącznikiem różnicowoprądowym o wyzwalaniu typu B

- Ciągłość przewodów i połączeń ochronnych oraz wyrównawczych. Tego nie da się przecenić. Kiedy już zawiedzie absolutnie wszystko, wystąpią nawet trzy lub cztery różne uszkodzenia – czego nie uwzględniają żadne normy ani przepisy – to nikogo prąd nie porazi, jeżeli wszystkie części przewodzące jednocześnie dostępne będą ze sobą połączone i będą miały ten sam potencjał, nawet jeżeli mają znaczne napięcie względem ziemi odniesienia. Sprawdzenie ciągłości połączeń ochronnych oraz obliczeń projektowych potwierdzających samoczynne wyłączenie zasilania wytyczne niemieckie traktują jako sprawdzenie wystarczające.

## 2.7. Przykładowe problemy praktyczne

- 1) Jak badać sprzęt komputerowy klasy ochronności I bez części przewodzących dostępnych?

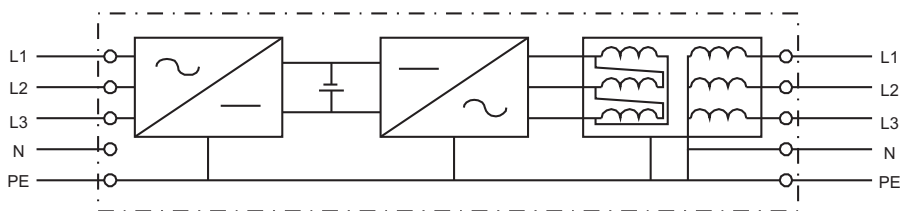
Chodzi o sprzęt omówiony w rozdz. 2.2 o osłonie izolacyjnej, bez części przewodzących dostępnych, który jednak wymaga przyłączenia przewodu ochronnego ze względów funkcjonalnych (np. do filtru przeciwzakłóceńowego). Nie ma możliwości ani potrzeby pomiaru rezystancji przewodu PE, czy chociażby jego ciągłości, ani pomiaru rezystancji izolacji. Wyraźnie to podkreślają niemieckie wytyczne prowadzenia badań okresowych. Badanie powinno polegać na oględzinach elementów istotnych dla bezpieczeństwa: stan przewodu zasilającego i jego wprowadzenia do wnętrza sprzętu, stan wszelkich urządzeń wtukowych, stan osłon. Zalecany jest pomiar prądu w przewodzie ochronnym, którego wynik należy porównać z wynikami wcześniejszych pomiarów.

- 2) Jak podczas badań okresowych sprawdzać sprzęt komputerowy, którego nie wolno wyłączać?

Przed wszystkim należy poddać oględzinom wszelkie szczegóły montażowe i instalacyjne ważne dla bezpieczeństwa (zob. pkt 1). Należy też wykonać następujące sprawdzenia i pomiary zastępcze [7], dające obraz stanu sprzętu.

- Sprawdzenie, że przewód ochronny PE stanowi połączenie małooporowe. Może o tym przekonać pomiar rezystancji między częścią przewodzącą dostępną sprawdzanego urządzenia a stykiem ochronnym najbliższego wolnego gniazda wtyczkowego zasilanego z tego samego obwodu. Od wyniku pomiaru można odjąć rezystancję odcinka instalacji stałej  $R = l/\gamma \cdot s$ . Przed pomiarem należałoby sprawdzić woltomierzem, czy pomiędzy wspomnianymi elementami nie występuje wyraźna różnica potencjałów.
  - Ocena stanu izolacji urządzenia klasy ochronności II przez pomiar prądu dotykowego metodą bezpośrednią lub pośrednią (rys. 6). Największa dopuszczalna wartość wynosi 0,25 mA. Wynik pomiaru dotyczy zastanej biegunowości zasilania (izolacja biegunu N nie jest uwzględniana).
  - Ocena stanu izolacji urządzenia klasy ochronności I za pomocą miernika lub wskaźnika prądu upływowego. Mierzą one prąd upływowy metodą różnicową i wskazują jego wartość albo sygnalizują diodami świecącymi przekroczenie dowolnie wybranej wartości granicznej. Części przewodzące dostępne muszą być uziemione podczas pomiaru. Sprawdzenie może dotyczyć jednego urządzenia albo grupy urządzeń. Sprawdzenie dotyczy określonej biegunowości zasilania.
- 3) Jaki układ należy przypisać obwodom wyjściowym zasilacza UPS o układzie połączeń, jak na rys. 16, zasilanego z instalacji o układzie TT?

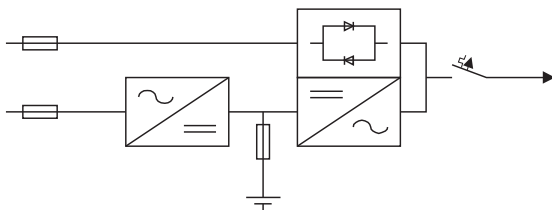
Obwód wyjściowy zasilacza jest samoistną instalacją galwanicznie oddzieloną od instalacji zasilającej. Ma układ TN-S niezależnie od tego, jaki układ ma instalacja zasilająca obwód pierwotny (TN, TT, czy IT). Ma układ TN, bo zwarcie L-PE ma pętlę metaliczną i jest zwarcie wielkoprądowym. Ma układ TN-S, bo ma osobny przewód neutralny N i osobny przewód ochronny PE. Połączenie przewodów ochronnych PE obwodu wyjściowego



Rys. 16. Schemat blokowy trójfazowego zasilacza UPS o podwójnym przetwarzeniu energii

wego i wyjściowego jest połączeniem wyrównawczym, koniecznym ze względu na wyrównanie potencjałów części jednocześnie dostępnych. Zarazem uziemiony przewód ochronny PE obwodu wejściowego został wykorzystany do uziemienia punktu neutralnego uzwojenia transformatora zasilającego wyjściowy obwód TN-S.

- 4) W razie zwarcia doziemnego w obwodzie wyjściowym zasilacza bezprzerwowego UPS, jak na rys. 17, następuje zamknięcie połączenia obejściowego i dzięki zwiększeniu wartości prądu zwarciovego zachodzi samoczynne wyłączenie zasilania w wymaganym czasie. Natomiast jeżeli takie zwarcie wystąpi podczas pracy bateryjnej, kiedy nie ma napięcia w sieci, to prąd zwarciovego zasilacza nieprzekraczający  $2,4 \cdot I_n$  nie wystarcza do zadziałania właściwego zabezpieczenia nadprądowego. Jak zapewnić skuteczność ochrony bez użycia wyłączników różnicowoprądowych?



Rys. 17. Sposób przyłączenia zasilacza bezprzerwowego UPS, którego dotyczy pytanie 4

Dylemat można by wyeliminować, gdyby wszystkie urządzenia zasilane z UPS (odbiorniki energii, rozdzielnice itp.) miały klasę ochronności II. Jeżeli to nie wchodzi w rachubę, to przede wszystkim należy sprawdzić, czy dałoby się spełnić warunek samoczynnego wyłączenia zasilania ( $I_{kl} \geq I_a$ ), tzn. doprowadzić do sytuacji, aby prąd zwarcia doziemnego  $I_{kl}$  był nie mniejszy niż prąd wyłączający właściwego zabezpieczenia nadprądowego  $I_a$ . Prowadzą ku temu dwie drogi: zwiększanie prądu  $I_{kl}$  i zmniejszanie prądu  $I_a$ , czyli następujące zabiegi:

- Wybór zasilacza UPS o mocy znamionowej dobranej z pewnym naddatkiem uzasadnionym względami niezawodności i/lub jakości napięcia wyjściowego.
- Wybór zasilacza UPS z podwyższonym nastawieniem ograniczenia prądowego.
- Wybór zasilacza UPS, nawet dużej mocy, o wyjściu jednofazowym, jeżeli zasila się wyłącznie odbiorniki jednofazowe. Moc zwarciova w obwodzie wyjściowym wzrosło nie w przybliżeniu trzykrotnie.
- Zwiększenie liczby obwodów zasilanych z zasilacza UPS w celu obniżenia prądów znamionowych i prądów wyłączających zabezpieczeń nadprądowych pojedynczego obwodu.

Jeżeli i w ten sposób nie daje się uzyskać zadowalającego wyniku, to pozostaje wykonać połączenia wyrównawcze miejscowe spełniające warunek:  $I_a \cdot R \leq 50 \text{ V}$ , w którym  $R$  oznacza rezystancję połączeń wyrównawczych między częściami jednocześnie dostępnymi [4].

- 5) Jaki jest zakres okresowych kontroli stanu technicznego silników zasilanych z pośrednich przemienników częstotliwości?

W zasadzie taki sam, jak innych silników o podobnych parametrach [2], chociaż nie należy zapominać o zwiększonych narażeniach izolacji silników zasilanych z takich przekształtników. Obejmuje przede wszystkim oględziny, pomiar rezystancji izolacji (po odłączeniu od przekształtnika) oraz ciągłość połączeń ochronnych. Pożądana jest próba napięciowa izolacji uzwojeń, zwłaszcza w przypadku silników większej mocy.

W przypadku konstrukcji zespolonych silnika z nabudowanym przekształtnikiem odnieść się trzeba do zaleceń podanych w dokumentacji techniczno-ruchowej producenta. Jest jego obowiązkiem tak zespół skonstruować, aby umożliwić wymagane okresowe kontrole stanu technicznego.

## Załącznik

### Zestawienie podstawowych wymagań przepisów i norm odnośnie do eksploatacji

#### 1) Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane [9]

Art. 5.2. Obiekt budowlany należy użytkować w sposób zgodny z jego przeznaczeniem i wymaganiami ochrony środowiska oraz utrzymywać w należytym stanie technicznym i estetycznym, nie dopuszczając do nadmiernego pogorszenia jego właściwości użytkowych i sprawności technicznej, w szczególności w zakresie związanym z wymaganiami, o których mowa w ust. 1 pkt 1-7 (*ztn. w zakresie (1d) odpowiednich warunków higienicznych i zdrowotnych...*, (5) **warunków bezpieczeństwa i higieny pracy**)

**Art. 61. Właściciel lub zarządca obiektu budowlanego jest obowiązany utrzymywać i użytkować obiekt zgodnie z zasadami, o których mowa w art. 5 ust. 2.**

Art. 62. Obiekty powinny być w czasie ich użytkowania poddawane przez właściciela lub zarządcę:...

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...

#### 2) Rozporządzenie MGİP w sprawie szczegółowych warunków przyłączenia podmiotów do sieci elektroenergetycznych, ruchu i eksploatacji tych sieci [10]

§ 29. 1. Ruch sieciowy i **eksploatacja sieci powinny odbywać się zgodnie z instrukcją** opracowaną i udostępnianą przez właściwego operatora.

2. **Instrukcja określa procedury i sposób wykonywania czynności** związanych z ruchem sieciowym i eksploatacją sieci, w szczególności:

- 1) parametry techniczne sieci;
- 2) wymagania techniczne sieci, urządzeń i instalacji przyłączonych do sieci;
- 3) sposób i procedury przyłączania i odłączania od sieci instalacji i innych sieci;
- 4) zakres przeprowadzania okresowych przeglądów i kontroli stanu technicznego sieci oraz przyłączonych do niej urządzeń, instalacji i innych sieci;

#### 3) Rozporządzenie MPİPS w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy [8]

§ 3. Budynek i inne obiekty budowlane, w których znajdują się pomieszczenia pracy, powinny być budowane i utrzymywane zgodnie z wymaganiami określonymi w przepisach techniczno-budowlanych.

§ 10. 1. We wszystkich miejscach na terenie zakładu pracy, w których mogą przebywać pracownicy, pracodawca jest obowiązany zapewnić oświetlenie elektryczne w porze nocnej lub jeżeli oświetlenie dzienne jest niewystarczające. Wymagania dotyczące oświetlenia określają Polskie Normy.

2. Instalacje i urządzenia elektryczne powinny być tak wykonane i eksploatowane, aby nie narażały pracowników na porażenie prądem elektrycznym, przepięcia atmosferyczne, szkodliwe oddziaływanie pól elektromagnetycznych oraz nie stanowiły zagrożenia pożarowego, wybuchowego i nie powodowały innych szkodliwych skutków.
- § 12. Pracodawca jest obowiązany zapewnić **ochronę obiektów budowlanych i urządzeń technicznych przed gromadzeniem się ładunków i wyladowaniami elektryczności statycznej** – stwarzającymi zagrożenia w środowisku pracy.
- § 40. 1. Pracodawca jest obowiązany zapewnić **systematyczne kontrole stanu bezpieczeństwa i higieny pracy** ze szczególnym uwzględnieniem organizacji procesów pracy, **stanu technicznego maszyn i innych urządzeń technicznych** oraz ustalić sposoby rejestracji nieprawidłowości i metody ich usuwania.
2. W razie stwierdzenia bezpośredniego zagrożenia dla życia lub zdrowia pracowników, osoba kierująca pracownikami jest obowiązana do niezwłocznego wstrzymania prac i podjęcia działań w celu usunięcia tego zagrożenia.
- § 51. 1. **Maszyny i inne urządzenia techniczne**, zwane dalej „maszynami”, **powinny spełniać wymagania bezpieczeństwa i higieny pracy**, określone w odrębnych przepisach, **przez cały okres ich użytkowania**.
2. Montaż, demontaż i eksploatacja maszyn, w tym ich obsługa, powinny odbywać się przy zachowaniu wymagań bezpieczeństwa i higieny pracy oraz ergonomii, uwzględniających **instrukcje zawarte w dokumentacji techniczno-ruchowej...**

#### 4) Polska Norma PN-EN 50110-1:2005(U) Eksploatacja urządzeń elektrycznych [14]

- 5.3.3 Przeglądy:
- 5.3.3.1 Celem przeglądu jest sprawdzenie, czy urządzenie elektryczne odpowiada szczegółowym przepisom technicznym oraz zasadom bezpieczeństwa podanym w odpowiednich normach; ...
- Przeglądy nowych urządzeń elektrycznych, jak i urządzeń po modyfikacjach i rozbudowie, powinny być wykonywane przed ich przekazaniem do eksploatacji. Przeglądy urządzeń elektrycznych powinny być wykonywane w określonych odstępach czasu ...**
- 5.3.3.2 Przegląd może obejmować:
- **ogłędziny**,
  - **pomiary lub próby** zgodne z wymaganiami podanymi w 5.3.1 oraz w 5.3.2. ...
- 5.3.3.4 Uszkodzenia stanowiące bezpośrednie niebezpieczeństwo powinny być natychmiast usunięte, a części, w których występują, powinny być odłączone i zabezpieczone przed ponownym załączeniem.
- 5.3.3.5 **Przeglądy powinny być wykonywane przez osoby wykwalifikowane**, z praktyką w przeprowadzaniu przeglądu danego typu urządzeń. ...
- 5.3.3.6 **Wynik przeglądu powinien być udokumentowany** oraz powinny być podjęte wynikające z niego działania profilaktyczne.

#### 5) Polska Norma PN-E-04700-1998 Urządzenia i układy elektryczne w obiektach elektroenergetycznych. Wytyczne przeprowadzania pomontażowych badań odbiorczych [13]

- 1.2.5 Pomontażowe badania odbiorcze – **ogłędziny, pomiary oraz próby urządzeń i układów (1.2.3) przeprowadzone po ich zainstalowaniu**, w celu stwierdzenia przydatności i gotowości urządzeń i układów do eksploatacji w miejscu zainstalowania.

- 3.1 Program pomontażowych badań odbiorczych. Program badań urządzenia i/lub układu obejmuje wykonanie co najmniej następujących prób i sprawdzeń:
- a) **sprawdzenie dokumentacji,**
  - b) **ogłędziny urządzenia,**
  - c) **próby i pomiary parametrów urządzenia i/lub układu,**
  - d) sprawdzenie działania urządzenia i/lub układu oraz próby działania w warunkach pracy, o ile to jest możliwe,
  - e) badania dodatkowe.

## Literatura

1. Bödeker K.: Richtiges Prüfen empfindlicher elektronischer Geräte. Der Elektro- und Gebäudetechniker, 2002, nr 14, s. 13-14.
2. Bödeker K.: Frequenzumrichter-gespeiste Motoren. Elektropraktiker, 2005, nr 6, s. 430.
3. Czapp S.: Badanie wpływu częstotliwości prądu różnicowego na działanie wyłączników różnicowoprądowych. Energetyka, 2006 (w druku).
4. Hörmann W.: Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung bei USV-Betrieb. Der Elektro- und Gebäudetechniker, 2005, nr 7, s. 16.
5. Musiał E.: Zabezpieczanie silników zasilanych z pośrednich przemienników częstotliwości. Biul. SEP *INPE*, 2004, nr 59-60, s. 3-35.
6. Pytlak A., Świątek H.: Ochrona przeciwporażeniowa w układach energoelektronicznych. COSiW SEP, Warszawa, 2005.
7. Tribius H.: Wiederholungsprüfungen im EDV-Bereich. Elektropraktiker, 2003, nr 8, s. 594-596.
8. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy. Dz.U. 1997 r., nr 129, poz. 844; 2002 r., nr 91, poz. 811, tekst jednolity: Dz.U. 03.169.1650.
9. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane. Tekst jednolity Dz.U. 00.106.1126, 00.109.1157, 00.120.1268, 01.5.42, 01.100.1085, 01.110.1190, 01.115.1229, 01.129.1439, 01.154.1800, 02.37.353, 02.74.676, 04.93.888, 05.163.1364.
10. Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 20 grudnia 2004 r. w sprawie szczegółowych warunków przyłączenia podmiotów do sieci elektroenergetycznych, ruchu i eksploatacji tych sieci. Dz.U. 05.2.6.
11. PN-92/N-01255 Barwy bezpieczeństwa i znaki bezpieczeństwa. Norma wycofana.
12. PN-70/N-02120 Zasady zaokrąglania i zapisywania liczb.
13. PN-E-04700-1998/Az1:2000 Urządzenia i układy elektryczne w obiektach elektroenergetycznych. Wytyczne przeprowadzania pomontażowych badań odbiorczych.
14. PN-EN 50110-1:2005(U) Eksploatacja urządzeń elektrycznych.
15. PN-EN 50178:2003 Urządzenia elektroniczne do stosowania w instalacjach dużej mocy.
16. PN-EN 60664-1:2006 Koordynacja izolacji urządzeń elektrycznych w układach niskiego napięcia – Część 1: Zasady, wymagania i badania.
17. PN-EN 60664-5:2005 (U) Koordynacja izolacji urządzeń elektrycznych w układach niskiego napięcia – Część 5: Kompleksowa metoda ustalania odstępów izolacyjnych powietrznych i powierzchniowych równych lub mniejszych niż 2 mm.
18. PN-EN 61800-1:2000 Elektryczne układy napędowe mocy o regulowanej prędkości. Wymagania ogólne. Dane znamionowe niskonapięciowych układów napędowych mocy prądu stałego o regulowanej prędkości.
19. PN-EN 62020:2005/A1:2005(U) Sprzęt elektroinstalacyjny – Urządzenia monitorujące różnicowoprądowe do użytku domowego i podobnego (RCM).
20. PN-IEC 60364-6-61:2000. Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Sprawdzanie. Sprawdzanie odbiorcze.

21. ISO 3864-1:2002 Graphical symbols Safety colours and safety signs - Part 1: Design principles for safety signs in workplaces and public areas.
22. Projekt normy IEC 60364-6: Electrical installations of buildings - Part 6: Verification.
23. DIN VDE 0701 Instandsetzung, Änderung und Prüfung elektrischer Geräte (norma wielo-arkuszowa).
24. DIN VDE 0702:2004-06 Wiederholungsprüfungen an elektrischen Geräten.
25. BGI 608. Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Auswahl und Betrieb elektrischer Anlagen und Betriebsmittel auf Baustellen. BGI 608 (ZH 1/271), Fassung 12/97.
26. BGV A2. Elektrische Anlagen und Betriebsmittel. Verordnung des Bundesministers für Arbeit und Sozialordnung vom 1. April 1979 mit Durchführungsanweisungen vom Oktober 1996 und Anhang April 1996.
27. Commentary on IEE Wiring Regulations. 16th Edition BS 7671:2002, published 2002.
28. Arrêté du 10 octobre 2000 fixant la périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques au titre de la protection des travailleurs ainsi que le contenu des rapports relatifs aux dites vérifications. J.O. N° 241 du 17 October 2000.
29. Lettre-circulaire n° 2004-12 du 13 aout 2004 a l'attention des chefs d'établissement et personnes ou organismes chargés des vérifications des installations électriques (NOR: SOCT0410195C). Bulletin Officiel du Travail, de l'Emploi et de la Formation Professionnelle n° 2004/20 du 05.11.2004.

**Dane źródłowe:**

Musiał E.: *Badanie stanu ochrony przeciwporażeniowej w obwodach urządzeń energoelektronicznych*. Miesięcznik *INPE*, 2006 r. nr 80-81, s. 5–36.



## SPRAWDZANIE WARUNKU SAMOCZYNNEGO WYŁĄCZENIA ZASILANIA W OBWODZIE ZABEZPIECZONYM WYŁĄCZNIKIEM NADPRĄDOWYM

8

### Pytanie

Pytanie moje dotyczy pomiarów i obliczania skuteczności ochrony przed dotykiem pośrednim w obwodach zabezpieczonych wyłącznikami kompaktowymi i wyłącznikami nadprądowymi silnikowymi.

W numerze 1/1996 Wiadomości Elektrotechnicznych ukazał się artykuł p. T. Matuszyńskiego pod tytułem „Niektóre aspekty ochrony przeciwporażeniowej w świetle wymagań normy PN-92/E-05009/41”, który załączam. W rozdziale „Wyznaczanie prądu  $I_a$  dla obwodów z samoczynnymi wyłącznikami nadmiarowo-prądowymi” autor zamieścił wzór (10), na którym opieram się do dzisiaj

$$Z_d = \frac{U_{fn}}{a \cdot b \cdot I_{nastmax}}$$

gdzie:

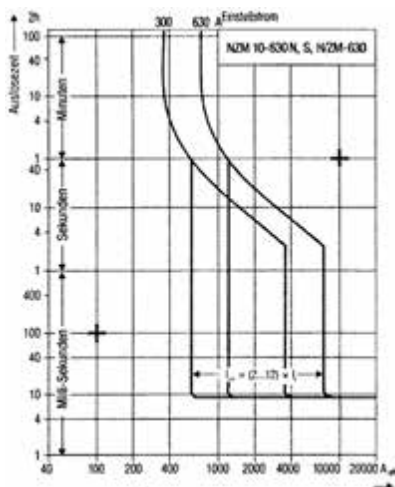
$Z_d$  – największa dopuszczalna impedancja pętli zwarciowej;

$U_{fn}$  – napięcie fazowe nominalne;

$a$  – współczynnik 1,2;

$b$  – krotność nastawienia wyzwalacza elektromagnesowego +20% deklarowanego przez producentów rozrzutu prądu zadziałania;

$I_{nastmax}$  – prąd znamionowy wyzwalacza termicznego.



Linie pionowe oznaczają najmniejszy i największy prąd nastawczy członu zwarciowego przy najmniejszym i największym prądzie nastawczym członu przeciążeniowego:

$$I_r = 300 \text{ A} \rightarrow I_{mr} \in (600 \div 3600) \text{ A}$$

$$I_r = 630 \text{ A} \rightarrow I_{mr} \in (1260 \div 7560) \text{ A}$$

*Rys. 1. Charakterystyki czasowo-prądowe wyłącznika firmy MOELLER, typu NZM 10 o prądzie znamionowym 630 A*

Na podstawie powyższego wzoru w następujący sposób obliczam największą dopuszczalną impedancję pętli zwarciowej, na przykład dla obwodu z wyłącznikiem kompaktowym NZM firmy MOELLER:

- prąd znamionowy wyłącznika 630 A,
- prąd zadziałania według charakterystyki czasowo-prądowej wyłącznika:  
 $b = 12$ , wobec czego  $12 \cdot 630 = 7560 \text{ A}$ ,

- dopuszczalny rozrzut dodatni +20%, co daje  $1,2 \cdot 7560 = 9072$  A:  
 $a = 1,2$ , wobec czego  $1,2 \cdot 9072 = 10886,4$  A.

$$Z_d = \frac{220}{10886,4} = 20,2 \text{ m}\Omega$$

Największa dopuszczalna impedancja pętli zwarciowej rozpatrywanego obwodu wynosi zatem 20,2 mΩ.

Zdaję sobie sprawę, że powyższy problem dotyczy kilkunastu osób w Polsce, ponieważ badając skuteczność ochrony przed dotykiem pośrednim obwodów silnoprądowych posługuję się miernikiem MAXTEST HT 2038 firmy AMPROBE INSTRUMENT USA. Wiem, ile tych mierników sprzedano i jakie firmy go kupiły. Powyższy sposób obliczania konsultowałem z przedstawicielami producentów wyłączników i nie spotkałem sprzeciwu, ale nie znaczy to, że musi on być prawidłowy.

Czy należy brać pod uwagę wartość nastawioną na wyzwalaczu, czy też tak, jak w powyższej metodzie i przytoczonym wzorze tylko wartość nominalną wyzwalacza?

Proszę o ocenę powyższej metody, a jeśli jest ona nieprawidłowa, będę wdzięczny za wszelkie sugestie.

Z poważaniem  
Wiesław Czyż

### Odpowiedź

Problem dotyczy tysięcy osób w Polsce, dotyczy wszystkich, którzy projektują obwody zabezpieczone wyłącznikami bądź w istniejących instalacjach sprawdzają obwody z punktu widzenia skuteczności ochrony dodatkowej, niezależnie od rodzaju mierników, którymi się posługują. Problem polega na poprawnym ustaleniu wartości prądu wyłączającego  $I_a$  wyłącznika i sprawdzeniu czy jest ona nie większa niż wartość prądu zwarciowego płynącego w wyniku uszkodzenia wymagającego samoczynnego wyłączenia zasilania, tzn.

- w razie jednomiejscowego zwarcia L-PE lub L-PEN w układzie TN,
- w razie dwumiejscowego zwarcia L-PE oraz L-PE lub N-PE w układzie IT,
- w razie dwumiejscowego zwarcia z nieuziemionym przewodem wyrównawczym CC (PA) w obwodzie separowanym zasilającym więcej niż jedno urządzenie,
- w razie dwumiejscowego zwarcia z częścią przewodzącą dostępną lub częścią przewodzącą obcą w obrębie izolowanego stanowiska, na którym wykorzystuje się nieuziemiene przewody wyrównawcze CC (PA).

Jeżeli samoczynne wyłączenie zasilania nie jest możliwe i w zamian zapewnia się, że największe występujące długotrwałe napięcie dotykowe nie przekracza wartości dopuszczalnej, to poprawnie wyznaczona wartość prądu wyłączającego  $I_a$  wyłącznika jest niezbędna do obliczenia wspomnianej wartości największego występującego długotrwałe napięcia dotykowego  $U_T$  w oparciu o wartość  $U_{Tb}$  zmierzoną przy przepływie niedużego prądu pomiarowego  $I_b$ . Ta kwestia była wyjaśniona w zeszycie 41 Biuletynu *INPE* [2].

„Prąd wyłączający  $I_a$  jest to najmniejszy prąd wywołujący zadziałanie, w wymaganym czasie, urządzenia zabezpieczającego powodującego samoczynne wyłączenie zasilania” [4]. W przypadku wyłącznika, którego otwarcie ma spowodować wyzwalacz bądź przekaźnik zwarciowy, jest to prąd zadziałania (prąd rozruchowy) tego członu zabezpieczeniowego. Jest to zatem wartość prądu (wartość skuteczna przy prądzie przemiennym) płynącego przez wyłącznik, która powinna spowodować zadziałanie członu zwarciowego bezzwłocznego lub krótkozwłocznego i otwarcie wyłącznika. Powinno to nastąpić niezależnie od rzeczywistej wartości prądu zadziałania członu zabezpieczeniowego konkretnego wyłącznika, która może znajdować się w dowolnym punkcie dopuszczalnego pasma rozrzutu wartości. Zatem jako umowy prąd

zadziałania członu zabezpieczeniowego i tym samym prąd wyłączający  $I_a$  wyłącznika należy rozumieć górną granicę pasma rozrzutu prądu zadziałania.

Wytwórca może podawać **prąd zadziałania wyzwalacza zwarciego lub przekaźnika zwarciego** (górną granicę pasma rozrzutu)

- bezpośrednio w amperach albo
- jako krotność prądu znamionowego wyłącznika bezpośrednio bądź określając typ charakterystyki (nadprądowego wyłącznika instalacyjnego – tablica. 1), albo
- jako krotność prądu nastawczego wyzwalacza bądź przekaźnika przeciążeniowego, albo
- jako krotność prądu nastawczego wyzwalacza bądź przekaźnika zwarciego.

Ta wartość prądu jest prądem wyłączającym  $I_a$  wyłącznika i stosowanie jakichkolwiek współczynników poprawkowych nie jest potrzebne. Takie postępowanie zazwyczaj dotyczy mniejszych wyłączników: nadprądowych wyłączników instalacyjnych, wbudowanych miniaturowych wyłączników odbiornikowych i wyłączników sieciowych zwieszonych (kompaktowych) o mniejszym prądzie znamionowym. W takich przypadkach wytwórca powinien podawać również **prąd niezadziałania wyzwalacza zwarciego lub przekaźnika zwarciego** (dolną granicę pasma rozrzutu), aby projektant mógł sprawdzić, że jest on większy niż wszelkie możliwe prądy załączeniowe w obwodzie.

**Tablica 1.** Prądy charakteryzujące działanie członu zwarciego nadprądowego wyłącznika instalacyjnego o prądzie znamionowym  $I_n$  poddanego przepływowi prądu przemiennego.

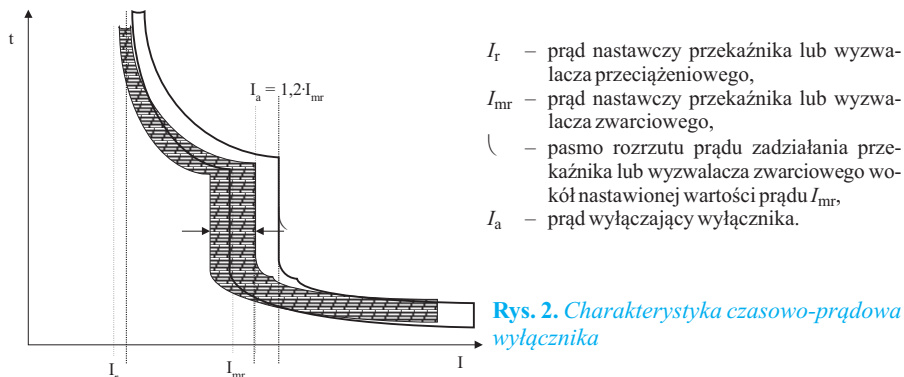
Typ charakterystyki	Prąd niezadziałania $I_3$	Prąd zadziałania $I_4$	Prąd nastawczy $\sqrt{I_3 \cdot I_4}$	Pasma rozrzutu %
(A)	$2 \cdot I_n$	$3 \cdot I_n$	$2,45 \cdot I_n$	$\pm 22$
B	$3 \cdot I_n$	$5 \cdot I_n$	$3,9 \cdot I_n$	$\pm 28$
C	$5 \cdot I_n$	$10 \cdot I_n$	$7,1 \cdot I_n$	$\pm 41$
D <sup>1)</sup>	$10 \cdot I_n$	$20 \cdot I_n$	$14 \cdot I_n$	$\pm 41$
	$10 \cdot I_n$	$50 \cdot I_n$	–	–

<sup>1)</sup> Norma określa wymagania co do prądu niezadziałania ( $10 \cdot I_n$ ) i prądu zadziałania ( $50 \cdot I_n$ ), a wytwórcy wyłączników wykorzystują część tego zakresu, zwykle  $(10 \div 20) \cdot I_n$ .

W zamian wytwórca może podawać **prąd nastawczy wyzwalacza lub przekaźnika zwarciego**  $I_{mr}$  (średni prąd zadziałania) określając w katalogu lub nie dopuszczalny rozrzut rzeczywistego prądu zadziałania. Jeśli odchyłki dodatnie i ujemne są równie prawdopodobne, to prąd nastawczy jest średnią geometryczną wartości skrajnych wyznaczających pasmo rozrzutu. W przypadku wyłączników spełniających wymagania norm [5, 6], a są to przede wszystkim wyłączniki sieciowe i stacyjne rozrzut wokół wartości prądu nastawczego nie przekracza  $\pm 20\%$ . Przepuszczalnie jest on mniejszy w przypadku mikroprocesorowych przekaźników nadprądowych wyłączników NZM, ale indagowane w tej sprawie (11 listopada 2001 r.) centralne biuro techniczne firmy MOELLER odwołało się do punktu 7.2.1.2.4 normy DIN EN 60947-2 (o treści identycznej jak pkt 7.2.1.2.4 normy PN-EN 60947-2 [6]). Prądem wyłączającym wyłącznika sieciowego lub stacyjnego  $I_a$  jest prąd odpowiednio większy niż prąd nastawczy wyzwalacza lub przekaźnika  $I_{mr}$ , mianowicie  $I_a = 1,20 \cdot I_{mr}$ . Podany w cytowanym artykule i przyjmowany przez Czytelnika zakres rozrzutu  $\pm 20\%$  (współczynnik 1,20) nie budzi zatem zastrzeżeń, taki sam od kilkunastu lat zalecam uwzględnić [1], bo wyraźnie większy zdarza się tylko w przypadku mniejszych wyłączników nadprądowych instalacyjnych oraz silnikowych (tabl. 1), dla których i tak podaje się górną granicę pasma rozrzutu, a nie prąd nastawczy.

Kłopot polega na tym, że środowisko elektryków nie przywiązuje należytej uwagi do poprawności terminologicznej i w katalogach spotyka się na przykład wartość „prądu wyz-

walczą zwarciowego”, która niewiele wyjaśnia. Niejasne bywają nawet rysunki przedstawiające charakterystyki czasowo-prądowe wyłączników z pasmem prądowym członu zwarciowego, przy czym nie jest jasne czy chodzi o **zakres prądów nastawczych** nastawialnego członu zwarciowego (jak na rys. 1), czy o **rozrzut prądów zadziałania** członu zwarciowego (jak na rys. 2). Najgorzej jest w przypadku katalogów tłumaczonych z oryginału obcojęzycznego; w takim przypadku lepiej poprosić o wersję oryginalną.



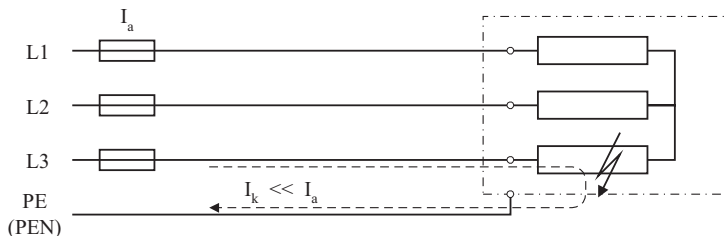
**Rys. 2.** Charakterystyka czasowo-prądowa wyłącznika

Omawiany sposób wyznaczania prądu wyłączającego wyłącznika odnosi się nie tylko do członu zwarciowego bezzwłocznego, ale również do członu zwarciowego krótkozwłocznego, jeżeli czas trwania zwarcia ograniczony przez otwarcie wyłącznika w wyniku zadziałania członu krótkozwłocznego nie jest większy niż określony przez normę „maksymalny czas wyłączenia” zasilania. Wyłączniki kategorii użytkowania B z członem zabezpieczeniowym zwarciowym krótkozwłocznym instaluje się tylko w obwodach rozdzielczych i „maksymalny czas wyłączenia” zasilania na ogół wynosi 5 s, a wtedy prąd wyłączający wyłącznika  $I_a$  jest górną granicą pasma rozrzutu prądu zadziałania członu krótkozwłocznego. Jeżeli natomiast wyjątkowo „maksymalny czas wyłączenia” zasilania wynosi 0,4 s, to wolno prąd  $I_a$  wyłącznika wyznaczyć tak samo tylko wtedy, kiedy zwłoka zadziałania członu krótkozwłocznego nie jest większa niż ok. 0,35 s (bo wtedy: zwłoka + czas własny wyłącznika + czas łukowy  $\leq 0,4$  s).

Niezależnie od przedstawionych wyżej dróg dochodzenia do poprawnej wartości prądu wyłączającego  $I_a$  w przywołanym artykule proponuje się współczynnik poprawkowy  $a = 1,2$ , który miałby uwzględniać możliwe długotrwałe obniżenie napięcia w sieci lub instalacji do poziomu  $0,9 \cdot U_n$ . W następstwie obniżenia napięcia prąd zwarciowy jest mniejszy i mógłby nie osiągnąć wartości prądu wyłączającego  $I_a$  zabezpieczenia, wobec czego proponuje się obniżyć o 20% największą dopuszczalną impedancję pętli, aby do samoczynnego wyłączenia zasilania doszło. Takie postępowanie odnosi się w artykule do obwodów zabezpieczonych zarówno bezpiecznikami, jak i wyłącznikami.

Proponowane postępowanie nie ma żadnego umocowania w przepisach polskich ani międzynarodowych czy europejskich. Nie ma też uzasadnienia merytorycznego, wynika ze złozonego przekonania, iż można i należy zabezpieczyć się przed każdym niekorzystnym zbiegiem zdarzeń, a w obliczeniach należy uwzględniać wszystkie czynniki mogące wpłynąć na wynik. Trzeba tu przypomnieć parę okoliczności. Po pierwsze, jeżeli napięcie zasilania jest obniżone i prąd zwarcia jednofazowego jest mniejszy, to wprawdzie czas wyłączenia może się wydłużyć, ale mniejsze są występujące napięcia dotykowe. Po drugie, zwarcie w odbiorniku może wystąpić w dowolnym miejscu uzwojenia, grzejnika lub innego elementu czynnego (rys. 3). Pod działaniem napięcia o przypadkowej wartości może wtedy płynąć prąd zwarciowy nawet wielokrotnie mniejszy niż wartość obliczeniowa przyjmowana przy projektowaniu i przy okresowych badaniach ochrony, kiedy uwzględnia się tylko zwarcie na zaciskach wejściowych

odbiornika. Czy wobec tego należy w obliczeniach wprowadzić współczynnik poprawkowy  $a$  o wartości 2 lub 5, a nawet większy? Po trzecie, z obliczeń i pomiarów wynika wartość początkowa składowej okresowej prądu zwarciego  $I_k''$  [3], a o tym czy wyłącznik otworzy się pod działaniem członu zabezpieczeniowego zwarciego decyduje przebieg pierwszej pełnej półfali prądu, a więc może mieć na to wpływ również udział składowej nieokresowej prądu zwarciego. Te i inne czynniki powszechnie przemilcza się godząc się na niezbyt dużą dokładność obliczeń.



**Rys. 3.** Zwarcie jednofazowe we wnętrzu odbiornika, przy którym spełnienie warunku samoczynnego wyłączenia zasilania nie jest możliwe (prąd zwarcioy  $I_k$  jest znacznie mniejszy niż prąd wyłączający  $I_a$  zabezpieczenia zwarciego)

Odnosnie do przykładu liczbowego podanego przez Czytelnika nasuwają się następujące wyjaśnienia. Wyłącznik NZM 10 firmy MOELLER, o prądzie znamionowym 630 A ma mikroprocesorowy przekaźnik nadprądowy zawierający w wykonaniu standardowym dwa człony:

- nastawny człon przeciążeniowy o zakresie nastawczym  $300 \div 630$  A, dający się płynnie nastawić na wybrany prąd nastawczy członu przeciążeniowego  $I_r$ ,
- nastawny człon zwarcioy bezwzględny 11-położeniowy, dający się nastawić na prąd  $I_{nr}$  stanowiący całkowitą krotność prądu  $I_r$  leżącą w zakresie nastawczym  $(2 \div 12) \cdot I_r$ .

Rozważmy dwa skrajne przypadki: najniższego możliwego i najwyższego możliwego nastawienia przekaźnika nadprądowego wyłącznika NZM 10 pracującego w instalacji o napięciu 220/380 V. Wszystkie możliwe przypadki praktyczne znajdują się w granicach wyznaczonych przez te dwie sytuacje:

- a) Prąd nastawczy członu przeciążeniowego jest najmniejszy możliwy  $I_r = 300$  A. Obwód zasila obciążenie spokojne, nie występują większe prądy załączeniowe i człon zwarcioy można nastawić na najmniejszą możliwą krotność 2. Prąd nastawczy członu zwarciego wynosi  $I_{nr} = 2 \cdot I_r = 2 \cdot 300 = 600$  A, a z braku bliższych danych w katalogu co do pasma rozrzutu prąd zadziałania członu zwarciego i tym samym prąd wyłączający wyłącznika można przyjąć jako  $I_a = 1,2 \cdot 600 = 720$  A. Największa dopuszczalna impedancja pętli zwarcioy wynosi zatem:

$$Z_s = \frac{U_0}{I_a} = \frac{220}{720} = 0,306 \Omega$$

- b) Prąd nastawczy członu przeciążeniowego jest największy możliwy  $I_r = 630$  A. Obwód zasila obciążenie niespokojne, występują tak duże prądy załączeniowe, że człon zwarcioy trzeba nastawić na największą możliwą krotność 12. Prąd nastawczy członu zwarciego wynosi  $I_{nr} = 12 \cdot I_r = 12 \cdot 630 = 7560$  A, a z braku bliższych danych w katalogu co do pasma rozrzutu prąd zadziałania członu zwarciego i tym samym prąd wyłączający wyłącznika można określić jako  $I_a = 1,2 \cdot 7560 = 9072$  A. Największa dopuszczalna impedancja pętli zwarcioy wynosi zatem:

$$Z_s = \frac{U_0}{I_a} = \frac{220}{9072} = 0,0243 \Omega$$

Określając prąd wyłączający  $I_a$  bezpieczników przyjmuje się za podstawę taką klasę bezpiecznika i taki prąd znamionowy wkładki, jaki zgodnie z projektem zastosowano, a nie największy możliwy prąd znamionowy wkładki, jaką dałoby się do podstawy włożyć i najbardziej niekorzystną klasę bezpiecznika (wkładki o największej zwłoczności). Podobne rozumowanie należy odnosić do wyłączników. Prąd wyłączający  $I_a$  wyłączników sieciowych i stacyjnych należy określać przyjmując za podstawę prąd nastawczy wyzwalaczy lub przełączników zwarciovych, jaki zgodnie z projektem zastosowano, a nie największy, jaki daje się nastawić.

### Literatura

1. Musiał E.: Jak unikać błędów przy badaniu skuteczności uziemień ochronnych i zerowania w instalacjach 380/220 V. Gospodarka Paliwami i Energią, 1965, nr 12, s. 393-399.
2. Musiał E.: Ochrona przeciwporażeniowa w obwodzie suwnicy. Biuletyn SEP *INPE*, 2001, nr 41, s. 80-85.
3. Musiał E.: Prądy zwarciovie w niskonapięciowych instalacjach i urządzeniach prądu przemiennego. Biuletyn SEP *INPE*, 2001, nr 40, s. 3-50.
4. Musiał E., Jabłoński W.: Warunki techniczne jakim powinny odpowiadać urządzenia elektroenergetyczne niskiego napięcia w zakresie ochrony przeciwporażeniowej – nowelizacja projektu przepisów. Biuletyn SEP *INPE*, 1999, nr 24, s. 3-56.
5. PN-90/E-06150/20: Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa. Wyłączniki. (Zastąpiona przez normę PN-EN 60947-2 ustanowioną 30 kwietnia 2001 r.).
6. PN-EN 60947-2 kwiecień 2001: Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa. Wyłączniki.

*Edward Musiał*

### Dane źródłowe:

Musiał E.: *Sprawdzenie warunku samoczynnego wyłączenia zasilania w obwodzie zabezpieczonym wyłącznikiem nadprądowym*. Miesięcznik *INPE*, 2001 r. nr 42, s. 50-55.

W SPRAWIE WZORCOWANIA  
I SPRAWDZANIA MIERNIKÓW

9

**Pan Andrzej Siedlecki pisze:**

**Szanowni Państwo,**

Prosimy o pomoc w następującej sprawie. Na bazie jakich norm lub przepisów można przyjąć czasokresy wzorcowania i sprawdzenia (we własnym zakresie) dla mierników służących do kontroli stanu technicznego instalacji i urządzeń elektrycznych (izolacja, pętla zwarcia, uziemienia itp.)?

Opracowujemy w firmie instrukcję eksploatacji sprzętu pomiarowego, a wg informacji jakie udało nam się uzyskać nie ma obecnie w Polsce przepisów na ten temat.

W numerze 93-94 2007 *INPE* (str. 19) Pan dr Edward Musiał wspominał o niemieckich przepisach BGVA3, które mogą być tutaj przyjęte jako uznane reguły techniczne.

Czy byłoby możliwe podanie przez Państwa bardziej szczegółowych informacji dotyczących tych przepisów (nazwa, numer, rocznik, rozdział itp.), lub co byłoby dla nas optymalne zacytowanie stosownych fragmentów? Z góry dziękujemy za pomoc.

**Odpowiada p. dr inż. Edward Musiał:**

Nie odnalazłem przepisów BGVA3, ale jest na ten temat nowszy dokument szwajcarski, który przytaczam na początku załącznika. Zawiera on najbardziej szczegółowe wymagania, w wielu innych dokumentach jest podana tylko zasada ogólna: mierniki mają być regularnie wzorcowane.

Zasada jest prosta: kiedy kończy się ważność świadectwa wzorcowania wydanego przez producenta, wtedy w odstępach czasu od 1 roku do 3 lat należy miernik poddać wzorcowaniu u producenta lub w innej upoważnionej jednostce. Częstość zależy od rodzaju miernika (czy zawiera elementy szczególnie podatne na zmiany starzeniowe, np. fotoelektryczne), od intensywności użytkowania (kilkakrotnie w ciągu roku... wielokrotnie w ciągu tygodnia, czy nawet w ciągu dnia) i środowiska użytkowania (laboratorium...plac budowy). Właściwą częstość powinien ustalić szef firmy (choćby jednoosobowej) i wziąć za nią odpowiedzialność. W żadnych przepisach nie jest napisane ile to ma być w firmie X.

**Załącznik:**

### 1. Przepisy, komentarze do przepisów, wytyczne bezpieczeństwa pracy organizacji zawodowych

[http://www.vsek.ch/downloads/q/KONZEPT\\_Q\\_Label%20VSEK.pdf](http://www.vsek.ch/downloads/q/KONZEPT_Q_Label%20VSEK.pdf)

Dokument z roku 2011 - wydany przez Szwajcarskie Stowarzyszenie Kontroli Instalacji Elektrycznych dotyczy wymagań jakościowych dla kontrolerów uznanych, certyfikowanych przez Stowarzyszenie, tzn. posiadaczy znaku jakości Q-Label.

**Konzept Qualitätslabel der Elektro-Sicherheitsprüfung** na stronie 19:

Inhaber des Q-Labels müssen ihre Messgeräte mindestens vierteljährlich selber validieren (Vergleichsmessung immer am gleichen Objekt). **Die anerkannte Kalibrierung ist mindestens alle 3 Jahre zu veranlassen.** Diese Überprüfungen sind in den Unterhaltsprotokollen festzuhalten.

Posiadacz Q-Label powinien swoje mierniki co najmniej raz na kwartał sam sprawdzać przez pomiar porównawczy zawsze tego samego wzorcowego obiektu. **Co najmniej raz na trzy lata powinien zlecać wzorcowanie mierników uznanej instytucji.**

**Zobacz też:**

[http://www.dguv.de/inhalt/praevention/fachaus\\_fachgruppen/elektrotechnik/documents/P-I\\_8524\\_Anlage.pdf](http://www.dguv.de/inhalt/praevention/fachaus_fachgruppen/elektrotechnik/documents/P-I_8524_Anlage.pdf)

**Information Prüfung ortsveränderlicher elektrischer Betriebsmittel** Praxistipps für Betriebe.

[http://www.atlascopco.de/Images/d08cru\\_calibration\\_question\\_answer\\_d\\_20080519\\_tcm37-552577.pdf](http://www.atlascopco.de/Images/d08cru_calibration_question_answer_d_20080519_tcm37-552577.pdf)

### Wie oft muss kalibriert werden?

Eine häufig gestellte Frage ist die nach den erforderlichen Kalibrierintervallen für Mess- bzw. Prüfmittel. Zu dieser Frage lässt sich keine eindeutige Antwort geben, da eine Kalibrierung immer eine Momentaufnahme ist und u.a. von folgenden Faktoren abhängt:

- Messgröße
- Zulässige Toleranzen
- Beanspruchung der Mess- und Prüfmittel
- Erforderliche Messgenauigkeit
- Qualitätssicherungsanforderungen
- Umgebungsbedingungen

Das bedeutet, dass der Abstand zwischen zwei Kalibrierungen letztendlich vom Anwender und Anwendungsfall abhängig ist und entsprechend individuell festgelegt und überwacht werden muss. Bei neuen Messmitteln kann z.B. eine schrittweise Annäherung an das praxisgerechte Kalibrierintervall sinnvoll sein. Man beginnt mit einem relativ kurzen Zeitintervall. Das Zeitintervall für die darauf folgenden Kalibrierungen wird je nach Langzeitstabilität der Messmittel entsprechend verlängert oder verkürzt.

**Eine Empfehlung lautet jedoch, dass Messmittel und Normale mindestens einmal jährlich rekaliert werden sollten.**

### VDI 4068 Blatt 1 - Befähigte Personen - Qualifikationsmerkmale für die Auswahl Befähigter Personen und Weiterbildungsmaßnahmen

Zitat aus VDI 4068 Blatt 1 zum Qualitätsmerkmal B:

Die Prüfung erfolgt durch Personen, welche über Berufserfahrung verfügen und an einer arbeitsmittel- und prüfmittelbezogenen Schulungsmaßnahme mit Erfolgskontrolle erfolgreich teilgenommen haben. Prüfmittel müssen ohne Mängel und, sofern erforderlich, kalibriert sein.

## 2. Informacje i zalecenia producentów mierników



### Kalibrier- und Reparaturservice

Anspruchsvolle Messaufgaben benötigen regelmäßig nachkalibrierte Geräte. Metrel empfiehlt eine Nachkalibrierungsfrist von einem bis drei Jahren. Kunden stehen entweder ISO-Kalibrierzertifikate oder Akkreditations Zertifikate (nach DKD) zur Verfügung.

Po wygaśnięciu ważności świadectwa wzorcowania nowego miernika firma METREL zaleca wzorcowanie w odstępach czasu od jednego roku do trzech lat w zależności od intensywności użytkowania miernika (w tym katalogu nie jest to napisane, ale takie wskazówki firmy podają).

### Zobacz także:

[http://www.gossenmetrawatt.com/resources/resources/pdf\\_sonst/vde0751-0701-0702.pdf](http://www.gossenmetrawatt.com/resources/resources/pdf_sonst/vde0751-0701-0702.pdf)

### Prüfen der elektrischen Sicherheit an elektrischen Geräten

### Geeignete Mess- und Prüfgeräte

### Dane źródłowe:

Musiał E.: *List w sprawie wzorcowania i sprawdzania mierników*. Miesięcznik INPE, 2012 r. nr 153, s. 90-91.



## PODSUMOWANIE

Wymienione w spisie treści publikacje nieprzypadkowo zostały zamieszczone w Aneksie. „Uwagi...” dra inż. Witolda Jabłońskiego szczegółowo opisują błędy merytoryczne i interpretacyjne autora zeszytu oraz usterki redakcyjne i nieaktualne zasady badań. Artykuł pt. „Kontrola stanu instalacji...” dra hab. inż. Stanisława Czappa opisuje aktualne wymagania tych zasad, a pozostałe artykuły je uzupełniają i komentują.

Niektóre z zamieszczonych w Aneksie publikacji przykładowo przytaczają błędy tłumaczeń Polskich Norm, błędy przepisów i ich interpretacji. O tych publikacjach pisze autor „Uwag...”:

*Autor Podręcznika nie skorzystał albo nie chciał korzystać z publikacji ekspertów zamieszczanych w Miesięczniku INPE, w wyniku czego nie uniknął błędów merytorycznych.*

*...do końca 2008 r. ukazało się 16 artykułów o tematyce zbieżnej z treścią Podręcznika i 8 po 1 stycznia 2009 r.*

Kontrola stanu instalacji elektrycznych ze względu na bezpieczeństwo ludzi i ich mienia jest niezmiernie ważna, toteż powinna być wykonywana przez osoby kompetentne i odpowiedzialne. Aneks w prezentowanej formie, w moim przekonaniu, służy doskonaleniu tych kompetencji.

Zalecam staranne zapoznanie się z Aneksem i literaturą przywołaną w zamieszczonych w nim publikacjach. Wiele z nich można znaleźć na stronie internetowej *INPE – redinpe.com*. Życzę przyjemnej lektury.

**Tadeusz Malinowski**  
*Redaktor Naczelny  
Kierownik ZW INPE*