

**TERMINOLOGIA W OPISIE WYŁĄCZNIKÓW OCHRONNYCH  
RÓŻNICOWOPRĄDOWYCH – odp. Edward Musiał**

**Pan Andrzej Boczkowski w liście do Redakcji pisze:**

Z zainteresowaniem przeczytałem artykuł Panów Stanisława Czappa i Edwarda Musiała p.t. „Wyłączniki ochronne różnicowoprądowe. Przegląd i charakterystyka współczesnych konstrukcji” opublikowany w numerze nr 109 miesięcznika *INPE* z października 2008 r.

W artykule autorzy stosują określenie: „**Znamionowy prąd różnicowy zadziałania  $I_{\Delta n}$  wyłączników różnicowoprądowych**”.

W określeniu tym użycie słów „**znamionowy prąd zadziałania  $I_{\Delta n}$** ” nie jest właściwe, gdyż prąd zadziałania urządzenia ochronnego różnicowoprądowego  $I_{\Delta}$  powinien zawierać się w granicach  $0,5 I_{\Delta n} \div I_{\Delta n}$ , gdzie  $I_{\Delta n}$  jest znamionowym prądem różnicowym. W przypadku wyłącznika ochronnego różnicowoprądowego o  $I_{\Delta n} = 30$  mA prąd zadziałania  $I_{\Delta}$  zwykle zawiera się w granicach od 18 mA do 25 mA.

Reasumując uważam, że przy stosowaniu wyłączników ochronnych różnicowoprądowych należy stosować następujące określenia: „**Znamionowy prąd różnicowy  $I_{\Delta n}$  wyłączników ochronnych różnicowoprądowych**” oraz „**Prąd zadziałania  $I_{\Delta}$  wyłączników ochronnych różnicowoprądowych**”.

**Autor artykułu Pan Edward Musiał odpowiada**

Terminy przywołane w liście mają następujące brzmienie w oryginalnych wydaniach norm międzynarodowych IEC i europejskich EN:

3.2.4. residual operating current	3.2.4. courant différentiel de fonctionnement
5.2.3. <b>rated</b> residual operating current ( $I_{\Delta n}$ )	5.2.3. courant différentiel de fonctionnement <b>assigné</b> ( $I_{\Delta n}$ )

We wszystkich polskich wydaniach norm 61008-1 (RCCB), 61009-1 (RCBO) i 62020 (RCM) były one tłumaczone następująco:

3.2.4. prąd różnicowy zadziałania
5.2.3. prąd <b>znamionowy</b> różnicowy zadziałania ( $I_{\Delta n}$ )

Nawet dziecię zauważy, że w porównaniu z terminem 3.2.4 we wszystkich wersjach językowych terminu 5.2.3 dodano określenie znamionowy (rated, assigné) i tylko tym się one różnią. Polskie tłumaczenie jest poprawne, ale można mu zarzucić, że dodane określenie *znamionowy* rozdziera pierwotny termin, a nie znajduje się na początku lub na końcu, jak w pierwowzorach. Tak się stało, bo przyjęto w polskich terminach na początku umieszczać główny rzeczownik określający, przynajmniej w słownikach i wykazach.

Wszystkim wersjom językowym można zarzucić naruszenie, obowiązującej w terminologii, zasady systematyczności. Pojęciu nadrzdnemu *prąd różnicowy zadziałania* powinny odpowiadać dwa pojęcia podrzędne: *znamionowy prąd różnicowy zadziałania* oraz *rzeczywisty prąd różnicowy zadziałania*.

Czytelnik, znany z mącenia w głowach polskich elektryków, tak uwierzył w wypisywane przez siebie bzdety, że myli je z postanowieniami norm, zamącił i we własnej głowie. A przecież wystarczyło zajrzeć do którejkolwiek normy. We wszystkich wydaniach norm 61008-1 (RCCB), 61009-1 (RCBO) i 62020 (RCM), dla ułatwienia korzystania z nich dyslektykom, wspomniane terminy i ich definicje mają identyczną numerację (3.2.4 oraz 5.2.3).

Czytelnik podkreślił, że artykuł przeczytał z zainteresowaniem. Sprytnie, bo gdyby napisał, że przeczytał ze zrozumieniem, nikt by nie uwierzył. Nie dodał, że przeczytał cudzy list, bo przecież adresaci cyklu artykułów o wyłącznikach różnicowoprądowych zostali wyraźnie określeni (*INPE*, nr 108, s. 3, ostatni akapit).

Aby uniknąć na przyszłość podobnych odpowiedzi temu czytelnikowi, wyjaśniam, że ilekroć w sygnowanym przeze mnie tekście napotka niezgodność z normą – niezgodność faktyczną, a nie urojoną – to znaczy, że błąd jest w normie. I w moim tekście będzie o tym wzmianka. Rozumiem, że trudno to pojąć osobie znanej z tego, że namiętnie komentuje nie teksty norm i przepisów, lecz swoje urojenia o ich zawartości.

*Edward Musiał*

**Pan Józef Wysocki z Wrocławskiego Oddziału SEP pisze:**

W zeszytcie 109 *INPE* z października 2008 r., na str. 73 zawarła się odpowiedź Jerzego Martyńskiego dotycząca odporności ogniowej trasy kablowej. Odpowiedź nie w pełni jest poprawna, podobnie komentarz do niej. Z odpowiedzi wynika, że każdy przewód lub kabel E 90 może być ułożony w korytku kablowym E 90. Rzecz w tym, że nie zawsze każdy i niekoniecznie kabel E 90. W komentarzu pomyłono klasyfikację budowlaną z klasyfikacją elektryczną.

Warunki techniczne [1] w § 187 ust. 3 i 4 zawierają wymóg ciągłości dostawy energii i sygnału w warunkach pożaru przez odpowiednio długi czas (90 lub 30 minut), czyli podtrzymaniu funkcji oprzewodowania w wymaganym czasie, w umownych warunkach pożaru. W Polsce nie ma jeszcze norm obejmujących ten zakres techniki, wobec czego w praktyce projektowej, wykonawczej i produkcyjnej powinno się stosować niemiecką normę DIN 4102 część 12, wydanie z listopada 1998 r. [2], w której występuje klasa podtrzymania funkcji oprzewodowania E 30, E 60 lub E 90. Instalacja spełniająca wymagania normy DIN 4102-12 [2] czyni zadość wymaganiom § 187 ust. 3 i 4 warunków technicznych [1]. Pod pojęciem oprzewodowania rozumie się kable elektroenergetyczne, izolowane przewody elektroenergetyczne, izolowane kable i przewody dla telekomunikacji oraz techniki przetwarzania danych, jak również przewody szynowe, łączone z właściwymi im listwami, kanałami oraz osłonami, elementami konstrukcji nośnej oraz zamocowaniami. Według tej normy sprawdzane są kable i przewody **zawsze razem** z ich osłonami i systemami nośnymi.

**Klasa podtrzymania funkcji E (30, 60, 90) według DIN 4102-12 [2] jest gwarantowana przy wspólnej certyfikacji przewodu bądź kabla oraz systemu nośnego.** Certyfikat jest ważny dla poddanych sprawdzeniu kabli (określonego typu i producenta) łącznie z użytą podczas sprawdzenia konstrukcją danego rodzaju i określonego producenta. Przenoszenie wyników badań na konstrukcje nośne względnie kable innych producentów w zasadzie jest niedozwolone. Dla samego kabla, certyfikat nie jest ważny, jeśli kabel zostanie ułożony na innym systemie nośnym niż ten, który brał udział w badaniu. To samo dotyczy systemów nośnych; certyfikat nie jest ważny jeśli system nośny zostanie przeznaczony dla innego kabla niż ten, który brał udział w badaniu. Z postanowień normy DIN 4102-12 [2] jasno wynika, że nie każdy przewód czy kabel może być zastosowany do określonego korytka i nie każde korytko może współpracować z określonym przewodem lub kablem.

Jeżeli jednak konstrukcja nośna została uznana za **znormalizowaną konstrukcję nośną** w myśl normy DIN 4102-12 [2], wówczas może współpracować z przewodami bądź kablami, które poddane zostały próbom sprawdzającym na innych (co do typu i producenta) znormalizowanych konstrukcjach nośnych, spełniających warunki normy, bez ponownego sprawdzania. Tu ważna uwaga: odcinek oprzewodowania złożony z określonej konstrukcji nośnej **E 90** i na przykład przewodu bezhalogenowego NHXCH-FE 180/**E 90** może być sklasyfikowany jako **E 30, E 60, E 90**, w zależności od sposobu ułożenia przewodu oraz od liczby i przekroju żył.

Firma zadająca pytanie, zamiast szukać pomocy u ekspertów, powinna zwrócić się o pomoc do producenta posiadanego korytka lub producentów przewodów. Jedni i drudzy dysponują certyfikatami wydanymi na podstawie protokołów badań jednostek badawczych. W tych protokołach są wyszczególnione przewody bądź kable, z którymi było badane korytko, bądź są wyszczególnione systemy nośne – w przypadku badań przewodu. Najmniej problemów jest w przypadku **znormalizowanej konstrukcji nośnej**. Taki status mają konstrukcje uznanych niemieckich producentów, a także producentów polskich o niemieckich korzeniach (np. NIEDAX, PUK, OBO BETTERMANN). Również niemieccy producenci przewodów i kabli oraz polscy producenci, produkujący je według niemieckich norm wyrobu, mają przewody sprawdzone w zespole ze znormalizowaną konstrukcją nośną. W przypadku zastosowania znormalizowanej konstrukcji nośnej i przewodu bądź kabla sprawdzonego na innej znormalizowanej konstrukcji nośnej wystarczy oddzielny certyfikat dla tej konstrukcji i oddzielny dla przewodu bądź kabla.

Zdaję sobie sprawę, że moja rada jest podobna do porad udzielanych w kąciku różnych czasopism „Lekarz radzi”. Na pytanie: boli mnie głowa, co robić. Lekarz odpowiada: na podstawie przekazanych informacji nie mogę udzielić właściwej rady. Proszę się zgłosić do swojego lekarza rodzinnego. Ale innej rady udzielić odpowiedzialnie nie można. Wszakże chodzi tu o bezpieczeństwo. Skutki niepoprawnie skompletowanej instalacji mogą być tragiczne.

Przy okazji warto wyjaśnić, co kryje się za oznaczeniem FE 180. Klasyfikacja FE – podtrzymania funkcji oprzewodowania podczas długotrwałego działania ognia – wskazuje ile minut swobodnie

zamocowany, ułożony poziomo pojedynczy przewód lub kabel, poddany działaniu płomienia o temperaturze min. 750 °C, zachowuje parametry w warunkach pożaru bez powstania zwarcia ani przerwania żył. Dłaczego jest tak duża różnica w wartości czasu pomiędzy FE a E dla kabla przedstawionego wyżej. Wynika ona, między innymi, z różnych warunków temperaturowych próby. Dla klasy E 90 temperatura w przestrzeni probierczej rośnie do 986 °C.

W odpowiedzi na pytanie 1 podano, że „...można zastosować dowolny kabel o odporności ogniowej E 90”. Stosowanie klasyfikacji E 90 do samych przewodów lub kabli jest błędem. Taki sam błąd popełnia nieustannie wielu autorów artykułów publikowanych w prasie technicznej. **Klasyfikacja E (30, 60, 90) określa właściwości kompletnego oprzewodowania: przewodów bądź kabli wraz z systemem nośnym.** Dla samych przewodów i kabli mamy do czynienia z klasyfikacją FE 180 lub PH (15, 30, 60, 90).

W komentarzu autor wyjaśnia, że „Klasę odporności ogniowej nadaje się dla **materiałów, wyrobów** – w przypadku korytek kablowych i kabli – oznaczenie E – szczelność ognia (w minutach)”. Nie jest to prawda. Klasyfikacja odporności ogniowej wyrobów budowlanych i elementów budynku oznaczona literą E, czyli szczelność ognia (oznaczenie według PN-EN 13501-2:200 [3] oraz norm międzynarodowych) nie ma nic wspólnego z klasyfikacją systemu oprzewodowania oznaczoną literą E (według niemieckiej normy DIN 4102-12 [2]). W przypadku korytka kablowego nie ma sensu mówienie o jego szczelności w kontekście odporności ogniowej. Tu raczej mogłoby być zastosowane oznaczenie R – nośność ognia.

Dalej czytamy w komentarzu „...należy wybudować instalację z użyciem takich materiałów (wyrobów), które w warunkach pożaru zachowują sprawność techniczną w zadanym czasie, a więc posiadają odpowiednią klasę odporności ogniowej”, a w następnym zdaniu: „...w przypadku instalacji zbudowanej przy użyciu korytek kablowych, klasa odporności ogniowej jest wymagana dla korytek i elementów systemu mocowania (wsporniki, wieszaki, obejmmy śruby)”. Rzecz w tym, że instalacja elektryczna jako całość jak i jej poszczególne elementy (kable, elementy nośne) nie są klasyfikowane tak samo, jak wyroby budowlane i elementy budynku. Pomyłono klasę odporności ogniowej wyrobów budowlanych i elementów budynku z klasą podtrzymania funkcji oprzewodowania poddanego działaniu ognia. W przypadku kabli, przewodów i ich elementów nośnych nie występuje pojęcie *klasa odporności ogniowej*.

W ostatniej części komentarza, autor wspomina o klasie odporności ogniowej przejścia instalacji przez stałe przegrody budowlane oddzielające strefy pożarowe. *Przejście przez przegrodę* nie ma klasy odporności ogniowej. Klasę odporności ogniowej ma *uszczelnienie* przejścia instalacyjnego. Przejście to według PN-EN 1366-3:2006 [4] otwór w elemencie oddzielającym służący do przeprowadzenia jednej lub większej liczby instalacji.

## Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U., 2002, Nr 75, poz. 690 z późniejszymi zmianami).
- [2] DIN 4102 T. 12/1998-11 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 12: Funktionserhalt von elektrischen Kabelanlagen; Anforderungen und Prüfungen.
- [3] PN-EN 13501-2:2008 Klasyfikacja ognia wyrobów budowlanych i elementów budynków. Część 2: Klasyfikacja na podstawie badań odporności ogniowej, z wyłączeniem instalacji wentylacyjnej.
- [4] PN-EN 1366-3:2006 Badanie odporności ogniowej instalacji użytkowych. Część 3: Uszczelnienia przejść instalacyjnych.

## Redakcja INPE odpowiada:

Szeroko pojęta problematyka bezpieczeństwa pożarowego w budownictwie, w tym dziedzina budowlanych środków ochrony przeciwpożarowej, nabiera coraz większego znaczenia. Potrzeba dostosowania polskich przepisów i naszej praktyki projektowej oraz wykonawczej w tej dziedzinie do standardów europejskich stała się głównym powodem trwającej procedury nowelizacji rozporządzenia w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Ta problematyka jest szczególnie doniosła w przypadku budynków wysokich i wysokościowych i/lub obiektów gromadzących publiczność, a także w licznych obiektach przemysłowych, handlowych i magazynowych niebezpiecznych pod względem pożarowym.

Do tego kręgu tematycznego należy zachowanie się instalacji elektrycznej, zwłaszcza oprzewodowania, w warunkach pożaru. Jest to wiedza interdyscyplinarna wiążąca elektrykę z pożarnictwem, wymagająca w Polsce pilnego uporządkowania. Obserwuje się chaos terminologiczny, brak polskojęzycznych

odpowiedników ważnych norm IEC, EN bądź DIN oraz różną w różnych rejonach kraju praktykę współpracy elektryków z ekspertami pożarnictwa, różne procedury oceny i dopuszczania rozwiązań technicznych.

Z terminologią jest źle nawet w normach i przepisach prawa. Jediną ogólną normą instalacyjną dotyczącą tej problematyki jest PN-IEC 60364-5-52:2002 *Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Oprzewodowanie*, a w szczególności jej rozdział 527: *Dobór i montaż w celu ograniczenia rozprzestrzeniania się ognia*, zawierający zdawkowe postanowienia, obarczone dziwolągami terminologicznymi i redakcyjnymi. Już na wstępie zamieszanie wprowadzają terminy nieroztropnie zapożyczone z zakresu ochrony przeciwwybuchowej (*ognioszczelna obudowa, komora ognioszczelna*), a także *wytrzymałość ogniowa*, nigdzie nie definiowana, na przemian z *odpornością ogniową i stopniem odporności ogniowej*. W tytule rozdziału jest ograniczenie rozprzestrzeniania się ognia, ale dalej jest mowa o *nieprzenoszeniu ognia*. Jest też odesłanie do normy IEC 60614 *Specification for conduits for electrical installations*, której nie ma w zbiorze PN. W rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, czytamy w § 234. 1: *Przepusty instalacyjne w elementach oddzielenia przeciwpożarowego powinny mieć klasę odporności ogniowej (EI) wymaganą dla tych elementów*. Z kolei w normie (PN-EN 1366-3:2006) klasę odporności ogniowej przypisuje się *uszczelnieniom* i to nie *przepustów instalacyjnych*, lecz *przejęć instalacyjnych*. Jeżeli normy i przepisy mają formułować zrozumiałe postanowienia, to stosowane w nich nazwy muszą spełniać m. in. dwie następujące zasady terminologiczne:

- **zasadę jednoznaczności** – jedna nazwa powinna oznaczać tylko jedno pojęcie,
- **zasadę jednonianowości** – jedno pojęcie powinno mieć tylko jedną nazwę.

Jeszcze gorzej jest w czasopismach technicznych i w tłumaczeniach niemieckich certyfikatów. Na przykład termin *Funktionserhaltklasse* tłumaczy się na wiele sposobów: *klasa podtrzymania funkcji, klasa utrzymania funkcji, klasa zachowania funkcji, klasa funkcjonalności, klasa wytrzymałości ogniowej, stopień ochrony przeciwogniowej, klasa odporności ogniowej (kabli)* i tak dalej, jak komu do głowy przyjdzie.

Jakiekolwiek prace w tym zakresie trzeba zacząć od uporządkowania polskiej terminologii, tzn. od przyjęcia polskich terminów i ich definicji ze wskazaniem odpowiedników obcojęzycznych.

Zapewne rację ma p. J. Wysocki zalecając – w braku polskich norm – stosowanie normy DIN 4102 T. 12/1998-11 jako zbioru uznanych zasad wiedzy technicznej, ale polskie prawo nie może nakazać przestrze-gania normy, która nie jest ogólnie dostępna i to w języku polskim. W wielu rejonach kraju w oparciu o rozporządzenie MSWiA z dnia 5 sierpnia 1998 r. w sprawie aprobat i kryteriów technicznych oraz jednostkowego stosowania wyrobów budowlanych (Dz. U. z dnia 20 sierpnia 1998 r.), po uzyskaniu pozytywnej opinii rzeczoznawcy ds. ochrony przeciwpożarowej, na razie korzysta się z procedury wskazanej przez p. J. Martynińskiego. Wspomniana opinia, jako odrębne opracowanie, wchodzi w skład dokumentacji budowy i dokumentacji powykonawczej, przekazywanej właścicielowi lub zarządcy obiektu przy odbiorze obiektu budowlanego, zgodnie z art. 60 ustawy Prawo budowlane (Dz. U., 2006 r., nr 156, poz. 1118).

Słusznie zwraca p. J. Wysocki uwagę na niezamienność oznaczeń stosowanych w różnych klasyfikacjach, bo pochodzą one z różnych prób, wykonywanych w różnych warunkach. Wyniki poszczególnych prób są oceniane według odmiennych kryteriów, bo poszczególne próby są wykonywane w różnym celu, dla sprawdzenia różnych własności oprzewodowania (palności przewodów, powierzchniowego rozprzestrzeniania się płomienia, podtrzymania funkcji, emisji gazów itd.).

Książkowe opracowanie tej problematyki na użytek polskich elektryków jest pilną koniecznością. Wstępnym krokiem mógłby być zeszyt specjalny *INPE* przygotowany przez zespół autorów, aby wydanie przyspieszyć. Redakcja oczekuje zgłoszeń specjalistów, którzy byliby skłonni wziąć udział w tym przedsięwzięciu.

Tadeusz Malinowski  
Redaktor Naczelny

## ZAGADNIENIA REZYSTANCJI UZIOMÓW W GRUNCIE PRZEMARZNIĘTYM

Pan mgr inż. Józef Wysocki, w liście do Redakcji zwrócił się o podjęcie przez *INPE* wyjaśnienia zagadnienia rezystancji uziomów wykonywanych w ziemi na głębokości przemarzania gruntu. Opracowanie komentarza w tej sprawie – zdaniem autora listu – najlepiej byłoby powierzyć drowi inż. Witoldowi Jabłońskiemu, autorowi licznych publikacji na temat uziemień i ochrony przeciwporażeniowej zarówno w *INPE*, jak i w innych wielu wydawnictwach. Tak też się stało. Niżej publikujemy „in extenso” pytania autora listu i odpowiedzi dra inż. Witolda Jabłońskiego zawartej w artykule pt. „Rezystywność obliczeniowa gruntu jako podstawa obliczania największej rezystancji uziemienia ochronnego”.

**Pytanie do dr. inż. Witolda Jabłońskiego:**

W klimacie umiarkowanym rezystancja uziomu zmienia się wraz z porami roku, zależnie od wilgotności gruntu i jego temperatury. Wysychanie i zamrożenie gruntu ma podobny skutek, powoduje znaczący wzrost rezystywności. Autorzy S. Szpor i J. Samuła, w swojej książce [2] informują, że **duży wzrost rezystancji uziemienia (np. ok. 5-krotny) występuje przy zamarzaniu gruntu**. W poradniku projektowania, montażu, konserwacji i sprawdzania urządzeń piorunochronnych PN-IEC 61024-1-2:2002 [8] znajduje się informacja, że **zamrażnięty grunt charakteryzuje się ekstremalnie niską przewodnością**. Obie informacje brzmią groźnie w odniesieniu do uziomu projektowanego dla ochrony przeciwporażeniowej. Z punktu widzenia ochrony odgromowej nie jest to takie istotne wobec rzadkości zimowych wyładowań atmosferycznych. Umieszczenie uziomu na większej głębokości sprawia, że wahania wartości jego rezystancji wraz ze zmianami pór roku są mniejsze, ponieważ temperatura i wilgotność ulegają małym zmianom, a zamarzanie nie występuje. Praktycznie wszystkie normy zalecają układanie uziomu poniżej granicy zamarzania gruntu. Wybrane zalecenia norm przedstawiają się następująco:

W punkcie 542.2.2. normy PN-IEC 60364-5-54:1999 [6], „Rodzaj i głębokość umieszczenia uziomów powinny być takie, aby wysychanie i **zamarzanie gruntu** nie powodowało zwiększenia ich rezystancji powyżej wymaganej wartości”.

W punkcie 9.3.1 normy PN-E-05115:2002 [4], „Uziomy poziome powinny być zwykle zakopane na głębokości od 0,5 m do 1 m poniżej poziomu gruntu. Zapewnia to wystarczającą ochronę uziomu przed uszkodzeniami mechanicznymi. Zaleca się, aby taki uziom był układany poniżej granicy **zamarzania gruntu**”.

W punkcie 6.3.1 PN-EN 50341-1:2005 [5], „Uziomy poziome powinny być zwykle zakopane na głębokości od 0,5 m do 1 m poniżej poziomu gruntu. Zapewnia to wystarczającą ochronę mechaniczną. Zaleca się układanie uziomów poniżej poziomu **zamarzania gruntu**”.

W punkcie 2.3.5 PN-IEC 61024-1:2001 [7], „Głębokość pograżania i typ uziomu powinny sprzyjać minimalizacji efektów korozji, wysuszenia i **przemarzania gruntu**, a przez to stabilizować zastępczą rezystancję uziemienia. **Zaleca się, aby pierwszy metr pionowego uziomu nie był uznawany za skuteczny w warunkach zamarzania**”.

Również według nieaktualnych przepisów polskich: uziom poziomy powinien być ułożony na głębokości nie mniejszej niż 0,6 m, z zastrzeżeniem zapewnienia rezystancji uziemienia nie wyższej od wymaganej, bez względu na wysuszenie lub **przemarznięcie gruntu**.

W Pana pracach i pracach innych autorów aktualnie publikujących nie ma **konkretnych** odniesień do przemarzania gruntu, chociaż dla terytorium naszego kraju takie odniesienia są dla celów fundamentowania budowli. Wszyscy piszą w języku polskim i dla polskiego czytelnika. Terytorium naszego kraju jest konkretne i występują na nim konkretne strefy głębokości przemarzania gruntu. Umowna głębokość przemarzania gruntu jest podana w normie PN-B-03020:1981 [3], w której wydzielono cztery strefy głębokości przemarzania gruntu: 0,8 m, 1,0 m, 1,2 m i 1,4 m (cała zachodnia część kraju – 0,8 m, centrum i wschód 1,0 m, tereny górskie 1,2 m, Suwalszczyzna 1,4 m). Wszystkie zalecenia literaturowe obracają wokół liczb od 0,6 m do 0,8 m, albo podawana jest tylko jedna wartość 0,6 m. Autorzy, jak ognia unikają nawiązania głębokości ułożenia uziomu poziomego do konkretnych głębokości przemarzania gruntu podanych dla poszczególnych stref klimatycznych Polski w PN-B-03020:1981 [3]. **Skutek jest taki, że w powszechnej praktyce projektowej i wykonawczej przyjmowana jest głębokość ułożenia uziomu 0,6 m**. W mojej praktyce, mam na myśli moje projekty i projekty na które mam wpływ jako sprawdzający lub

opiniujący, zwracam uwagę na głębokość ułożenia uziomu w odniesieniu do głębokości przemarzania gruntu. Budzi to, niekiedy ostry, sprzeciw wykonawców (chodzi o koszt wykonania wykopu pod uziom) i innych uczestników procesu inwestycyjnego, powołujących się przy tym na Pana publikacje, które nie dość dokładnie przeczytali. Można rzec, że wszyscy powinni znać zalecenia norm i do nich się stosować.

W praktyce jest inaczej. Wśród projektantów i wykonawców znajomość norm jest powierzchowna. Swoją wiedzę najczęściej czerpią z książek, artykułów lub poradników. Jakość ich wiedzy jest odpowiednia do jakości materiału źródłowego. Zdarzają się projektanci i wykonawcy, którzy swoją wiedzę zdobywają na zasadzie „jedna pani drugiej powiedziała”. W normach też nie ma konkretnych odniesień, ale normy są międzynarodowe i dotyczą również krajów, w których grunt nie zamarza. Rzecz jasna, problem wzrostu rezystancji uziomu w zamrożonym gruncie nie występuje w przypadku uziomu fundamentowego, ponieważ fundamenty posadowione są zazwyczaj poniżej granicy przemarzania gruntu. Ale nie ma problemu również tam, gdzie nie jest możliwe zastosowanie uziomu fundamentowego. Jeśli ułożenie uziomu na dużej głębokości (np. 1,5 m) jest zbyt kosztowne, można zastosować uziomy pionowe połączone uziomem poziomym ułożonym na głębokości np. 0,5 m, którego rezystancja będzie pomijana w obliczeniach lub będzie uwzględniany np. 5-krotnie wzrost jej wartości. Gorzej jest z zastosowaniem uziomów pionowych w gruntach skalistych.

Po tak długim wstępie proszę Pana o zajęcie **konkretnego** stanowiska w tej sprawie w **odniesieniu do terytorium Polski**. Czy problem przemarzania gruntu jest na tyle istotny, że należy stosować się do zaleceń norm, czy też zalecenia norm w odniesieniu do terytorium Polski są przesadzone. Zwracam się do Pana dlatego, że do Pana publikacji odwołują zwolennicy układania uziomu poziomego na małej głębokości (0,6 m). Z jednej strony mam informację o dużym wzroście rezystancji uziomu w przemarzonym gruncie, mam wiedzę o ustalonej normą głębokości przemarzania gruntu, którą z pewnością ustalono w oparciu o wyniki badań, mam zalecenia prawie wszystkich norm, by uziom układać poniżej granicy przemarzania gruntu, a z drugiej strony mam polską literaturę ze zdawkową informacją o potrzebie uwzględniania sezonowych zmian w rezystywności gruntu i liczbowe wartości odnoszące się do głębokości układania uziomów, z których jasno wynika, że uziom będzie ułożony w przemarzonym gruncie w warunkach krajowych. Stąd moje wątpliwości, czy nie przesadzam stosując się do zaleceń norm. Pańskie stanowisko może mieć wpływ na działania moje, a i innych uczestników procesu inwestycyjnego, jako że jest Pan jednym z uznanych autorytetów w dziedzinie ochrony przeciwporażeniowej. Rzecz jasna, za skutki swoich działań tylko projektant ponosi odpowiedzialność zawodową, cywilną i karną, i to on musi podejmować ostateczne i właściwe decyzje. Im wiedzy będzie więcej, tym mniej będzie błędów.

### Literatura:

- [1] Jabłoński W.: Ochrona przeciwporażeniowa w urządzeniach elektroenergetycznych niskiego i wysokiego napięcia. WNT Warszawa 2008. Wydanie III uaktualnione.
- [2] Szpor S., Samuła J.: Ochrona odgromowa. Tom I. Wiadomości podstawowe. WNT Warszawa 1983. Wydanie III.
- [3] PN-B-03020:1981 Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- [4] PN-E-05115:2002 Instalacje elektroenergetyczne prądu przemiennego o napięciu wyższym od 1 kV.
- [5] PN-EN 50341-1:2005 Elektroenergetyczne linie napowietrzne prądu przemiennego powyżej 45 kV. Część 1: Wymagania ogólne. Specyfikacje wspólne.
- [6] PN-IEC 60364-5-54:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Uziemienia i przewody ochronne.
- [7] PN-IEC 61024-1:2001 Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Zasady ogólne.
- [8] PN-IEC 61024-1-2:2002 Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Część 1-2: Zasady ogólne. Przewodnik B – Projektowanie, montaż, konserwacja i sprawdzanie urządzeń piorunochronnych.

Dr inż. Witold Jabłoński  
 witold.jablonski@pwr.wroc.pl

## REZYSTYWNOŚĆ OBLICZENIOWA GRUNTU JAKO PODSTAWA OBLICZANIA NAJWIĘKSZEJ REZYSTANCJI UZIEMIENIA OCHRONNEGO

### 1. Wstęp

Otrzymałem list p. mgr. inż. Józefa Wysockiego „Rezystancja uziomu w przemarzniętym gruncie” skierowany do mnie, w celu opracowania odpowiedzi na zawarte w nim pytania. Autor listu stwierdza, że w publikacjach dotyczących uziemień ochrony odgromowej zwraca się uwagę na duży wzrost rezystancji uziemienia (np. ok. 5-krotny), który występuje przy zamarzaniu gruntu. Zauważa też, że w jednej z branżowych norm polskich podano cztery strefy głębokości przemarzania gruntu, przy czym najgłębsze zamarzanie gruntu wynosi 1,4 m. Autor listu sądzi, że z punktu widzenia ochrony odgromowej nie jest to takie istotne wobec rzadkich zimowych wyładowań atmosferycznych, ale z punktu widzenia ochrony przeciwporażeniowej brzmi to groźnie.

To zaniepokojenie może być uzasadnione tylko wtedy, gdy projektanci nieprawidłowo projektują uziemienia, których rezystancja jest limitowana. Niestety nieprawidłowe projektowanie tych uziomów jest dość powszechne. Dotyczy to przede wszystkim przyjmowanie rezystywności gruntu „na oko”. Wielu projektantów uważa, że można projektować uziomy przyjmując niezbyt duże wartości rezystywności podawanej w literaturze dla rodzaju gruntu, który rozpoznają po oględzinach jego powierzchni. Często nie uwzględniają oni sezonowych zmian rezystywności gruntu, ale nawet ci projektanci, którzy go uwzględniają nie wiedzą, że wielu autorów publikacji podaje współczynniki sezonowych zmian rezystywności gruntu wyznaczone np. w Kanadzie, Australii lub w północnej części Azji lub Europy. Takie współczynniki nie są właściwe dla gruntów, temperatur i opadów spotykanych w Polsce. Niepewność poprawności projektowania uziemień często wyrażają, pisząc w projekcie następujące słowa: „Jeżeli po wykonaniu uziemienia pomiary jego rezystancji wskażą zbyt dużą rezystancję, należy uzupełnić uziom o dodatkowe elementy pionowe”. Skutki takiego postępowania mogą zwiększać koszty wykonania uziemienia, powodować wystąpienie kłopotów organizacyjnych, m.in. powodować wydłużenie terminu zakończenia inwestycji.

Należy też zauważyć, że rezystancja uziemienia w ochronie przeciwporażeniowej nie zawsze musi być obliczana. Może ona być nieistotna lub mieć drugorzędne znaczenie. Wtedy rezystywność gruntu ma również inne znaczenie niż dla uziomów o limitowanej rezystancji.

Dlatego poniżej przypomniano w skrócie, nie zawsze znane i rozumiane, zadania uziemień ochronnych niskiego i wysokiego napięcia, oraz zasady wyznaczania „obliczeniowej rezystywności gruntu” jako podstawy obliczania rezystancji uziemienia. Opisano zasady wyznaczania rezystywności zastępczej gruntów rzeczywistych i podano współczynniki sezonowych zmian rezystywności gruntu opracowane dla warunków polskich. Podano wnioski wynikające z przeprowadzonych lub analizowanych badań sezonowych zmian rezystancji prostych uziomów oraz uwagi do niektórych szczegółowych stwierdzeń Pana J. Wysockiego.

### 2. Rola uziemień w ochronie przeciwporażeniowej

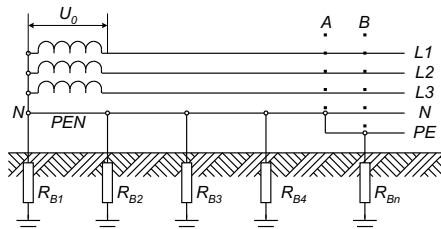
Zadania i wymagania stawiane uziomom ochronnym w sieciach niskiego napięcia i w sieciach wysokiego napięcia są różne.

**W sieciach neutralnego napięcia pracujących w układzie TN** uziemienia ochronno-robocze (oznaczone  $R_B$ ) punktu neutralnego sieci i przewodów PEN (PE) spełniają następujące zadania:

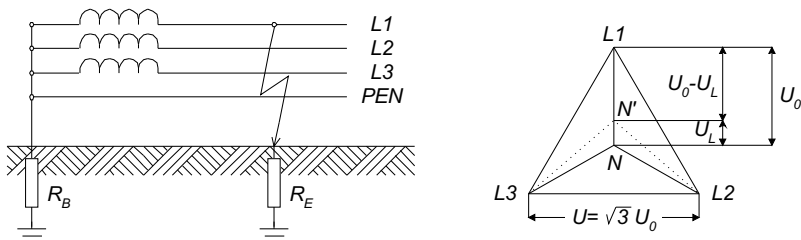
- 1) Zapewniają, w normalnych warunkach pracy sieci niskiego napięcia, utrzymywanie się potencjału ziemi na przewodach PEN (PE) i połączonych z nimi częściach przewodzących dostępnych.
- 2) Zapobiegają, mogących pojawić się podczas zwarć doziemnych z pominięciem przewodu PEN (PE), niebezpiecznych napięć na przewodach PEN (PE) oraz niebezpiecznych przepięć na nieszkodzonych przewodach fazowych (liniowych).
- 3) Umożliwiają wyłączenie zasilania podczas zwarć doziemnych, gdy zwarcie doziemne wystąpi na uszkodzonym przewodzie ochronnym za miejscem jego przerwania.
- 4) Ograniczają napięcie pojawiające się podczas zwarć doziemnych na przerwanym przewodzie ochronnym i połączonych z nim częściach przewodzących.

- 5) Ograniczają napięcie na przewodach PEN (PE) wywołane zwarciami doziemnymi w sieci TN.
- 6) Ograniczają napięcia, które mogą być przeniesione z uziomu stacji zasilającej do obwodów niskiego napięcia (gdy punkt neutralny sieci TN jest połączony z uziomem stacji).

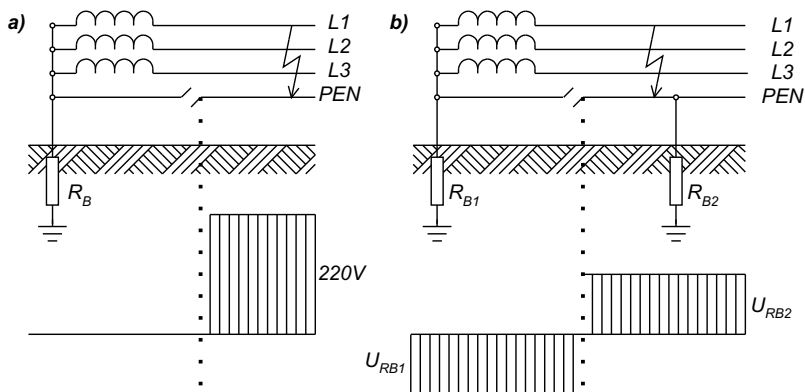
Sposoby realizacji ww. zadań uziemień w sieciach TN można prześledzić analizując rysunki od 1 do 5 (zadania 3 i 4 zilustrowano na jednym rysunku).



Rys. 1 Rola uziemień ochronno-roboczych w przenoszeniu potencjału ziemi na przewód PEN i PE przy braku uszkodzenia w sieci TN

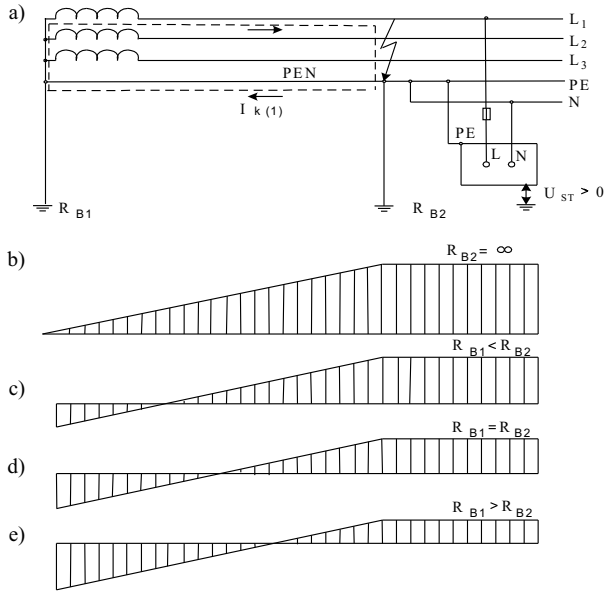


Rys. 2 Rola uziemień ochronno-roboczych w ograniczaniu napięć na przewodach PEN pojawiających się przy doziemniach z pominięciem tych przewodów oraz w ograniczaniu przepięć na przewodach nieuszkodzonych

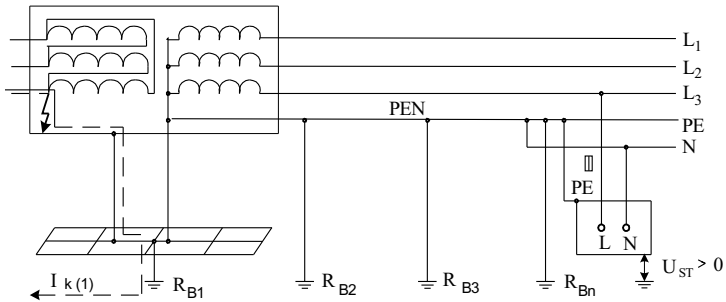


Rys. 3 Rola uziemień ochronno-roboczych w ograniczaniu napięć pojawiających się na przewodzie PEN przy zwarciami jednofazowych za z miejscem jego przerwania oraz w tworzeniu obwodu dla tego prądu zwarcio-owego umożliwiając samoczynne wyłączenie obwodu uszkodzonego: a) przewód PEN za miejscem uszkodzenia nie jest uziemiony, b) przewód PEN za miejscem uszkodzenia jest uziemiony.



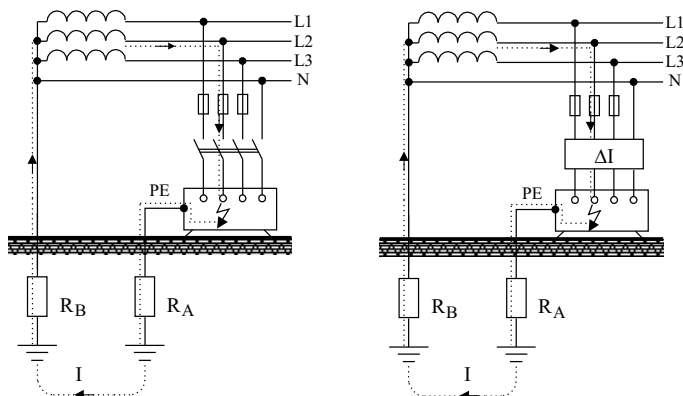


**Rys. 4.** Rola uziemień ochronno-roboczych. Napięcie na przewodzie PEN wywołane prądem zwarcia doziemnego: a) schemat sieci; b) rozkład napięcia przy  $R_{B2} = \infty$ ; c) rozkład napięcia przy  $R_{B2} > R_{B1}$ ; d) rozkład napięcia przy  $R_{B2} = R_{B1}$ ; e) rozkład napięcia przy  $R_{B2} < R_{B1}$



**Rys. 5.** Rola uziemień ochronnych w ograniczaniu napięcia przenoszonego przewodem PEN z uziomu stacji na części przewodzące dostępne poza stacją.

**W układzie TT** uszkodzenie izolacji doziemnej odbiornika powoduje, że przez uziemienie tego odbiornika (rys. 6) płynie prąd uziomowy równy prądowi uszkodzeniowemu. Zadaniem uziemienia ochronnego jest ograniczenie napięcia dotykowego do wartości dopuszczalnej długotrwale, a gdy napięcie to zostanie przekroczone – prąd płynący w obwodzie uszkodzeniowym powinien samoczynnie wyłączyć zasilanie uszkodzonego obwodu. Zadania te zostaną spełnione przy odpowiednio ograniczonej rezystancji uziomu ochronnego.



Rys. 6. Obwody (linie przerywane), w których płyną prądy uszkodzeniowe w układach TT: a) samoczynne wyłączenie zasilania przez zabezpieczenia zwarciove, b) samoczynne wyłączenie przez urządzenie różnicowoprądowe

Rolą uziemienia w ochronie przeciwporażeniowej w liniach i stacjach wysokiego napięcia może być:

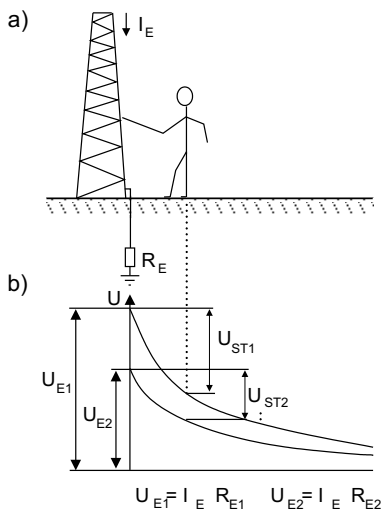
- ograniczanie niebezpiecznych napięć dotykowych spodziewanych  $U_{ST}$  (napięcia zasilającego obwód wrażliwy, w którym limitowany jest spadek napięcia na oporze ciała człowieka, czyli napięcie dotykowe rażeniowe),
- połączenie części, na której pojawiło się niebezpieczne napięcie  $U_{ST}$  z ziemią w celu wykorzystania ziemi jako przewodu powrotnego obwodu prądu uszkodzeniowego.

Uziemienie ochronne może wpłynąć na ograniczenia napięcia dotykowego spodziewanego  $U_{ST}$  przez:

- ograniczenia potencjału części stwarzającej zagrożenie porażeniowe (uziemionej części przewodzącej dostępnej, części przewodzącej obcej),
- podniesienie potencjału stanowiska, na którym stanie człowiek dotykając części stwarzającej zagrożenie.

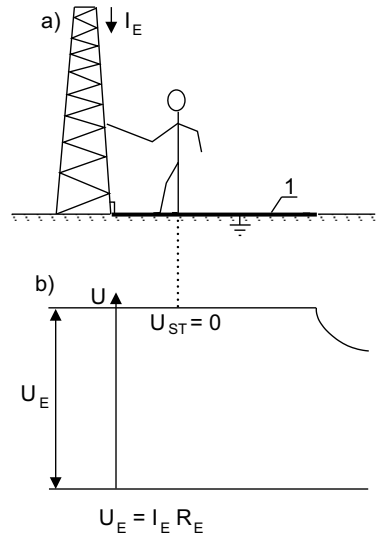
Realizacja każdego z ww. zadań prowadzi do zmniejszenia różnicy potencjałów części uziemionej i stanowiska, z którego tę część można dotknąć.

Ograniczenie potencjału części uziemionej uzyskuje się poprzez ograniczenie rezystancji uziemienia  $R_E$  jak to pokazano na rysunku 7.



Rys. 7. Zależność napięcia  $U_{ST}$  od rezystancji uziemienia części przewodzącej dostępnej  $R_E$ : a) szkic sytuacji; b) rozkład potencjałów i napięcie dotykowe

Podniesienie potencjału stanowiska uzyskuje się przez umieszczenie uziomu o odpowiedniej konfiguracji możliwie blisko powierzchni ziemi w celu sterowaniem rozkładem potencjałów na stanowisku wywołanym przez prąd uziomowy. Skrajny przypadek takiego uziomu przedstawiono na rysunku 8.



Rys. 8. Rozkład potencjałów na płycie metalowej i w jej pobliżu: a) szkielet sytuacyjny, b) rozkład potencjałów; 1- metalowa płyta

Ograniczenia rezystancji uziemienia  $R_E$  (rys. 7) jest rozwiązaniem tanim i skutecznym, gdy zostanie zastosowany uziom pionowy lub układ uziomowy z elementami pionowymi. Ograniczeniem w zastosowaniu tej metody zmniejszania napięcia  $U_{ST}$  może okazać się duża rezystywność gruntu i/lub duży prąd uziomowy. W obu przypadkach może okazać się, że osiągnięcie odpowiednio małej rezystancji uziemienia jest w praktyce niezmiernie trudne lub niemożliwe. Zmniejszanie napięcia  $U_{ST}$  poprzez ograniczenie rezystancji  $R_E$  stosuje się przede wszystkim w liniach i instalacjach niskiego napięcia oraz w liniach i instalacjach średniego napięcia w sieciach z kompensacją prądów doziemnych pojemnościowych.

W liniach i instalacjach wysokiego napięcia należących do sieci z bezpośrednio uziemionymi punktami neutralnymi, łatwiej jest zrealizować ochronę przeciwporażeniową przy uszkodzeniu stosując sterowanie rozkładem potencjałów na stanowiskach. W tych przypadkach stosuje się uziomy poziome (uziomy otokowe lub kratowe) umieszczone możliwie blisko powierzchni gruntu (na głębokości 0,3 do 0,4 m). Jeżeli uziom ochronny ma być wykorzystywany dla innych celów niż ochrona przeciwporażeniowa i jest dla tych innych celów wymagane ograniczenie rezystancji uziemienia, uziom ochronny poziomy (układ uziomowy) umieszcza się w Polsce na głębokości ok. 0,6 – 0,8 m oraz, w razie potrzeby, uzupełnia się o elementy pionowe.

Uziemienia, których zadaniem jest (m.in.) stworzenie drogi powrotnej dla prądów ziemnozwarciowych powinien mieć ograniczoną rezystancję uziemienia.

### 3. Rezystywność obliczeniowa gruntu

Zamieszczane w literaturze technicznej podawane są wzory pozwalające obliczać rezystancje uziemień przy założeniu, że grunt, w którym zostanie umieszczony uziom, jest gruntem jednorodnym (tzn. ma jednorodną strukturę i skład chemiczny, a co zatem idzie w całej rozpatrywanej jego przestrzeni rezystywność gruntu  $\rho$  jest taka sama) i rezystywność gruntu nie zmienia się w ciągu roku.

**W warunkach rzeczywistych nie spotyka się gruntów jednorodnych,** jego rezystywność zmienia się nie tylko wraz z głębokością zalegania i miejscem na rozpatrywanym terenie (zmienia się struktura gruntu i jego skład chemiczny). Rezystywność przypowierzchniowych warstw gruntu również zmienia w zależności od pór roku i warunków atmosferycznych występujących w tych okresach (głównie od temperatury i opadów zmieniających wilgotność rozpatrywanego gruntu).

W przypadkach, w których kryterium skuteczności uziemiaenia oparte jest na największej dopuszczalnej rezystancji uziemiaenia  $R_{Edop}$ , projektanci oraz osoby sprawdzające rezystancję wykonanego uziemiaenia na drodze pomiarów powinny wyznaczać **wartość największej rezystancji uziemiaenia, jaka może wystąpić w ciągu roku  $R_{E\ max}$** .

Dla dokładnego wyznaczenia  $R_{E\ max}$  przy projektowaniu uziomu należałoby zbadać na drodze pomiarowej rzeczywistość (niejednorodną) strukturę geoelektryczną rozpatrywanego gruntu i uzyskać dane o sezonowych zmianach parametrów tej struktury. Należałoby też zastosować wzory umożliwiające obliczanie rezystancji uziemiaenia w oparciu o rzeczywistość charakterystykę geoelektryczną gruntu niejednorodnego.

Rozpoznanie struktury geoelektrycznej gruntu niejednorodnego i jej sezonowych zmian jest procesem pracochłonnym, a wykorzystanie zebranych danych w procesie projektowania jest skomplikowane i czasochłonne. **Dlatego w praktyce projektowej powinno się korzystać z pomierzonej, w miejscu planowanego uziemiaenia, rezystywności gruntu zastępczego  $\rho_z$  (patrz p. 4) i zacierpniętych z publikacji współczynników sezonowych zmian rezystywności gruntu  $k_R$  (patrz p. 5).**

Znając wartości rezystywności zastępczej  $\rho_z$  i odpowiednią wartość współczynnika  $k_R$  można obliczyć rezystywność obliczeniową  $\rho_{obl}$  niezbędną dla wyznaczenia rezystancji  $R_{E\ max}$ , której wartość nie może przekroczyć rezystancji dopuszczalnej  $R_{Edop}$ .

$$\rho_{obl} = \rho_z \cdot k_R \quad (1)$$

Przy sprawdzaniu rezystancji uziemiaenia wykonanego, w oparciu o zmierzoną wartość rezystancji uziemiaenia  $R_{EM}$ . Największą spodziewaną wartość rezystancji uziemiaenia należy obliczyć z zależności:

$$R_{E\ max} = R_{EM} \cdot k_R \quad (2)$$

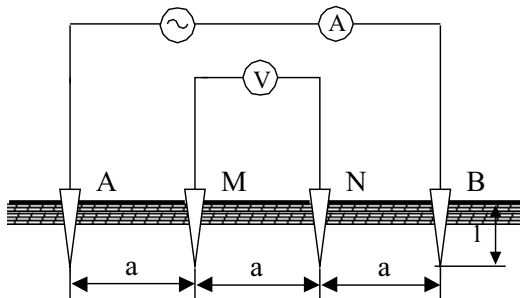
#### 4 Rezystywność zastępcza gruntu rzeczywistego

**Rezystywność zastępcza gruntu  $\rho_z$**  jest to rezystywność takiego gruntu jednorodnego, w którym rezystancja uziemiaenia rozpatrywanego uziomu jest równa rezystancji tego uziomu umieszczonego w gruncie rzeczywistym niejednorodnym.

Rezystywność zastępczą należy wyznaczyć na drodze pomiaru wykonanego na terenie przewidywanej lokalizacji uziomu, w sposób opisany w dalszej części niniejszego podrozdziału.

**Wartość rezystywności zastępczej gruntu  $\rho_z$  zależy od struktury gruntu i jego składu chemicznego oraz od rozmiarów uziomu i głębokości jego ułożenia.** Od struktury gruntu, rozmiarów uziomu i głębokości jego ułożenia zależy przez jaką część gruntu będzie płynął prąd uziomowy (prąd spływający z uziomu). Nawet przybliżone określenie takiej rezystywności zastępczej gruntu nie jest łatwe, gdyż wymaga to założenia rozmiarów projektowanego uziomu, głębokości jego ułożenia i pomierzenia zastępczej rezystywności przy rozstawie elektrod pomiarowych w odpowiedniej do parametrów uziomu, odległości, a następnie pomnożenia zmierzonej rezystywności przez odpowiedni współczynnik sezonowych zmian rezystywności gruntu.

Dla uzyskania niezbędnych danych do projektowania uziomów, stosuje się pomiar rezystywności gruntu w układzie czteroelektrodowym Wennera. Jest to jedna z odmian układu czteroelektrodowego. Charakteryzuje się ona tym, że elektrody pomiarowe są umieszczone w równych odległościach „a” w linii prostej. Układ taki przedstawiono na rysunku 9.



Rys. 9. Zasada pomiaru rezystywności gruntu w układzie czteroelektrodowym Wennera.

Elektrody pomiarowe A i B są elektrodami prądowymi umożliwiającymi stworzenie obwodu prądowego z udziałem gruntu. Elektrody M i N są elektrodami napięciowymi umożliwiającymi ocenę napięcia, jakie pojawia się przy przepływie prądu pomiarowego w miejscach umieszczenia elektrod napięciowych. Rezystywność gruntu zastępczego (jednorodnego), pomierzonego przy zastosowaniu elektrod pomiarowych półkolistych można obliczyć z zależności:

$$\rho_Z = 2\pi a \frac{U_{MN}}{I_{AB}} \quad (3)$$

W rzeczywistości przy pomiarach rezystywności gruntu stosuje się elektrody pionowe prętowe pograżone w grunt na kilkadziesiąt centymetrów. Aby zależność (3) była słuszna dla elektrod prętowych powinien być zachowany odpowiednio duży stosunek  $a/l$ , przy którym linie ekwipotencjalne wywołując potencjały na elektrodach M i N są półkulami.

Obecnie przyjmuje się, że zależność (3) można stosować dla układów czteroelektrodowych z elektrodami prętowymi, gdy:

$$\frac{a}{l} \geq 5 \quad (4)$$

Pomiary terenowe rezystywności gruntu przeprowadza się przy pomocy mierników do pomiaru rezystancji statycznej uziomów wyposażonych w dodatkowy zacisk dla drugiej elektrody napięciowej (wyposażony w cztery zaciski dla przyłączenia elektrod pomiarowych). Niektóre nowoczesne mierniki podają wynik obliczeń  $\rho_Z$  po nastawieniu odległości „a” zastosowanej w czasie pomiarów (np. miernik MRU-100).

Wyznaczenie wartości rezystywności zastępczej gruntu wymaga zastosowania odległości „a” między elektrodami pomiarowymi A, M, N i B **odpowiedniej do budowy geologicznej gruntu, przewidywanych wymiarów i głębokości projektowanego uziomu**. Zwykle budowa geologiczna gruntu nie jest znana, a więc dobiera się wymiar „a” odpowiednio do przewidywanych rozmiarów i głębokości umieszczenia uziomu w gruncie.

W literaturze fachowej można znaleźć praktyczne wskazówki dotyczące zalecanego rozstawu elektrod pomiarowych „a”.

Przyjmuje się, że zależność między głębokością „h” gruntu, którego rezystywność zastępcza jest mierzona a rozstawem „a” wynosi:

$$h \approx 0,7a \text{ [m]} \quad (5)$$

Zalecenia dotyczące rozstawu „a” w zależności od rodzaju projektowanego uziomu są następujące:

- dla uziomu poziomego kratowego o powierzchni terenu zajętego przez układ uziomowy zaleca się przyjmować:

$$a = \frac{\sqrt{S}}{20} \text{ [m]} \quad (6)$$

- dla uziomu poziomego pojedynczego o długości kilku metrów zaleca się przyjmować:

$$a = 3 \text{ [m]} \quad (7)$$

- dla uziomu pojedynczego pionowego o długości  $l$  i głębokości pograżenia górnego końca uziomu  $t$ , zaleca się przyjmować:

$$a = 1,25(t + 1) \text{ [m]} \quad (8)$$

Wyniki wyznaczania rezystywności gruntu zastępczego, wg metody wyżej opisanej, mogą być obciążone błędem rzędu kilkunastu procent, a nawet nieco większym. Są to jednak błędy dopuszczalne i znacznie mniejsze od tych popełnianych przez projektantów, którzy przyjmują rezystywność gruntu na podstawie oględzin powierzchni gruntu w miejscu przewidywanego uziomu i wyboru wartości rezystywności gruntu w szerokich granicach dla przyjętego rodzaju gruntu podawanych w książkach.

Warto przy tym zauważyć, że norma PN-EN 04020 [1] dopuszcza błędy robocze tylko przyrządów mierzących rezystancję uziemienia  $\pm 30\%$ . Należy przy tym zauważyć, że wyniki pomiarów oraz wzory stosowane przy obliczeniach dają zawyżone wyniki.

### 5. Współczynnik sezonowych zmian rezystywności gruntu

**Współczynnik sezonowych zmian rezystywności gruntu  $k_R$**  to, wyznaczone dla gruntów typowych w danym kraju lub regionie, krotność rezystywności gruntu największej w roku do rezystywności gruntu w warunkach klimatycznych panujących w dniach pomiarów rezystywności zastępczej.

Takie współczynniki podawane są w literaturze światowej dla różnych regionów naszego globu. Są one różne i dlatego w Polsce należy korzystać ze współczynników sezonowych zmian rezystywności gruntu i warunków atmosferycznych charakterystycznych do warunków panujących w Polsce lub zbliżonych.

W Polsce analizą sezonowych współczynników zmian rezystywności gruntów podawanych w literaturze światowej i wyznaczanie tych współczynników na podstawie pomiarów rezystancji uzemień wykonywanych w naszym kraju zajmował się prof. K. Wołkowiński z Politechniki Wrocławskiej. Wyniki tej analizy i pomiarów prof. Wołkowiński przedstawił w książce (obecnie trudno dostępnej) pt. „Uziemienia urządzeń elektroenergetycznych” [2]. W książce tej przedstawione zostały m.in. sezonowe współczynniki rezystywności uziemienia wyznaczone na podstawie pomiarów rocznych zmian uzemień prostych uziomów (poziomych i pionowych) umieszczonych w gruncie nie jednorodnym (zastępczym).

Z wykresów przedstawionych w książce [2] wynikają następujące wnioski:

1. Rezystancja uziomów poziomych i pionowych osiągają najmniejsze wartości po okresie wiosennym, gdy grunt jest najbardziej nasycony wodą. W gruncie zgromadzona jest wtedy woda po opadach jesiennych i wiosennych oraz woda z roztopionego śniegu (po opadach zimowych). Równocześnie pojawiające się słońce osusza grunt w niewielkim stopniu. Zwykle najmniejsza rezystancja uziomów poziomych przypada na okres między końcem maja i początkiem lipca, a dla uziomów pionowych między końcem maja i początkiem sierpnia.
2. W okresie intensywne osuszania gruntu w okresie letnim rezystancja uzemień zaczyna rosnąć. Rezystancja uzemień poziomych rośnie szybko (szybciej niż pionowych), gdyż największy wpływ na nią mają warstwy przypowierzchniowe, osuszone w pierwszej kolejności. Rezystancja uziomów poziomych ułożonych na głębokości nie mniejszej niż 0,6 m osiąga wartości największe w okresie od sierpnia do października. Rezystancja uzemień pionowych rośnie powoli a jej najwyższa wartość utrzymuje się praktycznie w okresie zimy i wiosny.
3. Największa wartość rezystancji prostych uziomów poziomych może w gruntach piaszczystych być 3-krotnie większa od najmniejszej wartości rezystancji tego uziemienia.

Według prof. Wołkowińskiego zamarzanie gruntu w okresie zimowym w Polsce nie jest głębokie i nie powoduje to istotnego wzrostu rezystancji uzemień położonych na głębokości nie mniejszej niż 0,6 m (nawet uziomów poziomych). Większy wpływ na wzrost rezystancji uziemienia ma wysuszenie gruntu niż zamarzanie wierzchnich warstw gruntu. Krótkie okresy deszczowe wpływają tylko nieznacznie na zmniejszenie rezystancji uziemienia.

W tablicy 1 podano współczynniki sezonowych zmian rezystywności gruntu zaczerpnięte z książki K. Wołkowińskiego [2] (przy rozpatrywaniu uziomów prostych) z literatury rosyjskiej podawane dla części europejskiej Rosji (przy rozpatrywaniu uziomów kratowych).

## 6. Wnioski i uwagi do współczynników sezonowych zmian rezystywności gruntów

Przedstawione w książce K. Wołkowińskiego [2] wyniki badań zmian rezystancji prostych uzemień pogorzonych gruncie piaszczystym na głębokość 0,6 m prowadzą do następujących wniosków:

- Dla uziomów pionowych, które powinny być stosowane, gdy należy ograniczać rezystancję uzziemienia  $R_E$ , przemarzanie gruntu ma mały wpływ na rezystywność gruntu i jest on większy od wpływu wysychania gruntu. Krotność zmian rezystywności gruntu w ciągu roku nie przekracza 1,3.
- Dla uziomów poziomych (które wykorzystywane są dla ograniczania napięć dotykowych spodziewanych, a nie rezystancji uzziemienia), roczne zmiany rezystywności gruntu są znacznie większe niż dla uziomów pionowych. Największe wartości rezystywności gruntu są wynikiem wysychania gruntu, a ich krotność w stosunku do wartości najmniejszych w ciągu roku wynosi 3.

Tablica 1. Wartości współczynnika  $k_R$

Rodzaj uzioru	Rozmiar uzioru	Zmierzona rezystywność gruntu, $\Omega$ m	Wartość $k_R$		
			grunt w czasie pomiarów		
			suchy <sup>1)</sup>	wilgotny <sup>2)</sup>	mokry <sup>3)</sup>
Pojedynczy uzior poziomy <sup>4)</sup>	$l < 30$ m	dowolna	1,4	2,2	3,0
Uzior kratowy <sup>4)</sup>	$S_E < 900$ m <sup>2</sup>	$\rho \leq 200$	1,3	1,8	2,4
		$\rho > 200$	1,4	2,2	3,0
	$S_E \geq 900$ m <sup>2</sup>	$\rho \leq 200$	1,1	1,3	1,4
		$\rho > 200$	1,2	1,6	2,0
Uzior pionowy	$l = 2,5+5$ m	dowolna	1,2	1,6	2,0
	$l > 5$ m	dowolna	1,1	1,2	1,3

<sup>1)</sup> W okresie od czerwca do września (włącznie) z wyjątkiem trzydniowych okresów po długotrwałych opadach.  
<sup>2)</sup> Poza okresem zaliczanym do suchego (<sup>1)</sup>) z wyjątkiem trzydniowych okresów po długotrwałych opadach lub stopieniu się śniegu.  
<sup>3)</sup> W okresie trzech dni po długotrwałych opadach lub stopieniu się śniegu.  
<sup>4)</sup> Głębokość ułożenia uzioru od 0,6 do 1 m.

Jeżeli uzior składa się z elementów pionowych i poziomych, to współczynniki sezonowych zmian rezystywności gruntu mają wartości pośrednie między wartościami podanymi dla prostych uziomów pionowych i poziomych.

Zmiany rezystywności gruntu nie mają istotnego znaczenia na ograniczenie napięć dotykowych rażeniowych ( $U_{Tp}$ ) poprzez podnoszenie potencjału stanowiska. Wzrost rezystywności gruntu powoduje wprawdzie wzrost rezystancji uzziemienia i zmniejszenie prądu uziorowego, który wywołuje wtedy mniejsze potencjały na stanowisku, ale grunt przy powierzchni, w wyniku wysychania lub zamarzania, ma większą rezystancję. Wzrost tej rezystancji, która jest elementem obwodu rażeniowego, ogranicza w większym stopniu prąd rażeniowy, a tym samym zmniejsza napięcie  $U_T$ . Dlatego uzioły, które mają jedynie podnosić potencjały stanowisk mogą i powinny być umieszczane możliwie blisko powierzchni stanowisk. W miejscach, w których mogą być one narażone na uszkodzenia mechaniczne lub kradzież, umieszcza się je na głębokości 0,3 do 0,4 m. Gdy takich zagrożeń nie ma, uzior w postaci siatki może być umieszczony na powierzchni gruntu.

Uziemienia wielofunkcyjne, od których wymaga się ograniczania napięć dotykowych rażeniowych  $U_T$  oraz ograniczenia rezystancji uzziemienia  $R_E$  powinny być umieszczane na głębokości będącej kompromisem dla spełnienia obu wymagań. Głębokość ta powinna teoretycznie uwzględniać konfigurację uzioru, głębokość wysychania lub zamarzania gruntu oraz rozległość uzioru. W praktyce, w Polsce zaleca się umieszczanie uziomów (ich górnych powierzchni) na głębokości  $0,6 \div 0,8$  m.

Dla uziomów ochronnych, których zadaniem jest ograniczanie napięć dotykowych rażeniowych  $U_T$ , powinny być brane dwie różne rezystywności gruntu. Napięcia  $U_T$  bowiem wprost proporcjonalne do napięcia  $U_{ST}$  i odwrotnie proporcjonalne do rezystancji obwodu rażeniowego. Dla obliczania napięcia  $U_{ST}$ , które jest zależne m.in. od rezystancji uziemia, należałoby uwzględnić w obliczeniach największą rezystywność gruntu zastępczego, a więc współczynniki sezonowych zmian rezystywności gruntu wyżej opisane. Dla obliczania rezystancji stanowiska, która wchodzi w skład obwodu wrażliwego należałoby uwzględnić najmniejszą rezystywność stanowiska w ciągu roku. Przy obliczeniach napięć  $U_T$  pomija się największą rezystywność gruntu zastępczego i najmniejszą rezystywność stanowiska. Przy pomiarach napięć  $U_T$  zaleca się moczyć stanowisko, a więc uwzględnia się praktycznie najmniejszą rezystywność stanowiska.

Wracając do otrzymanego listu przypominę, że Autor listu stwierdza, iż w publikacjach dotyczących uziemień ochrony odgromowej zwraca się uwagę na duży wzrost rezystancji uziemia (np. ok. 5-krotny), który występuje przy zamarzaniu gruntu. Zauważa też, że w jednej z branżowych norm polskich podano cztery strefy głębokości przemarzania gruntu, przy czym najgłębsze zamarzanie gruntu wynosi 1,4 m.

Nie wiem skąd autorzy przywoływanych publikacji zaczerpnęli dane dotyczące wpływu zamarzania gruntu na rezystancję uziemień odgromowych. Nie są mi znane wyniki prac w Polsce nad wpływem sezonowych zmian gruntu, w tym zamarzania, oprócz tych, które przeprowadzał zespół pod kierownictwem prof. K. Wołkowińskiego. Nie widziałem też współczynników sezonowych zmian rezystywności gruntu stosowanych w krajach o podobnych warunkach klimatycznych do Polski wynoszących 7. Dlatego nie mogę polecać tak dużych współczynników, chyba że dowiem się, że zostały one opracowane dla gruntów i warunków atmosferycznych podobnych do polskich.

Autor listu zwraca uwagę, że w wielu normach międzynarodowych i europejskich zwraca się uwagę na układanie uziołów poniżej granicy zamarzania gruntów. Jest oczywiście. Proszę jednak zauważyć, że pisze się to w normach, w których uziomy mają limitowaną rezystancję. W normach tych zaleca się także, aby uziomy poziome wielofunkcyjne były układane na głębokości od 0,5 m do 1 m. Są to szersze granice niż przyjęto stosować w Polsce, gdyż normy te dotyczą zarówno krajów, np. południowej, jak i północnej Europy.

Można też przypuszczać, że strefy zamarzania gruntu dla celów budownictwa uwzględniają inne wymagania niż dla ochrony przeciwporażeniowej. Wartości współczynników sezonowych zmian rezystywności gruntów dla Polski, jak i zalecenia co do głębokości układania uziołów poziomych w normach międzynarodowych i europejskich nie wskazują na to, aby dla celów uziemień należało uwzględnić głębokość zamarzania gruntu równą 1,4 jak to podobno należałoby uwzględnić dla celów budowlanych na Suwalszczyźnie. Zalecenia europejskie mówią o głębokościach układania uziołów poziomych od 0,5 do 1 m, a uziołów wyrównawczych – na ok. 0,5 m.

### Publikacje przywołane

1. PN-EN 04020: 2007. Normalizacja i dziedziny związane – Terminologia (oryg.).
2. Wołkowiński K., Uziemia urządzeń elektroenergetycznych. WNT, wydanie czwarte. Warszawa, 1972.