

Edward MUSIAŁ  
Oddział Gdański SEP

## KONTROLA STANU TECHNICZNEGO URZĄDZEŃ OCHRONY ODGROMOWEJ I PRZECIWPZEPĘCIOWEJ

*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 (zewnątrznej 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 nieodzowność. 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, które skrupulatnie usuwano. Nie przyzna, że należało, 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 (przebicia 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**, wchodzi w zakres problematyki zarządzania ryzykiem: czy warto inwestować w ochronę, aby zapobiec szkodom o określonym prawdopodobieństwie 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 rzutuujący 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 pozwoleń 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 nadwerżenie 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 wyziewy 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,
- wyrywanie, w miejscach ogólnie dostępnych, przewodów odprowadzających i niszczenie zacisków probierczych przez znużonych 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 tablicy 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 częstszymi oględzinom.

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

Poziom ochrony	Ogłędziny [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 tablicy 1 dotycząca tzw. systemów krytycznych. **Systemem krytycznym** (ang. *critical system*) jest system (układ elektryczny, zespół urządzeń technicznych), którego wadliwe działanie może wywołać:

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

Pod pojęciem systemu krytycznego w tablicy 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), która 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 od-gromowej I, a podwyższa je o jeden stopień w przypadku wszystkich pozostałych poziomów ochrony. Nowością są osobne postanowienia dla ochrony systemów krytycznych.

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

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

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  $2\div 4,5$  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 budowli 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.

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

	Dane urządzenia ochrony odgromowej
	<b>Zwody</b> Materiał Wymiary oka sieci zwodów Zwody izolowane Zwody naturalne
	<b>Przewody odprowadzające</b> Materiał Sposób ułożenia Liczba przewodów Inne informacje
	<b>Uziemienie</b> Materiał uziomu Materiał przewodów uziomowych Rodzaj uziomu, konfiguracja

	Inne informacje
.	<b>Połączenia wyrównawcze odgromowe</b> Części przewodzące obce objęte CC, sposób przyłączenia Środki ochrony od przepięć Typ i dane ograniczników przepięć zainstalowanych na poszczególnych stopniach ochrony

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

## 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 zwodów i przewodów odprowadzających (materiał, przekrój, profil) oraz ich mocowania.
- Sprawdzenie stopnia skorodowania zwodów i przewodów odprowadzających, zwłaszcza zwodów narażonych na wyziewy z kominów i przewodów odprowadzających narażonych na wyziewy z wyrzutni wentylacyjnych.
- Sprawdzenie, czy wsporniki zwodów poziomych nie są przesunięte lub wygięte, zmniejszając w niedopuszczalnym stopniu odległość zwodu od dachu. Sprawdzenie, czy zwody pionowe nie są zbyt odchyłone od pionu.
- Sprawdzenie, czy nie wystąpiły niedopuszczalne nadtopienia na powierzchni zwodów naturalnych, zwłaszcza blaszanych.



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

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



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



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

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 stykności, poprawny dobór zacisków pod względem rozmiaru i zasady konstrukcyjnej, użycie zacisków dwumetalowych w przypadkach koniecznych (rys. 2, rys. 3, rys. 6c).
- Sprawdzenie koordynacji urządzenia piorunochronnego z innymi instalacjami po dokonanej przebudowie lub remoncie obiektu budowlanego, na przykład po robotach termoizolacyjnych 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.



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

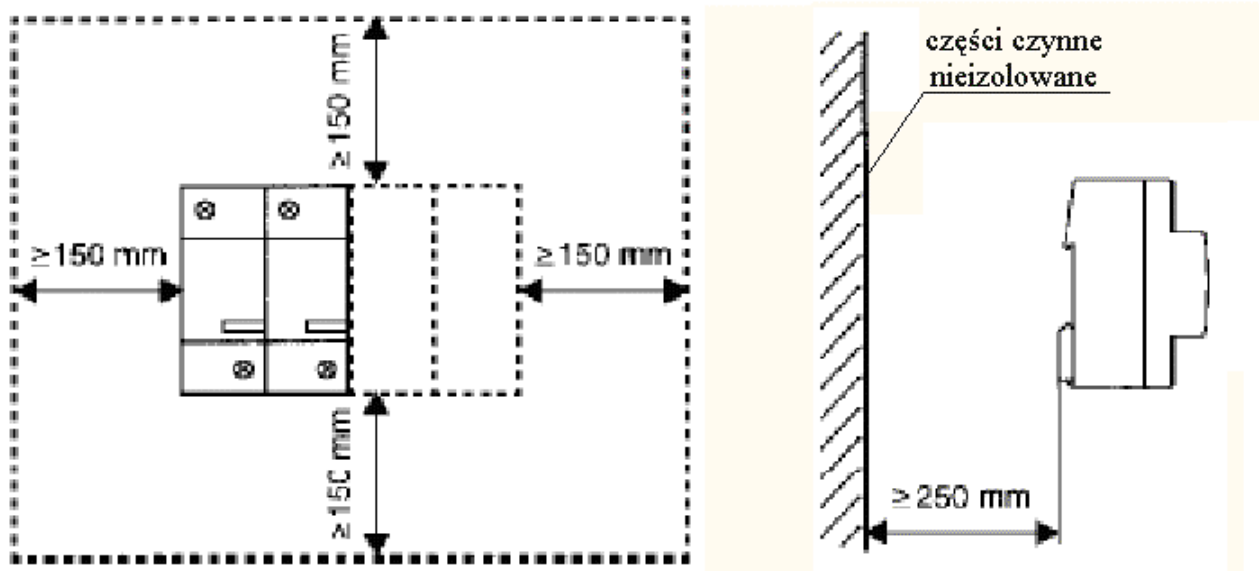
- a) skorodowane przewody ze stali wadliwie ocynkowanej;
- b) dobrze zachowane połączenie przewodów ze stali nierdzewnej

Sprawdzenie 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 wylęgów chemicznych (rys. 4). Ocena skuteczności zastosowanych środków ochrony od korozji.

- 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 najniższych 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)

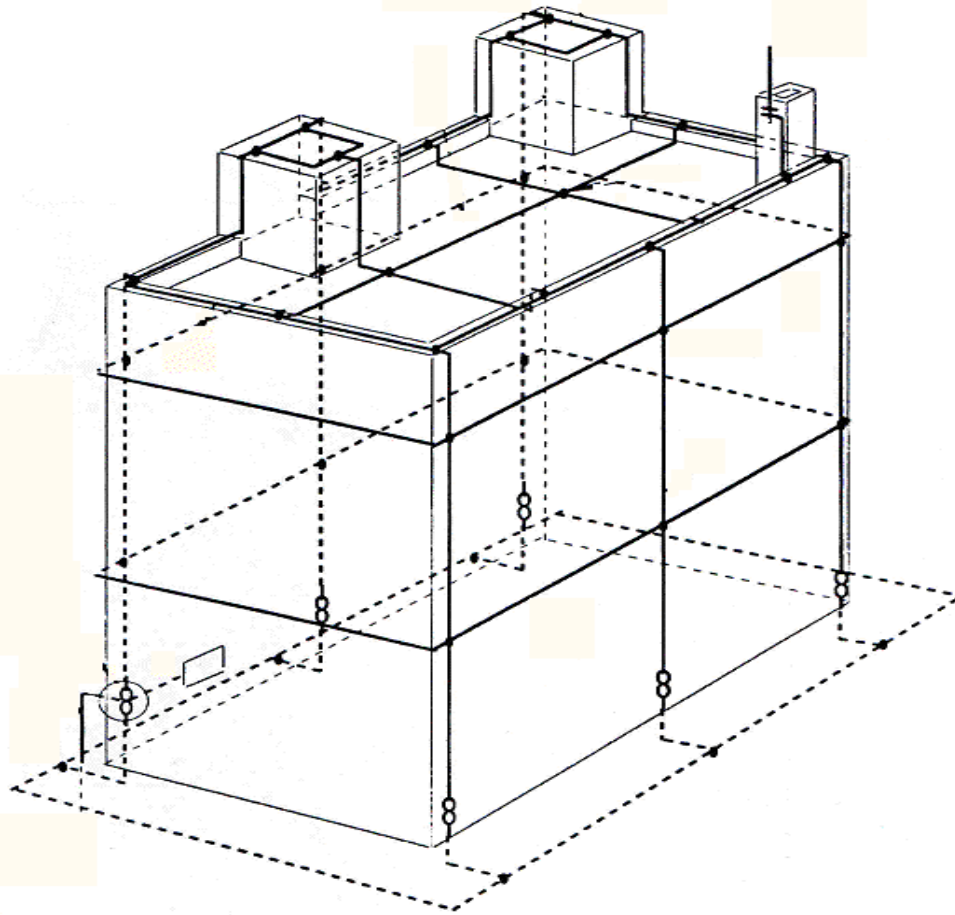
Sprawdzenie stanu urządzeń dobezpieczających ograniczniki przepięć (bezpieczników, wyłączników nadprądowych) i ew. urządzeń odłączających [4]. Sprawdzenie stanu wkładek bezpiecznikowych, braku oznak zadziałania.

### 5. 3. Pomiary

Pomiary przeprowadza się w celu uzyskania danych liczbowych bądź innych istotnych informacji, niezbędnych do miarodajnej oceny stanu urządzeń ochrony odgromowej i przeciwprzepięciowej, 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.).



a)



b)



c)

**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 rozłączenia w przypadkach budzących wątpliwości (połączenie częściowo skorodowane lub obficie pokryte powłoką bitumiczną. Jeżeli chodzi tylko o przewodzenie prądów piorunowych, to nie ma potrzeby stawiania wygórowanych wymagań; dawniej wystarczyło 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  $4\div 24$  V i prądzie pomiarowym nie mniejszym niż 0,2 A.

Zdezaktualizował się 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 wyczerpujących 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, próchniczny, torfiasty, gliniasty	Wszystkie pośrednie rodzaje gruntów	Grunt kamienisty 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.



a)



**b)**





c)

**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 przepięć

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 zakłóceń 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.

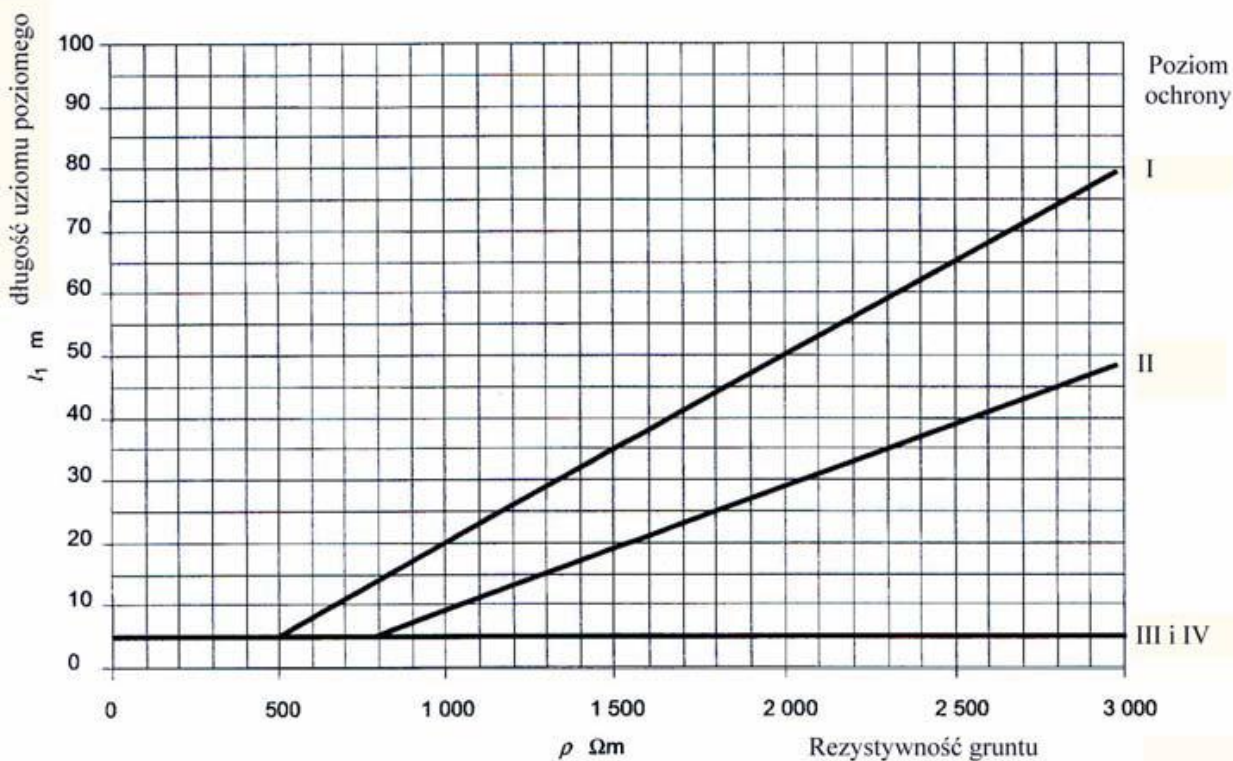
Jeśli wynikiem pomiaru jest mała wartość rezystancji uziemienia, bynajmniej nie musi to świadczyć o dobrym stanie uziomu. Wynik nic nie mówi o stanie skorodowania uziomu, co można ocenić dopiero po odkopaniu jego fragmentów. A zatem oprócz wyszukanych mierników elektrycznych nieodzownym instrumentem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

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



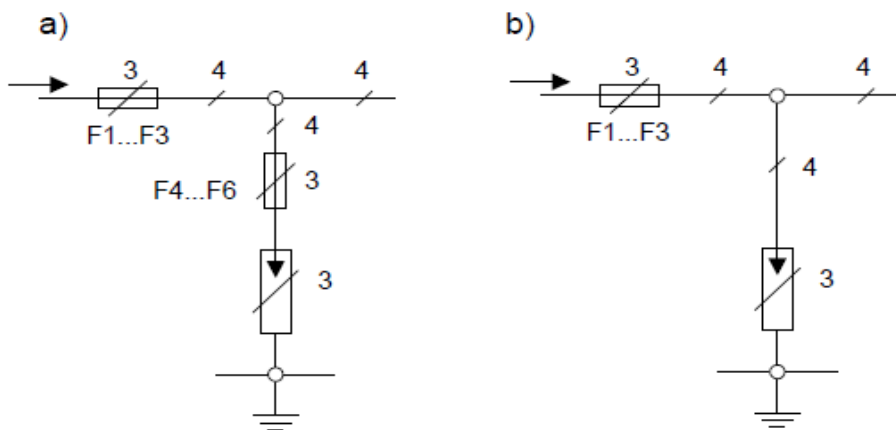
**Rys. 8.** Najmniejsza dopuszczalna długość  $l_1$  [m] uziomu poziomego przyłączonego do każdego z przewodów odprowadzających w zależności od rezystywności gruntu  $\rho$  [ $\Omega m$ ] i poziomu ochrony od-gromowej (najmniejsza dopuszczalna długość uziomu pionowego wynosi  $0,5 \cdot l_1$ )

**Uziom typu B** – uziom otokowy (na głębokości nie mniejszej 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 sku-piony 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: podłóże 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  $160 \text{ m}^2$ , taką jak koło o promieniu  $r_e = 7,1 \text{ m}$ , większym niż wymagana wartość  $l_1 = 5 \text{ m}$ . Wykonany uziom fundamentowy jest wystarczający niezależnie od wartości rezystywności gruntu. Przy kontrolach stanu technicznego piorunochronu pomiar rezystancji uziemienia nie jest potrzebny, wystarczy sprawdzenie ciągłości 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).

### 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 iskiernikowe 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 przedzającego zabezpieczenia zwarciovego. 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 przeciwprzepięciowej. Jeżeli stan odgromników nie jest monitorowany, to po burzy, a zwłaszcza po prawdopodobnym 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 dobezpieczających.

<sup>1)</sup>Takie sformułowanie nie jest właściwe; oznacza, że pograżenie uziomu na głębokości np. 2 m jest poprawne. Uziomowi otokowemu przypisuje się rolę uziomu wyrównawczego, sterującego rozkładem potencjału na powierzchni gruntu. Zatem powinien być pograżony na niewielkiej głębokości (0,6 do 0,8 m w naszej strefie klimatycznej)



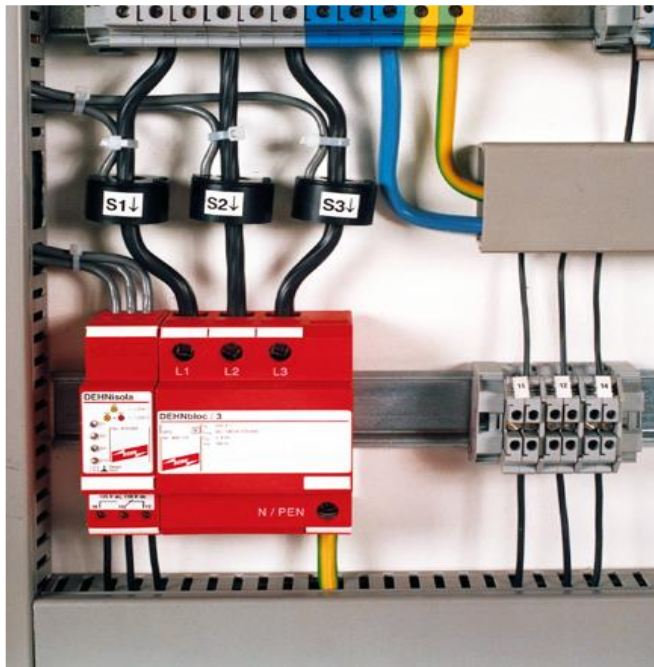
Rys. 9. Gałąź ochrony przeciwprzepięciowej: a) z bezpiecznikami; b) bez bezpieczników.



Inaczej zachowują się warystorowi ograniczniki przepięć. W stanie nie uszkodzonym wykazują pewien prąd upływowy, który z biegiem czasu narasta wskutek procesów starzeniowych i naruszenia 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.



a)



b)

Rys. 10. Urządzenie DEHNisola do monitorowania prądów upływowych układu ograniczników przepięć:

a) detektor z zestawem przekładników prądowych;

b) urządzenie zainstalowane w rozdzielnicy (na lewo od zespołu trzech ograniczników)

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,

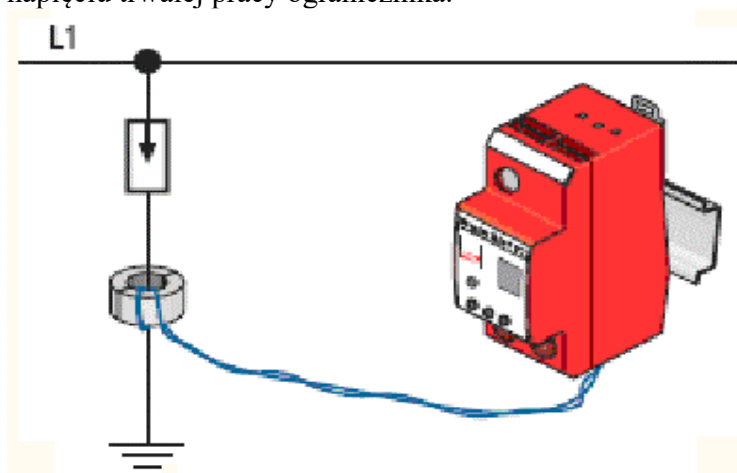
□ przekroczenie wartości 5 mA jest sygnalizowane na miejscu (przez diodę) oraz zdalnie (przez sygnał optyczny i/lub akustyczny) i jest ryglowane (odzwbudzenie następuje przez resetowanie ręczne).

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



Rys. 11. Miernik MP-10 Firmy DEHN do testowania ograniczników warystorowych klasy II (z przystawką do badania ograniczników na diodach Zenera do torów sygnałowych)

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.



a)



b)

Rys. 12. Licznik impulsów prądowych P2

- a) Sposób przyłączenia,
- b) Instalowanie w rozdzielnicy

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

#### 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 zwięzłe, 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 budowli, 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 budowli 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.

## 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. 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 dochodzić mogą 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 na-wierzchni utwardzonych może być potrzebna firma wyspecjalizowana w robotach drogowych lub robotach podziemnych. Podstawą sporządzenia kosztorysu kontroli są nakłady robocizny według kosztorysowych norm nakładów rzeczowych.

**Tablica 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 oddziałowych i instalacji informatycznych	1	ryczałt	200,00	200,00
5	Pomiar rezystancji przejścia w punktach pomiarowych urządzenia piorunochronnego	80	szt.	4,00	320,00
7	Koszty dojazdów samochodu pomiarowego bez kosztów osobowych	1	ryczałt	30,00	30,00
8	Koszty użycia podnośnika do sprawdzenia zwodów na kominach	1	ryczałt	200,00	200,00
Całkowite koszty netto					1060,00

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.

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 przywiązywać 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 prowadzącego dużą niemiecką firmę specjalizującą się w wykonawstwie i badaniu urządzeń ochrony odgromowej. Podstawy wyceny robót pochodzą z poradnika VDB<sub>1</sub> (*VDB-Montagehandbuch*). Zwraca uwagę brak pozycji „pomiar rezystancji uziemienia”, który widocznie nie był potrzebny.

### **L i t e r a t u r a**

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.: Dobezpieczanie ograniczników przepięć. *Biul. SEP INPE „Informacje o normach i przepisach elektrycznych”*, 2006, nr 76-77, s. 3-37.
5. Musiał E.: Pojmowanie przepisów i norm bezpieczeństwa. *Biul. SEP INPE „Informacje o normach i przepisach elektrycznych”*, 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.: Wiederkehrende Prüfung von Blitzschutzsystemen. Vorgetragen auf der VdS-Fachtagung am 10.05.2006.
10. PN-IEC 60364-6-61:2000. Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Sprawdzenie. Sprawdzenie odbiorcze.
11. PN-HD 384.6.61 S2:2006 (U) Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Część 6-61: Sprawdzenie – Sprawdzenie 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 61024-1:2001 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 elektro-niczne w obiekcie.
25. Circulaire n° 93-17 du 28 janvier 1993 relative à 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'arrêté du 28 janvier 1993 relatif à la protection de certaines installations classées contre les effets de la foudre.
26. VdS-Richtlinie 2010: Risikoorientierter Blitz- und Überspannungsschutz. Richtlinien zur Schadenverhütung.
27. Überprüfung des Zustandes des Blitzschutzsystems von Windenergieanlagen. Arbeitsrichtlinie. Bundesverband WindEnergie – Sachverständigenbeirat, Oktober 2004.

Dane bibliograficzne

Musiał E.: **Kontrola stanu technicznego urządzeń ochrony odgromowej i przeciwprzebieciowej.** Miesięcznik SEP „Informacje o normach i przepisach elektrycznych”. 2008, nr 100, s. 18-37.