

## ZAPOBIEGANIE PORAŻENIOM ELEKTRYCZNYM

## Przewody ochronne (2)

mgr inż. HUBERT KARSKI  
Centralny Instytut Ochrony Pracy

Opisane w pierwszej części artykułu zamieszczonego w *Bezpieczeństwie Pracy* nr 11/2001 przewody PE i PEN nazywamy połączeniami ochronnymi. Służą one do nadania potencjału ziemi obudowom chronionych maszyn i urządzeń. Wykorzystywane są również jako droga do zamknięcia pętli zwarcia, niezbędna do zadziałania urządzeń realizujących samoczynne wyłączenie zasilania. Z racji pełnienia przez nie tak odpowiedzialnej funkcji, stawia się im konkretne wymagania.

Przewody ochronne powinny być oznaczone kombinacją barw *żółtej i zielonej*, w celu rozróżnienia ich i zapobiegania pomyłkom [10]. Pomyłka, polegająca na zamianie przewodu ochronnego z fazowym, niechybnie doprowadzi do porażenia, należy ją więc wyeliminować. Można to osiągnąć przez odpowiednią budowę wszelkich złącz (np. zestawu gniazdo-wtyczka) zawierających specjalny styk ochronny, jak też przez wyraźne oznakowanie wszelkich zacisków przyłączeniowych (barwami jak wyżej bądź oznaczeniami: PE – zarezerwowanym dla przewodu ochronnego doprowadzonego z zewnątrz do maszyny, albo symbolem  $\perp$  wewnątrz maszyny) [2].

Konieczność bezwzględnego zapewnienia ciągłości tych przewodów, od której zależy skuteczność zastosowanego środka ochrony przed dotykiem pośrednim wymaga, by nie stosować w nich jakichkolwiek urządzeń, które mogą spowodować przerwę. Dotyczy to przede wszystkim zakazu instalowania w nich np. bezpieczników, ale dotyczy też zasady stosowania takich rozwiązań, by przy przerywaniu obwodu (np. zestawem gniazdo-wtyczka) najpierw rozewrzeć przewody fazowe, a następnie styk ochronny. Odwrotna kolejność obowiązuje przy ponownym przyłączeniu [2].

Stąd też wymagane jest stosowanie niezawodnych zacisków, jako miejsc przyłączenia przewodów ochronnych do elementów maszyn i wyposażenia. Nie należy korzystać z takich półśrodków, jak przypadkowe śruby do skręcania poszcze-

gólnych części ich konstrukcji, czy innych elementów przenoszących obciążenia mechaniczne.

Zaciski powinny wytrzymywać pojawiające się obciążenia mechaniczne wystające w chwili zwarcia, a także muszą być odporne na narażenia w miejscu za instalowania (wilgoć, korozja, agresywne środowisko, temperatura itp.). Przyłączanie przewodów do rurociągów należy przeprowadzać stosując specjalne obejmy zaciskowe, które nie powodują uszkodzenia ścianek rury ani przewodu [5].

Konstrukcja połączeń musi wykluczać możliwość samoczynnego luzowania się zacisku oraz niezamierzonego rozłączenia, np. przez osoby niepowołane. Rozłączanie w celu konserwacji lub pomiarów wymaga zastosowania specjalnego zacisku, dostępnego tylko dla uprawnionego i przeszkolonego personelu [2, 11].

Wszędzie tam, gdzie mogą pojawić się siły naprężające w kablach wielożyłowych doprowadzonych do zacisków w obudowie (np. w szafce sterowniczej, skrzynce stanowiącej obudowę aparatu, wtyczce), powinno się zastosować tzw. odciażkę mechaniczną, czyli obejmę zapobiegającą wyrywaniu kabla i przeniesieniu sił na zaciski przez przyłączone do nich poszczególne żyły. Gdyby jednak nastąpiło zerwanie, to żyła ochronna powinna zawierać taki zapas długości, by uległa rozłączeniu jako ostatnia, po wcześniejszym przerwaniu zasilania w energię przez żyły fazowe.

Same przewody ochronne i wszelkie ich połączenia powinny być odporne na warunki środowiskowe (wilgoć, korozja, temperatura, naprężenia mechaniczne), a zatem należy dokonać przemyślanego doboru, zwłaszcza ich materiału i starannego wykonania oraz skutecznego zabezpieczenia przed zniszczeniem.

Zasadniczo przewody ochronne powinny być wykonywane z miedzi. Ich pole przekroju poprzecznego zawsze musi być dobrane w zależności od pola prze-

kroju przewodu fazowego z nimi skojarzonego i być mu równe dla niewielkich jego wartości (do 16 mm<sup>2</sup>) lub nie mniejsze niż jego połowa (dla przewodów fazowych o większych przekrojach) [2, 12]. Jeszcze niższe wartości (25% przekroju dla żyły fazowej ponad 800 mm<sup>2</sup>) dopuszczalne są w rozdzielnicach [11].

Pojedynczych przewodów ochronnych (czyli nie występujących we wspólnym układzie, np. jako kabel wielożyłowy, czy przewody pod wspólną osłoną, jak rurka kanał itp.) o przekrojach mniejszych niż 4 mm<sup>2</sup> nie można stosować bez ochrony przed uszkodzeniami mechanicznymi. Jeśli ochronę taką zastosowano – dopuszcza się przekrój 2,5 mm<sup>2</sup>. Zastosowanie przewodów ochronnych wykonanych z innych materiałów wymaga każdorazowo odniesienia do rezystancji przewodu miedzianego. O ile, pod pewnymi warunkami, można wykorzystać w tym celu metalowe części wyposażenia elektrycznego maszyn i przewodzące obudowy, to niedopuszczalne jest stosowanie rur elektroinstalacyjnych, rurociągów i powłok kabli jako samodzielnych przewodów ochronnych, co nie zwalnia jednak z obowiązku objęcia ich ochroną [2, 11].

## Wykorzystanie przewodów ochronno-neutralnych

Budowa samych maszyn nie dopuszcza łączenia przewodów ochronnych PE z neutralnymi N, czyli wymagane jest stosowanie w nich układu TN-S [2]. Jednak w zasilających je instalacjach elektroenergetycznych i w urządzeniach rozdzielczych takie rozwiązanie może być zastosowane [1]. Warunkiem dopuszczalności stosowania przewodu ochronno-neutralnego PEN (czyli układu połączeń TN-C) jest to, by pole przekroju poprzecznego takiego przewodu wykonanego z miedzi było nie mniejsze niż 10 mm<sup>2</sup> i by podlegał on kryteriom dotyczącym obciążalności, stosowania izolacji, oznakowania

i ciągłości, które obowiązują przewody *PE* i *N*.

Konieczne jest także częste uziemianie przewodu w celu wyeliminowania opisywanej wcześniej wady typowej dla układu *TN-C*, tj. pozostawiania przewodu *PEN* pod napięciem w czasie przerwy. Nie jest jednak możliwe stosowanie przewodu *PEN* w obwodach chronionych zabezpieczeniem różnicowoprądowym, ani wykorzystywanie w tym celu przewodzących części konstrukcyjnych.

W nowych obiektach stosowanie przewodów *PEN* znacznie ograniczono kontrowersyjnym wśród elektryków postanowieniem rozporządzenia [9], wymagającym stosowania osobnych przewodów *PE* i *N* już od początku instalacji (od złącza lub rozdzielnic głównej).

### Połączenia wyrównawcze

Połączeniami wyrównawczymi nazywamy przewody służące do ekwipotencjalizacji, czyli wyrównania potencjałów elektrycznych między przewodzącymi częściami dostępnymi i/lub przewodzącymi częściami obcymi. Stanowią one zatem odmianę przewodów ochronnych, zapobiegających porażeniu człowieka wskutek pojawienia się niebezpiecznej dla niego różnicy potencjałów występującej na metalowych przedmiotach, czy przewodzących powierzchniach, jednocześnie dostępnych dla człowieka.

W każdym obiekcie budowlanym [12] należy zastosować główną szynę uziemiającą (lub główny zacisk uziemiający). Szyna połączona jest z naturalnymi lub sztucznymi uziomami (wskazane jest wykorzystanie do tego celu dostępnego zbrojenia fundamentów obiektu) i łączy się przez *główne połączenie wyrównawcze* z systemem przewodów ochronnych oraz wszystkimi metalowymi rurociągami (wodociągami, instalacjami sanitarnymi, technologicznymi itp.) i przewodzącymi elementami konstrukcji obiektu. Zastosowane przewody muszą mieć przekrój nie mniejszy niż połowa największego przekroju przewodu ochronnego, lecz

nie mniej niż 6 mm<sup>2</sup>. Należy też zapewnić połączenie z instalacją odgromową, jeżeli istnieje obowiązek jej stosowania [13].

*Dodatkowe połączenia wyrównawcze* instaluje się wszędzie tam, gdzie istnieją zwiększone zagrożenia porażeniowe z powodu niekorzystnych warunków środowiskowych (np. w przestrzeniach, gdzie człowiek ma kontakt z wilgocią, jak łazienki, pomieszczenia technologiczne) lub występowania znacznej ilości mas metalowych o niestabilnych potencjałach (np. w pomieszczeniach produkcyjnych lub technologicznych).

Wystąpienie zakłócenia w obwodach instalacji elektroenergetycznej lub maszyny, jak zwarcie lub przeciążenie, czy też powstanie prądów błędzących w wyniku przepięcia, wyładowania atmosferycznego lub innych przyczyn, może spowodować „wyniesienie” niebezpiecznego potencjału na odległe nawet części. Zastosowanie przewodów wyrównawczych chroni więc człowieka przed porażeniem w takiej chwili.

### Ochrona przed dotykiem pośrednim a budowa maszyn i urządzeń

Wszystkie przewodzące dostępne części instalacji elektroenergetycznych [3] oraz maszyn i urządzeń [2] należy przyłączyć do przewodów ochronnych. Oznacza to, że wszędzie tam, gdzie pojawia się energia elektryczna, a wraz z nią zagrożenie porażeniem wskutek wystąpienia uszkodzenia środków ochrony przed dotykiem bezpośrednim, muszą być doprowadzone i przyłączone odpowiednie przewody ochronne. Dotyczy to w szczególności:

- szaf zasilających, skrzynek i pulpity sterowniczych, zarówno stojących obok maszyny, jak i na niej nabudowanych
- korpusów, przez które przeprowadzone są przewody elektryczne, bądź w których zainstalowane są aparaty elektryczne i osprzęt
- elementów konstrukcyjnych wyko-

rzystywanych jako przepusty dla przewodów

- elementów sterowniczych, jak dźwignie, pokrętła itp.
- kanałów elektroinstalacyjnych, rur ochronnych i przepustowych, wszystkich opraw oświetlenia miejscowego, gniazd wtykowych itp. osprzęty wraz z ich konstrukcjami wsporczyimi.

W przypadku przewodzących drzwi, czek, pokryw lub osłon, zakłada się, że mocujące je metalowe śruby, zawiasy i podobne elementy zapewniają ciągłość połączeń z resztą części maszyny (bądź obudowy). Warunkiem jest jednak to, że nie stykają się z jakimikolwiek elementami wyposażenia elektrycznego pracującego pod napięciem wyższym niż bezpieczne [2, 11].

Nie wymaga się przyłączania do przewodów ochronnych tych części przewodzących [2, 11, 3], które:

- z racji małych rozmiarów (np. nie większych niż 50x50 mm, jak nity, tabliczki znamionowe itp.) nie mogą zostać chwycione ręką na dużej powierzchni
- są niedostępne ze względu na umieszczenie poza zasięgiem ręki (np. na słupie) lub w obudowie (np. elektromagnes styczników)
- są oddzielone od części czynnych izolacją wykonaną w II klasie ochronności i noszą odpowiednie oznaczenie (np. obudowy czujników lub łączników).

### Badania

Przewody ochronne, występujące w instalacji elektroenergetycznej oraz w maszynach i urządzeniach, powinny być poddane oględzinom i próbom każdorazowo przy odbiorze po montażu i remoncie oraz okresowo podczas eksploatacji [8, 9]. Należy również skontrolować, czy przewody ochronne spełniają wymagania dotyczące pola przekroju poprzecznego, jakości wykonania połączeń i oznakowania [2, 14].

Ponadto należy sprawdzić ich ciągłość włączając je w obwód probierczy, zasilany ze źródła bardzo niskiego napięcia bezpiecznego. W przypadku maszyn na-

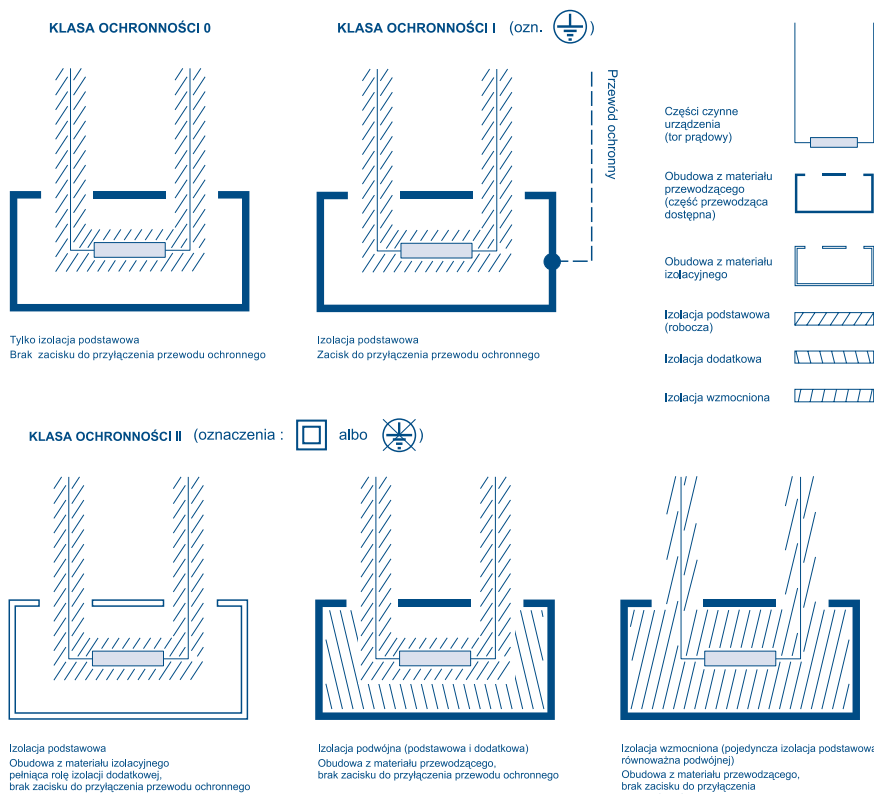
leży obciążyć je przez 10 s prądem o napięciu co najmniej 10 A i sprawdzić spadek napięcia między zaciskiem PE (służącym do przyłączenia zewnętrznego przewodu ochronnego) a każdym z elementów maszyny objętych ochroną. Spadek napięcia powinien być niższy od wartości podanej w normie [2] (odpowiednio do pola przekroju poprzecznego).

Możliwy jest też pomiar rezystancji połączeń ochronnych, w celu sprawdzenia, czy przy wystąpieniu prądu zapewniającego samoczynne zadziałanie zabezpieczenia w wymaganym czasie, na chronionych elementach nie odłoży się napięcie wyższe niż bezpieczne.

Częstotliwość wykonywania pomiarów okresowych [15, 16] zależy od warunków środowiskowych w miejscu zainstalowania maszyny; wykonuje się je co 5 lat. Natomiast corocznie bada się maszyny zainstalowane na zewnątrz, bądź w pomieszczeniach i przestrzeniach, gdzie występuje wilgoć, albo podwyższona temperatura, żrące opary lub wybuchowa atmosfera.

PIŚMIENNICTWO

[1] PN-IEC 60364-4-41:2000 *Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przeciwporażeniowa*  
 [2] PN-EN 60204-1+AC:1997 *Bezpieczeństwo maszyn. Wyposażenie elektryczne maszyn. Wymagania ogólne*  
 [3] PN-IEC 60364-4-47:1999 *Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona zapewniająca bezpieczeństwo. Zastosowanie środków ochrony zapewniających bezpieczeństwo. Postanowienia ogólne. Środki ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym*  
 [4] PN-92/E-08106 *Stopnie ochrony zapewniane przez obudowy (Kod IP)*  
 [5] PN-IEC 364-4-481:1994 *Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona zapewniająca bezpieczeństwo. Dobór środków ochrony w zależności od wpływów zewnętrznych. Wybór środków ochrony przeciwporażeniowej w zależności od wpływów zewnętrznych*  
 [6] PN-E-05032:1994 *Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym. Wspólne aspekty instalacji i urządzeń*



Budowa urządzeń 0, I i II klasy ochronności (nie pokazano urządzeń III klasy ochronności)

[7] PN-92/E-05031 *Klasyfikacja urządzeń elektrycznych i elektronicznych z punktu widzenia ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym*  
 [8] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (tekst jednolity DzU nr 106 z 2000 r., poz. 1126)  
 [9] Rozporządzenie Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 14 grudnia 1994 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (tekst jednolity DzU nr 15 z 1999 r., poz. 140; zm. nr 44, poz. 434)  
 [10] PN-90/E-05023 *Oznaczenia identyfikacyjne przewodów elektrycznych barwami lub cyframi*  
 [11] PN-IEC 439-1+AC:1994 *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Zestawy badane w pełnym i niepełnym zakresie badań typu*  
 [12] PN-IEC 60364-5-54:1999 *Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Uziemienia i przewody ochronne*  
 [13] PN/E-05003 (norma arkuszkowa) *Ochrona odgromowa obiektów budowlanych*  
 [14] PN-IEC 60364-6-61:2000 *Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Sprawdzenie odbiorcze*  
 [15] Łasak F.: *Pomiary jako jedno z kryteriów oceny instalacji elektrycznych pod kątem spełnienia wymagań nowoczesności i bezpieczeństwa. Dodatek specjalny do miesięcznika „Elektroinstalator” 1999, 4.*  
 [16] Jabłoński W., Danielski L., Osiński St.: *Wymagania podstawowe dotyczące badań odbiorczych i eksploatacyjnych instalacji elektrycznych. Informacje o Normach i Przepisach Elektrycznych INPE. Biuletyn, 37, styczeń-luty 2001. Wyd. COSiW SEP*

*Prenumerujcie „Bezpieczeństwo Pracy”*