



Uziemienia: rzeczywistość, prawda, pozory

Zagadnienia związane z tematyką uziemień w obszarach systemów produkcyjnych są często zanedbywane przez projektantów lub wykonawców (montażystów), nie są też odpowiednio weryfikowane podczas procesów walidacyjnych. Tymczasem słabej jakości uziemienia lub ich brak może doprowadzić do awarii, której skutki będą kosztowne.

Tomasz Otrębski

W części środowiska technicznego utarło się przekonanie, że bezpośrednio połączenie elementów metalowych urządzeń elektrycznych z ziemią zabezpieczy ich użytkowników przed niebezpiecznymi napięciami dotykowymi, które mogą się pojawić w razie awarii urządzenia. To jednak błędne podejście. Dla urządzeń elektronicznych, czułych na różnego rodzaju zakłócenia związane z polem elektromagnetycznym, element poprawnego uziemienia jest również bardzo istotny, o czym często się zapomina i w konsekwencji doprowadza to do nieprawidłowej pracy takich urządzeń, a także do awarii. Badania wykazują, iż ponad 80% uszkodzeń urządzeń systemów elektronicznych, które są przypisywane błędom po stronie układów mocy, wynika z błędnego okablowania lub właśnie z problemów z uziemieniem¹.

Należy mieć świadomość bardzo szerokiego spektrum zastosowań techniki uziemień, jeśli chodzi o rodzaje instalacji, pod względem poziomów napięć i mocy oraz obszarów związanych ze środowiskiem, dla których instalacja została zaprojektowana i w których pracuje. Dotyczy to np. stref zagrożonych wybuchem czy insta-

lacji w obszarze maszyn i systemów produkcyjnych. Zagadnienia opisane w artykule dotyczą instalacji o napięciu do 1 kV prądu zmiennego i obszaru instalacji, jakim są zakłady produkcyjne i związane z nimi systemy maszynowe.

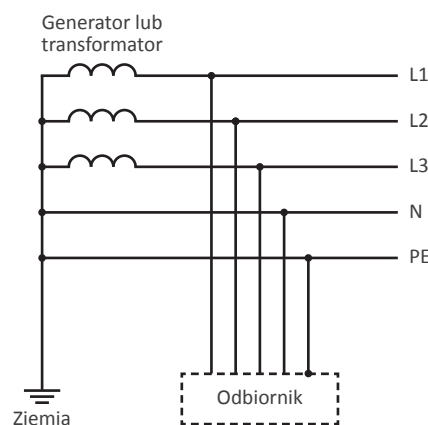
Wymagania ogólne dla uziemień i połączeń w systemach uziemiających

Analizując skuteczność systemów uziemiających, trzeba brać pod uwagę przynaj-

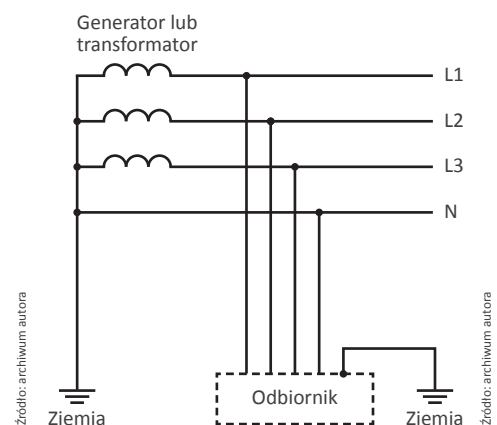
mniej dwa podstawowe aspekty. Pierwszy to sama w sobie instalacja uziemiająca, drugi to jakość połączeń w całym systemie uziemiającym.

Wymagania, które muszą być spełnione, aby uziemienia i połączenia w systemach uziemiających mogły być poprawnie wykonane, są następujące:

→ uziemienie sprzętu elektrycznego powinno być tak wykonane, aby wszystkie obudowy, w których zainstalowane są elementy elektryczne przewodzące, były połączone do potencjału ziemi w taki spo-



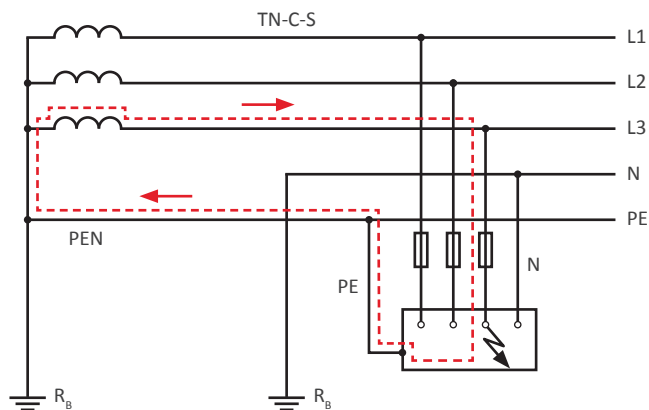
➤ Rys. 1. Sieć w układzie TN-S (oddzielny przewód ochronny w całym układzie)



➤ Rys. 2. Sieć w układzie TT

¹ Źródło: Electric Power Research Institute EPRI.

- sób, aby zminimalizować mogące wystąpić napięcie dotykowe na tych obudowach;
- połączenia ochronne sprzętu elektrycznego powinny być tak wykonane, aby wszystkie obudowy, w których zainstalowane są elementy elektryczne przewodzące, zapewniały dobrej jakości połączenie (o niskiej impedancji) ze źródłem zasilania, przez co tworzyły drogę dla prądu wynikającego z pojawienia się napięcia na obudowie,
- połączenia ochronne części przewodzących instalacji mogących znaleźć się pod napięciem oraz pozostałego sprzętu powinny być podłączone do źródła zasilania wspólnie w taki sposób, aby zapewniały dobrej jakości (niskiej impedancji) połączenie ze źródłem zasilania, przez co tworzyły drogę dla prądu wynikającego z pojawienia się napięcia na tych częściach czy obudowach,
- efektywna droga dla prądu zwarcia – pętla zwarcia – o niskiej impedancji, umożliwiająca pewne (niezawodne) zadziałanie wyłączników nadprądowych w układach TN czy różnicowoprądowych w przy-



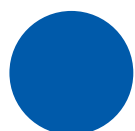
➤ Rys. 3. Droga prądu zwarcia dla sieci w układzie TN-C-S

Źródło: archiwum autora

padku systemów TT o odpowiednio dobranym przekroju, który zapewni przepływ maksymalnego prądu zwarcia, jaki może wystąpić w jakimkolwiek punkcie instalacji. Należy pamiętać, że ziemia nie jest dobrym przewodnikiem i nie należy jej używać jako drogi dla prądu zwarciego – części pętli prądu zwarcia, który zainicjuje urządzenie odłączające zasilanie

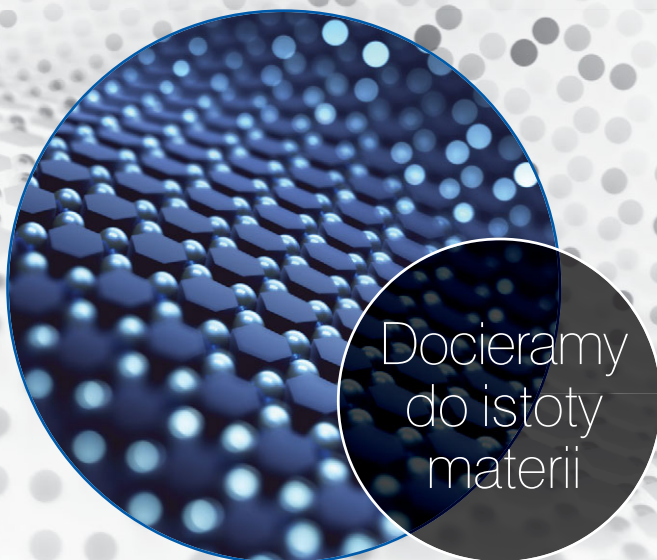
(wyłącznik nadprądowy czy też różnicowoprądowy).

Jak widać, wymagania można ogólnie podzielić na dotyczące systemu uziemienia związanego z ziemią oraz dotyczące połączeń ochronnych – połączeń pomiędzy aparaturą elektryczną i urządzeniami elektrycznymi a źródłem zasilania tych urządzeń.



kompozyt-expo®

8. Międzynarodowe Targi Materiałów, Technologii i Wyrobów Kompozytowych
11-12 października 2017, Kraków



MOTORYZACJA



SZKUTNICTWO



LOTNICTWO



SUROWCE, MATERIAŁY



OŚRODKI BADAWCZE



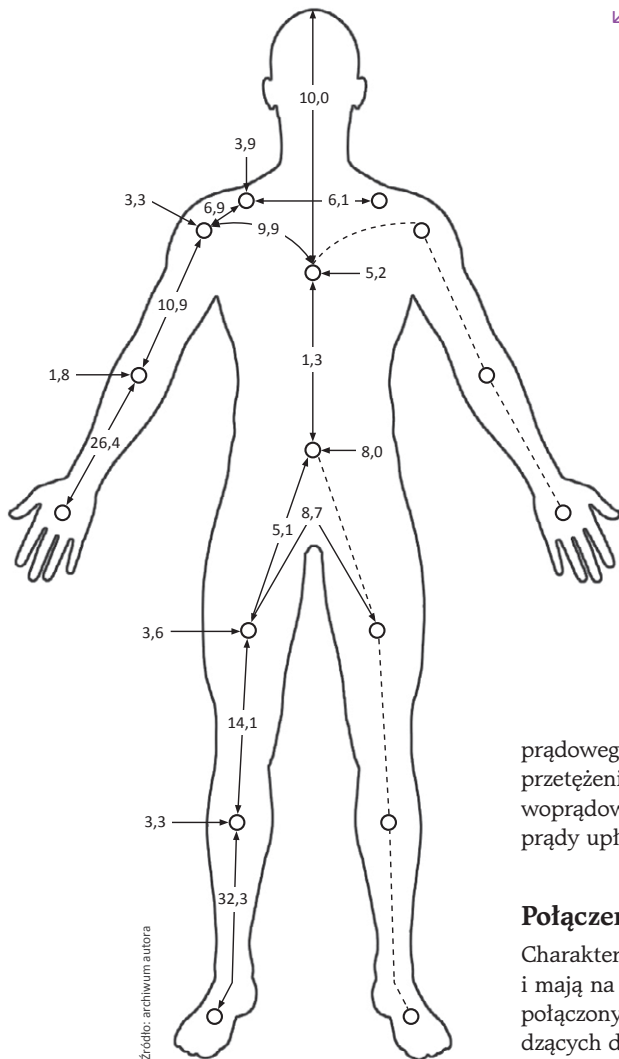
MASZYNY I NARZĘDZIA



BUDOWNICTWO



ENERGIA WIATROWA



Źródło: archiwum autora

✓ **Rys. 4.** Procentowy udział rezystancji poszczególnych elementów ludzkiego ciała w stosunku do rezystancji całego ludzkiego ciała

prądowego (urządzenie ochronne przeciwprzecieźniowe) lub wyłącznika różnicowoprądowego (urządzenie wykrywające prądy upływu).

Połączenia wyrównawcze

Charakteryzują się niską impedancją i mają na celu sprowadzenie wszystkich połączonych części (powierzchni) przewodzących do jednego (przybliżonego) potencjału. Dąży się do tego, aby połączenia wyrównawcze były bezpośrednie.

Połączenia wyrównawcze spotyka się w układach ochrony przeciwporażeniowej, odgromowej i przeciwprzepięciowej, przeciwzakłóceńowej, przeciwwybuchowej i przeciwpożarowej, przeciwkorozyjnej i ochrony przed elektryzacją statyczną.

W systemach produkcyjnych, szczególnie tych mocno zautomatyzowanych, instalacje elektryczne związane z zasilaniem maszyn oraz z systemami sterowania są bardzo rozbudowane i często maszyny czy poszczególne obwody są zasilane z różnych źródeł. W takich rozbudowanych instalacjach jest też wiele miejsc, w których operatorzy i osoby eksploatujące obszary mają dostęp do części przewodzących obcych, czyli takich, które mogą wprowadzić w obszar obcy potencjał. Potencjał ten może być przenoszony

przez różnego rodzaju wygradzenia stref, stałe środki dostępu, jak podesty, drabiny oraz konstrukcje nośne czy instalacje wodne i inne. W miejscach zbliżeń można dotknąć powierzchni, na których w przypadku błędów lub uszkodzeń w instalacjach znajdują się różne potencjały. Jeśli różnica potencjałów będzie wystarczająco duża, przez ciało człowieka przepłynie prąd o wartości, która może być dla niego śmiertelna.

Człowiek jest zasadniczo przewodnikiem o impedancji zależnej od kilku czynników, takich jak:

- rodzaj źródła prądu (AC lub DC),
- wartość napięcia dotyku,
- droga przepływu prądu (np. ręka – ręka, ręka – stopa, obie ręce – obie stopy),
- obszar kontaktu ze skórą,
- warunki skóry w miejscu kontaktu (skóra mokra – słona, skóra mokra, skóra sucha),
- czas trwania przepływu prądu.

Jeżeli dojdzie do bezpośredniego kontaktu części ciała człowieka z częścią czynną pod napięciem, zgodnie z prawem Ohma dochodzi do przepływu prądu. Przyłożona różnica potencjałów do dwóch różnych części ciała człowieka (np. prawa ręka – lewa stopa) wymusza przepływ prądu, którego wartość zależy od impedancji ciała ludzkiego na drodze przepływu. Na **rys. 4** przedstawiono procentowy rozdział całkowitej rezystancji ciała ludzkiego.

Przeprowadzono wiele badań w celu wyznaczenia impedancji ciała człowieka. Pierwsze takie badania miały miejsce w 1870 r. i wykazały, że rezystancja naskórka jest większa od tkanki podskórnej. Wartość impedancji ciała ludzkiego i jej poprawne wyznaczenie oraz opisanie jest o tyle ważne, że od tej właśnie wartości zależy dobór środków bezpieczeństwa, mających za zadanie chronić człowieka, który znajdzie się w sytuacji porażenia prądem. Zabezpieczenia muszą minimalizować szkody, czyli wykrywać jak najniższą wartość prądu oraz najszybciej, jak to możliwe, odłączać źródło prądu, tak aby czas narażenia był jak najkrótszy. Opisując w taki sposób zjawisko porażenia prądem, opisuje się sytuację, w której dochodzi już do zdarzenia niebezpiecznego, czyli o ochronie niezależnej, poza podstawową, która ma chronić w przypadku uszkodzenia (PN-HD 60364-4-41:2009).

W **tabeli** przedstawiono odczucia i reakcje organizmu ludzkiego na przepły-

Tabela. Odczucia i reakcje na długotrwały przepływ prądu przemiennego przez organizm ludzki

Charakter odczuwalnego wrażenia, reakcja organizmu i skutki	Prąd porażeniowy I_t , mA	
	zakres	wartości średnie
Próg odczuwania przepływu prądu w miejscu styku z elektrodą o małej powierzchni, mrowienie	0,1–0,6	0,4
Wyczuwalność wyraźna, łaskotanie i swędzenie, lekkie skurcze mięśni dłoni	0,8–2	1,2
Wyczuwalność bolesna, cierpięcie dłoni i przegubów, lekkie usztywnienie rąk i nieznaczny wzrost ciśnienia tętniczego krwi	2–4	3,5
Silna reakcja nerwowa, nerwobóle przedramienia, lekkie skurcze dłoni, usztywnienie i drżenie rąk	4–5	4,5
Skurcze przedramienia i ramion dochodzące do palców, trudności samodzielnego oderwania się od elektrod, wzrost ciśnienia tętniczego krwi, zaburzenia rytmu serca i oddechu występują po kilku minutach	5–15	12,5
Bardzo silne i bolesne skurcze mięśni rąk, samodzielne uwolnienie się rażonego (bez pomocy) jest niemożliwe, możliwość zatrzymania czynności serca w fazie rozkurczu	15–30	19
Skurcze tężcowe mięśni rąk i klatki piersiowej, niemożliwość dokonania wydechu, arytmia serca i duże prawdopodobieństwo zatrzymania jego czynności, utrata świadomości, możliwe migotanie komór serca	22–50	40

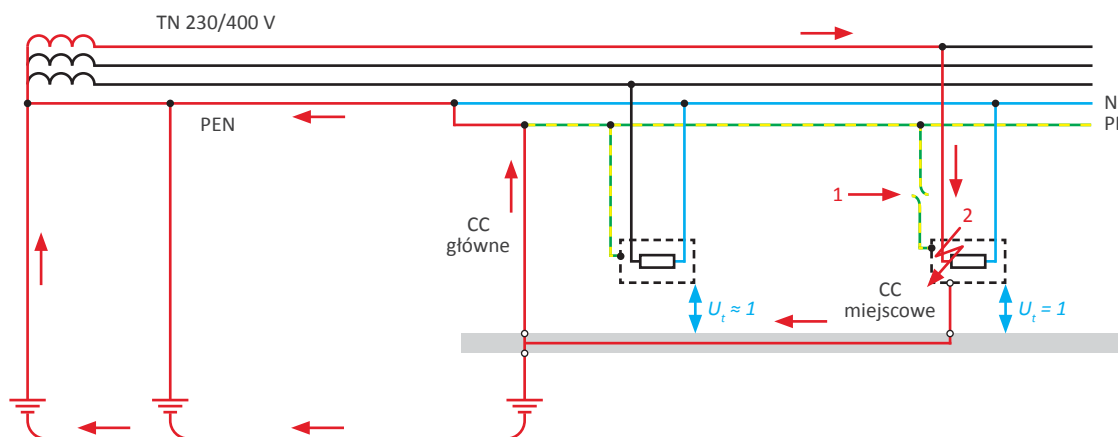
wający prąd przemienny, podczas zjawiska porażenia prądem. Jak widać, skutki długotrwałego przepływu prądu przez organizm ludzki mogą być bardzo groźne, włącznie z takimi, które będą prowadzić do śmierci.

W układach z poprawnie wykonanymi połączeniami wyrównawczymi można zabezpieczyć się przed porażeniem nawet w sytuacji, kiedy dojdzie do podwójnego uszkodzenia. Na **rys. 5** przedstawiono sytuację, w której dojdzie do długotrwałego (niewykrytego)

uszkodzenia ciągłości przewodu ochronnego w instalacji, a następnie do uszkodzenia wewnętrznego w urządzeniu, przenoszącego potencjał na obudowę urządzenia. Zastosowanie połączeń wyrównawczych pozwoliło sprowadzić potencjał obudowy uszkodzonego urządzenia do niskiej wartości, pomimo występującego uszkodzenia, a niska impedancja pętli połączenia wyrównawczego i ochronnego pozwoli zadziałać zabezpieczeniom nadprądowym. W efekcie urządzenie zostanie odłączone od zasilania.

Podsumowanie

Zagrożenia generowane przez uszkodzenia urządzeń i instalacji elektrycznych mogą być bardzo niebezpieczne. Wszędzie tam, gdzie wpływ na bezpieczeństwo mają uziemienia i połączenia ochronne, można nad tymi zagrożeniami panować, tylko pod warunkiem zrozumienia techniki oraz idei poprawnego stosowania uziemień i połączeń ochronnych w systemach uziemiających. Podstawą na początku jest poprawny projekt instalacji w zakresie uziemień, odpowiednio dobrane przewody



➤ **Rys. 5.** Podwójne uszkodzenie w sieci z układem TN z połączeniami wyrównawczymi

Zródło: archiwum autora



i akcesoria, ze szczególnym zwróceniem uwagi na środowisko pracy instalacji. Następnie nawet najlepiej zaprojektowana instalacja musi przejść rzetelny odbiór, czyli walidację i weryfikację zgodności wykonania z projektem. Reszta jest w rękach eksploatującego, któremu oczywiście może pomóc producent czy też wykonawca instalacji, dając odpowiednie wskazówki w instrukcji eksploatacji instalacji. Podczas eksploatacji należy pamiętać o okresowej kontroli wizualnej połączeń ochronnych i bardzo ważnych pomiarach zarówno impedancji pętli zwarcia, jak i ciągłości przewodów ochronnych. Poprawnie eksploatowana i serwisowana instalacja minimalizuje ryzyko związane

ze skutkami niebezpiecznych uszkodzeń urządzeń i instalacji elektrycznych.

Tomasz Otrębski jest zatrudniony w Elokon Polska na stanowisku dyrektora regionalnego. Jest specjalistą ds. Inżynierii Bezpieczeństwa Maszyn i Procesów. Ma ponad 15-letnie doświadczenie jako projektant systemów sterowania i zasilania w obszarze maszynowym, specjalista ds. automatyki, specjalista ds. bezpieczeństwa maszyn. Trener i wykładowca od 2003 r. Prowadzi szkolenia z budowy systemów sterowania oraz z systemów sterowania związanych z bezpieczeństwem.

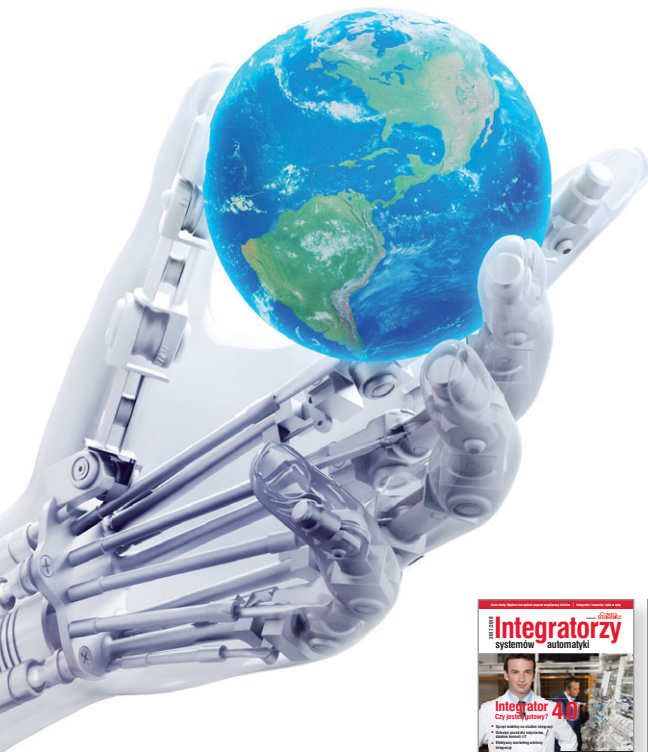


Online

Stabilne źródła zasilania stanowią podstawę utrzymania ruchu w zakładach, budynkach i fabrykach. Usterki elektryczne lub niestabilność zasilania, wynikające z błędnie zaprojektowanego systemu rozdziału energii elektrycznej, mogą mieć ujemny wpływ na bezpieczeństwo, produkcję i ogólny wynik zakładu. Więcej na ten temat przeczytają Państwo w artykule „Skuteczne połączenia wyrównawcze i uziemienie”, dostępnym na naszej stronie internetowej: www.utrzymanieruchu.pl

Literatura

1. „Grounding and bonding electrical systems”, Enginer Educators, Tallahassee 2007-2008.
2. PN-EN 60204-1 (2010), „Bezpieczeństwo maszyn. Wyposażenie elektryczne maszyn. Część 1: Wymagania ogólne”.
3. E. Musiał, „Połączenia wyrównawcze ochronne”, Miesięcznik SEP INPE „Informacje o normach i przepisach elektrycznych”, nr 143/2011, s. 34–63.



Świat technologii w zasięgu ręki

Jesteśmy Wydawnictwem specjalizującym się w publikowaniu treści kierowanych do inżynierów związanych z branżą produkcyjną. Za pośrednictwem naszych magazynów zawsze będą Państwo na bieżąco z praktycznymi oraz najnowszymi trendami, które kształtują światowy przemysł.

