

Zagrożenia elektryczne w zakładach produkujących materiały budowlane

Wykorzystanie energii elektrycznej do napędu maszyn i urządzeń w zakładach produkujących materiały budowlane jest powszechne. Jest to dominujący nośnik energii, bez którego ich funkcjonowanie praktycznie nie byłoby możliwe. Stąd bezpieczeństwo osób zatrudnionych w tych przedsiębiorstwach w istotny sposób zależy od stanu maszyn, urządzeń oraz instalacji elektrycznej je zasilającej. W artykule przedstawiono najczęstsze nieprawidłowości elektryczne wraz z licznymi przykładami, jak również prawidłowe rozwiązania przedstawionych niezgodności.

Electric hazards at production plants of construction materials

Electric energy is largely used at production plants for powering machinery and other production equipment. It is the dominant energy carrier, without which the operation of those plants would be practically impossible. Hence, the employees' safety significantly depends on electric safety, which is strictly correlated with the technical condition of machinery, electric equipment, energy distribution equipment, cabling, etc. This paper presents the most common electric irregularities, together with real examples and correct solutions.

Wstęp

Produkcja materiałów budowlanych jest rozległą dziedziną działalności gospodarczej obejmującą szeroką gamę wyrobów: betoniarskich, metalowych, ceramiki budowlanej, chemii i tworzyw sztucznych, stolarki budowlanej oraz innych. Obecna koniunktura w budownictwie spowodowała szybki wzrost zapotrzebowania na materiały budowlane i wykorzystania możliwości produkcyjnych zakładów, co często skutkuje ograniczeniem działań związanych z utrzymywaniem wymaganego poziomu bezpieczeństwa, w tym elektrycznego. Szczególnie dotyczy to małych przedsiębiorstw produkujących materiały budowlane, których kondycja finansowa ogranicza możliwość ponoszenia nakładów na bezpieczeństwo pracy. W zakładach tych najczęściej stosowane są tradycyjne technologie, z wykorzystaniem maszyn i urządzeń eksploatowanych od wielu lat. Z wizji lokalnych pracowników CIOP-PIB

w kilkunastu zakładach produkujących materiały budowlane oraz ze współpracy z innymi zakładami wynika, że poziom bezpieczeństwa elektrycznego nie jest zadowalający.

Według danych opublikowanych przez GUS w roku 2005 ogółem w Polsce zarejestrowano 256 osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy wskutek tzw. odchyłeń związanych z elektrycznością i 162 poszkodowanych na skutek wydarzeń związanych z elektrycznością przez dotyk bezpośredni. W roku 2006 liczba tych wypadków zwiększyła się odpowiednio do 269 i 181, a w trzech kwartałach w roku 2007 wyniosła 195 i 133. Porażenie prądem elektrycznym jest istotną przyczyną wypadków przy pracy podczas użytkowania stosowanych powszechnie, zasilanych energią elektryczną maszyn i urządzeń oraz instalacji doprowadzających energię elektryczną.

Zagrożenia pochodzące od przepływu prądu elektrycznego związane są z powszech-

mgr inż. MAREK STEFAŃSKI
mgr inż. TOMASZ STRAWIŃSKI

Centralny Instytut Ochrony Pracy
– Państwowy Instytut Badawczy

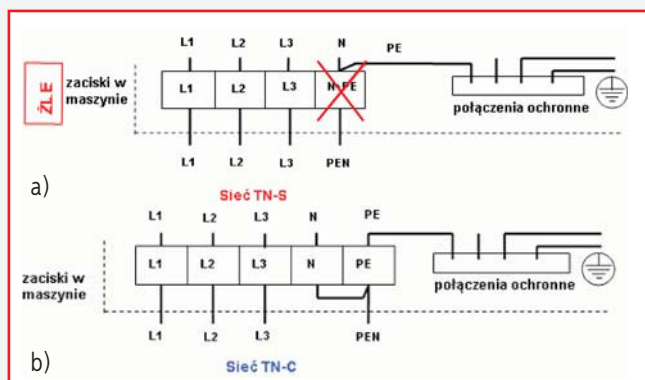
nym wykorzystywaniem energii elektrycznej do napędu maszyn i urządzeń produkcyjnych oraz oświetlenia, zasilania sprzętu biurowego, a także napędu niektórych rodzajów środków transportu. Zagrożeń tych w praktyce nie można wyeliminować, ponieważ technicznie tylko w niewielu przypadkach można zastosować inne rodzaje energii (np. pneumatyczną lub hydrauliczną). Do zagrożeń elektrycznych związanych z przepływem prądu elektrycznego zaliczamy przede wszystkim:

- porażenie prądem elektrycznym
- zagrożenia termiczne
- zagrożenia pożarem i wybuchem.

Najczęstsze nieprawidłowości elektryczne w zakładach produkujących materiały budowlane

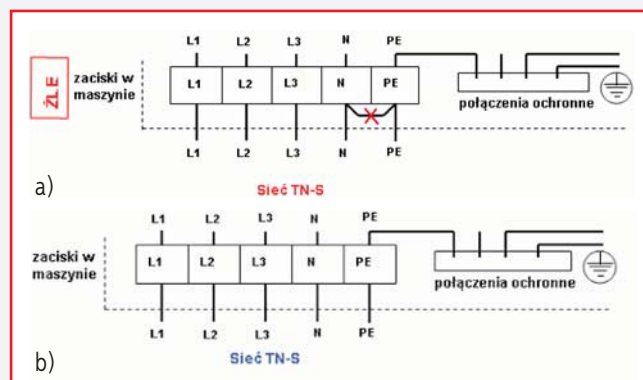
Błędy w przyłączeniach przewodów elektrycznych zasilających maszyny

Najczęściej wykorzystywanymi sieciami do zasilania maszyn w zakładach produkujących materiały budowlane są TN-C i TN-S. Sieć TN-C dwuprzewodowa jest przeznaczona do odbior-



Rys. 1. Przykład zacisków maszyny w sieci TN-C: a) podłączenie nieprawidłowe; b) podłączenie prawidłowe

Fig. 1. An example of machine terminals dedicated to a TN-C network: a) incorrect connection; b) correct connection



Rys. 2. Przykład zacisków maszyny w sieci TN-S: a) podłączenie nieprawidłowe; b) podłączenie prawidłowe

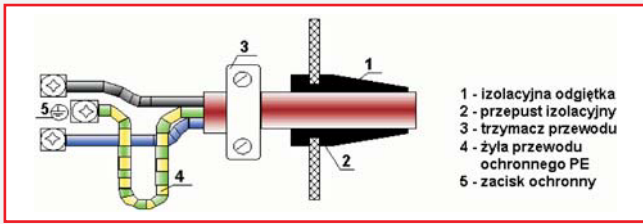
Fig. 2. An example of machine terminals dedicated to a TN-S network: a) incorrect connection; b) correct connection

Tabela

PRZEKRÓJ PRZEWODU OCHRONNEGO W ZALEŻNOŚCI OD PRZEKROJU PRZEWODU FAZOWEGO

A cross-section of a protective conductor as a function of a cross-section of a phase conductor

Przekrój przewodu fazowego S, mm ²	Przekrój przewodu ochronnego S _{PE} , mm ²		
	w wiązce lub jako żyła przewodu wielożyłowego	pojedynczy chroniony przed uszkodzeniami mechanicznymi	pojedynczy nie chroniony przed uszkodzeniami mechanicznymi
S ≤ 16	S	2,5 ≤ S _{PE} ≤ S	4,0 ≤ S _{PE} ≤ S
16 < S ≤ 35	16	16	16
S > 35	S/2	S/2	S/2



Rys. 3. Przykład prawidłowego łączenia zasilania odbiornika (przewód PE dłuższy niż pozostałe)

Fig. 3. An example of a correct connection of a power supply cable to an electric engine (the PE wire is longer than the other ones)

ników jednofazowych, a czteroprzewodowa do odbiorników trójfazowych i do niedawna była znana jako „zerowanie”, w której funkcję przewodu ochronnego PE i neutralnego N pełni jeden przewód ochronno-neutralny PEN, zwany „zerowym”. W sieci TN-S, trzyprzewodowej przeznaczonej do odbiorników jednofazowych i pięcioprzewodowej do odbiorników trójfazowych, funkcję przewodu ochronnego PE i neutralnego N pełnią dwa oddzielne przewody.

Bardzo często występują nieprawidłowości w podłączeniu do sieci TN-C lub TN-S maszyn (rys. 1. i 2.). Połączenie przewodów PE i N w sieci TN-S może spowodować błędne zadziałanie wyłącznika różnicowo-prądowego RCD, a w przypadku zasilania maszyny instalacją TN-C przerwanie przewodu PEN może spowodować pojawienia się pełnego napięcia na częściach przewodzących dostępnych (np. korpusie maszyny). Sytuacja nie miałaby miejsca, gdyby zastosowano oddzielne przewody – ochronny PE i neutralny N. Podczas przyłączania przewodów zasilających trzeba kierować się zasadą, że najważniejsza jest ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym, dlatego należy stosować oddzielne zaciski przyłączeniowe dla przewodu ochronnego PE i przewodu neutralnego N.

Zapomina się, że przy podłączaniu odbiorników do instalacji elektrycznej należy zapewnić właściwą długość przewodu ochronnego względem przewodów fazowych (fot.1.). Przewód ochronny powinien być dłuższy od pozostałych przewodów, dzięki czemu w przypadku próby przypadkowego

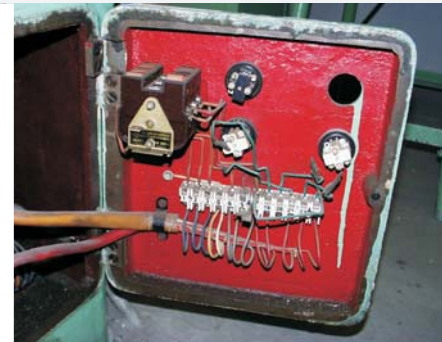
wyrwania przewodu z odbiornika, przewód ochronny będzie do niego najdłużej przyłączony (będzie pełnił funkcję ochronną), (rys. 3.).

Brak bądź nieodpowiedni przekrój przewodu ochronnego doprowadzonego do dostępnych części przewodzących

W przypadku zwarcia, uszkodzenia izolacji przewodów lub przepięcia, na dostępnych częściach przewodzących może pojawić się napięcie niebezpieczne, jeśli do tych części nie będzie doprowadzony przewód ochronny (fot. 2.). Za dostępne części przewodzące należy uważać metalowe korpusy maszyn, obudowy silników elektrycznych, metalowe szafy sterownicze. Do wymienionych elementów powinien być doprowadzony przewód ochronny o przekroju zależnym od przekroju przewodu fazowego (tabela), (fot. 3.).

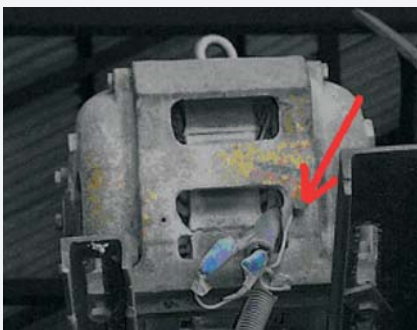
Niezachowane wymagania związane z kodem IP obudów wyposażenia elektrycznego

Każda obudowa wyposażenia elektrycznego powinna zapewniać odpowiedni do warunków środowiska użytkowania stopień ochrony, wyrażony tzw. kodem IP. Kod ten określa odporność na wnikanie ciał stałych, pyłów i cieczy do jej wnętrza. Obudowa urządzenia elektrycznego powinna zapewniać jako minimum stopień ochrony nie gorszy niż IP2X, (IP2X: „2” – chroni przed przedostaniem się do wnętrza ciał obcych o średnicy >12,5 cm, „X” – brak ochrony przed wnikaniem wody). Najczęściej wymagane są jednak wyższe stopnie ochrony, co wynika z warunków użytkowania wyposażenia elektrycznego. Niedostateczny stopień ochrony IP może być przyczyną porażenia prądem elektrycznym, pożaru bądź też wybuchu (fot. 4. str. 18.).



Fot. 2. Przykłady drzwi szafy sterowniczej bez doprowadzonego przewodu ochronnego

Photo 2. An example of a control-cabinet door without a protective conductor



Fot. 1. Przykład nieprawidłowego podłączenia zasilania do silnika (przewód PE najkrótszy)

Photo 1. An example of an incorrect connection of a power supply cable to an electric engine (the PE wire is the shortest one)



Fot. 3. Przykłady drzwi szaf sterowniczych z doprowadzonym przewodem ochronnym

Photo 3. An example of a control-cabinet door with a protective conductor



Fot. 4. Przykłady uszkodzenia obudowy wyposażenia elektrycznego (niezachowany stopień ochrony wynikający z wymagań dla określonych kodów IP)

Photo 4. An example of a damaged electric equipment cabinet (the level of protection indicated by IP-code requirements is not supported)

Nieprawidłowości w dostępie do wnętrza obudów wyposażenia elektrycznego

Każda obudowa wyposażenia elektrycznego, oprócz właściwego IP oraz przyłączenia jej do przewodu ochronnego o odpowiednim przekroju, powinna umożliwiać dostęp do jej wnętrza tylko osobom upoważnionym. Powinno to być zrealizowane według trzech reguł.

1. **Otwieranie obudowy możliwe jest bez klucza/narzędzia i bez odłączenia napięcia;** po otwarciu wymagana jest ochrona wszystkich części czynnych pozostających pod napięciem (fot. 5.) za pomocą osłony (minimalny stopień ochrony IP2X), z możliwością jej otwarcia tylko

specjalnym narzędziem, albo samoczynne odłączenie napięcia przed jej otwarciem.

2. **Otwarcia obudowy dokonuje się za pomocą specjalnego klucza lub narzędzia,** w celu umożliwienia tylko wykwalifikowanemu lub przeszkolonemu i upoważnionemu przez pracodawcę personelowi dokonywania czynności eksploatacyjnych (wymiany, regulacji, prób itp.) bez odłączenia napięcia (fot. 6.). Części czynne (w których podczas pracy urządzenia płynie prąd elektryczny) znajdujące się wewnątrz obudowy powinny być osłonięte (stopień ochrony co najmniej IP1X: „1” – chroni przed przedostaniem się do wnętrza ciał obcych o średnicy >50 cm, „X” – brak ochrony przed wnikaniem do środka wody).

3. **Otwarcie możliwe po odłączeniu zasilania części czynnych znajdujących się wewnątrz** (np. rozłącznikiem izolacyjnym z pokrętkiem umieszczonym na drzwiczkach, wyposażonym w sprzęgło na wałku blokującym możliwość ich otwarcia, fot. 7.). Ponowne załączenie napięcia możliwe jest po zamknięciu obudowy (dopuszcza się omińnięcie blokady przez upoważniony wykwalifikowany personel tylko za pomocą specjalnego klucza lub narzędzia). Części czynne, pozostające pod napięciem po otwarciu (np. zaciski), muszą być chronione przed dotykem bezpośrednim osłoną zapewniającą stopień ochrony minimum IP2X.

Niewłaściwy, źle wykorzystywany bezpiecznik

Projektant urządzenia/installacji elektrycznej wyposaża je w odpowiednio dobrane zabezpieczenia przed zwarciami i przeciążeniami. Wartości tych zabezpieczeń są podawane przy specyfikowaniu elementów w schemacie elektrycznym. Wskutek częstych zadziałań (wyzwoleń) zabezpieczeń, np. w wyniku przeciążenia instalacji, użytkownicy zamieniają je na zabezpieczenia o wartościach większych bądź dokonują przeróbek (fot. 8a), co może spowodować, że w przypadku rażenia prądem elektrycznym, czasy zadziałań tych zabezpieczeń będą dłuższe albo zabezpieczenia nie zadziałają. Często spotyka się również „watowanie” bezpieczników topikowych (fot. 8b), czyli „naprawianie” jednorazowego bezpiecznika topikowego przez zastąpienie drutem przepalonego elementu znajdującego się wewnątrz porcelanowego korpusu. Powyższe niezgodności mogą spowodować przegrzanie



Fot. 5. Przykłady obudów, których otwarcie jest możliwe bez klucza (narzędzia) i bez odłączenia napięcia

Photo 5. Examples of covers which can be opened without a key or a tool and without power being switched off prior to opening them



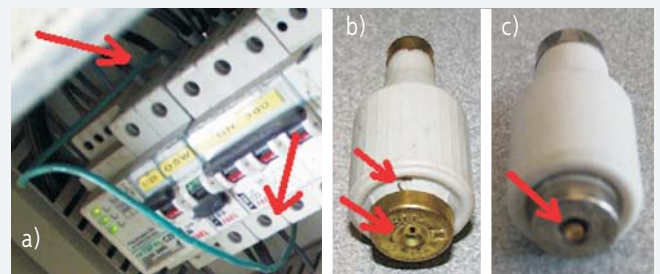
Fot. 6. Przykład obudowy – otwarcie za pomocą klucza lub narzędzia

Photo 6. An example of a cover which can be opened with a key or a tool



Fot. 7. Przykład obudowy – otwarcie możliwe po odłączeniu części czynnych znajdujących się wewnątrz

Photo 7. An example of a cover which can be opened after live parts have been switched off



Fot. 8. Przykłady bezpieczników: a) zbrocznikowany wyłącznik nadprądowy przez połączenie przewodem zielonym jego zacisków; b) bezpiecznik „watowany”; c) nie-przepalony bezpiecznik

Photo 8. Examples of fuses: a) an overcurrent switch shorted by connecting its terminals with the green wire; b) a fuse with an enlarged switch; c) a fuse ready to use



Fot. 9. Przykłady nieprawidłowego prowadzenia przewodów
Photo 9. Examples of incorrect wire conduction schemes

się instalacji, czego konsekwencją może być pożar, albo opóźnić zadziałanie lub być przyczyną niezadziałania bezpiecznika w sytuacji rażenia prądem.

Nieprawidłowe prowadzenie przewodów

Przy instalowaniu przewodów elektrycznych wewnątrz pomieszczeń należy pamiętać o ich prawidłowym prowadzeniu w liniach prostych, równoległych do krawędzi ścian i stropów. Nieprawidłowe prowadzenie przewodów (fot. 9.) może doprowadzić do ich przypadkowego uszkodzenia, np. zerwania, a tym samym porażenia prądem elektrycznym osób przebywających w pobliżu.

Brak lub uszkodzone urządzenia służące do odłączania od zasilania ze źródeł energii elektrycznej

Od 1 stycznia 2006 roku każda maszyna powinna być dostosowana do minimalnych wymagań, co między innymi oznacza, że powinna być wyposażona w środki do odłączania od zasilania zapewniające właściwy poziom odizolowania od źródeł napięcia (fot. 10.). Niemniej często można spotkać maszyny, które nie są wyposażone np. w urządzenie odłączające od zasilania lub to urządzenie jest uszkodzone. Każde urządzenie do odłączania (np. rozłącznik izolacyjny) powinno umożliwiać zablokowanie go w pozycji otwartej i spełniać wymagania PN-EN 60947-3 :2002/A2:2006.



Fot. 10. Prawidłowy rozłącznik główny maszyny
Photo 10. A proper machinery main switch

Podsumowanie

Przedstawione zagrożenia elektryczne, występujące w zakładach produkujących materiały budowlane i stwarzające duże ryzyko porażenia prądem lub spowodowania pożaru, można w łatwy sposób usunąć. Obowiązek ten należy do pracodawcy, który powinien zapewnić bezpieczeństwo pracy, w tym bezpieczeństwo związane z wyposażeniem elektrycznym maszyn. Im zakład jest mniejszy, tym w większości przypadków stan bezpieczeństwa urządzeń elektrycznych jest gorszy. Małe zakłady często nie zatrudniają elektryka bądź też osoby, która posiadałaby odpowiednie uprawnienia (świadczenia kwalifikacyjne). Rosnąca liczba wypadków wskutek odchylen związanych z elektrycznością – o ponad 5% w latach 2005-2006 oraz omówione nieprawidłowości, powinny być odpowiednim argumentem do tego, aby zwrócić szczególną uwagę na przeciwdziałanie zagrożeniom elektrycznym występującym w zakładach produkujących materiały budowlane. Wymaga to podjęcia działań w zakresie:

- identyfikacji zagrożeń elektrycznych i związanego z nimi ryzyka zawodowego
- wprowadzania odpowiednich środków bezpieczeństwa w obszarze działań technicznych i organizacyjnych (projektowanie urządzeń elektrycznych oraz ich obsługa zgodnie z wymaganiami przepisów i normam)
- przestrzeganie zasad związanych z bezpieczeństwem elektrycznym oraz prowadzenie kontroli bezpieczeństwa elektrycznego.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Poradnik inżyniera elektryka (pr. zb.). WNT, Warszawa 1999
- [2] B. Kowalski, H. Karski *Bezpieczeństwo i ochrona człowieka w środowisku pracy*. Tom 10: *Energia elektryczna i elektryczność statyczna*. CIOP-PIB, Warszawa 2002
- [3] K. Meyer *Poradnik elektryka*. Wyd. ODDK, Gdańsk 2001

Podstawowe akty prawne

- PN-EN 60204-1:2006(U) *Bezpieczeństwo maszyn. Wyposażenie elektryczne maszyn. Wymagania ogólne*
- PN-EN 60947-3:2002/A2:2006 *Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa. Część 3: Rozłączniki, odłączniki, rozłączniki izolacyjne i zestawy łączników z bezpiecznikami topikowymi*
- PN-EN 50110-1:2005(U) *Eksploatacja urządzeń elektrycznych*
- PN-EN 60439-1:2003 *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 1: Zestawy badane w pełnym i niepełnym zakresie badań typu*
- PN-EN 60529:2003 *Stopnie ochrony zapewniane przez obudowy (Kod IP)*
- PN-IEC 60364 *Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych*
- Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. – Prawo energetyczne (t. jedn. DzU z 2003 r. nr 15, poz. 1504)
- Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (t. jedn. DzU z 2003 r. nr 207, poz. 2016)
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 30 października 2002 r. w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy w zakresie użytkowania maszyn przez pracowników podczas pracy (DzU nr 191, poz. 1596, zm. DzU z 2003 r. nr 178, poz. 1745)
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 17 września 1999 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach i instalacjach energetycznych (DzU nr 80, poz. 912)
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 28 kwietnia 2003 r. w sprawie szczegółowych zasad stwierdzania posiadania kwalifikacji przez osoby zajmujące się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci (DzU nr 89, poz. 828, zm. DzU nr 178, poz. 1745)
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 lutego 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych (DzU nr 47, poz. 401)
- Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (t. jedn. DzU z 2003 r. nr 169, poz. 1650)
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU nr 75, poz. 690)

Publikacja opracowana na podstawie wyników zadania zrealizowanego w ramach programu wieloletniego pn. „Dostosowywanie warunków pracy w Polsce do standardów Unii Europejskiej” dofinansowanego w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej w latach 2005-2007. Główny koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy