

Industrial Monitor, 2Q 2015

Autor: Mgr inż. Tomasz Otrębski

Kierownik Regionu Południe Elokon Polska, Specjalista ds. Inżynierii Bezpieczeństwa Maszyn i Procesów

Niebezpieczeństwa porażenia prądem przy bieżącym użytkowaniu maszyn i instalacji ogólnotechnicznych.

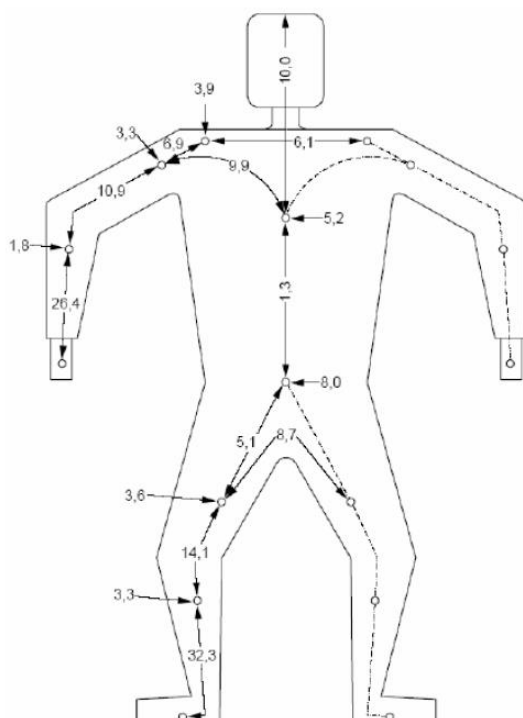
Energia elektryczna jest powszechnie wykorzystywana we wszystkich obszarach funkcjonowania człowieka. Urządzenia elektryczne spotykamy wszędzie, począwszy od naszych domów i mieszkań, po obszary przemysłowe w których pracujemy. Energia elektryczna jest przyjazna człowiekowi jednak w pewnych sytuacjach – jeżeli dojdzie to porażenia prądem elektrycznym - może być bardzo dużym zagrożeniem, skutkującym nawet śmiercią.

Porażenie prądem

Człowiek jest 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. Poniższy rysunek (rys.1) przedstawia procentowy rozdział całkowitej rezystancji ciała ludzkiego.



Rys.1. Procentowy udział rezystancji poszczególnych elementów ludzkiego ciała w stosunku do rezystancji całego ludzkiego ciała.

Przeprowadzono szereg badań w celu wyznaczenia impedancji ciała człowieka, pierwsze takie badania miały miejsce w 1870 roku 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 których zadaniem jest chronić człowieka który znajdzie się w sytuacji w której dojdzie do porażenia prądem. Zabezpieczenia takie 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 opisujemy 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).

Poniższa tabela (tabela 1) przedstawia odczucia i reakcje organizmu ludzkiego na przepływający prąd przemienny podczas zjawiska porażenia prądem.

Charakter odczuwalnego wrażenia, reakcja organizmu i skutki	Prąd rażeniowy I_r , 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, cierpienie 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

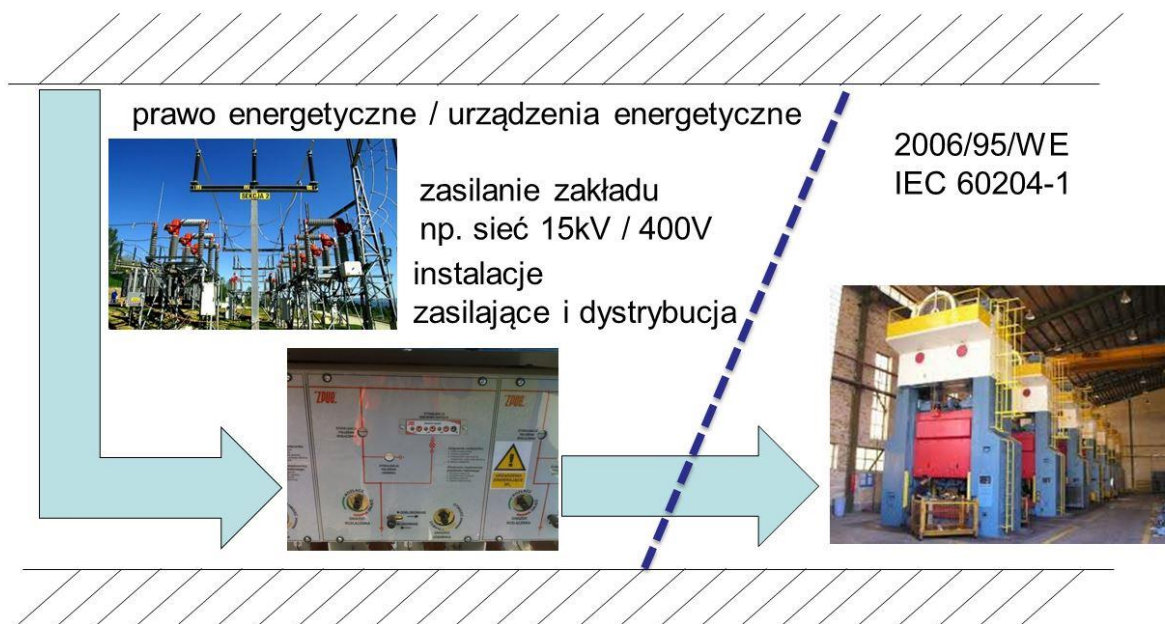
Tabela 1. Odczucia i reakcje na długotrwały przepływ prądu przemiennego przez organizm ludzki.

Jak widać skutki długotrwałego przepływu prądu przez organizm ludzki mogą być bardzo groźnie włącznie z takimi które będą prowadzić do śmierci.



Obszary w których jesteśmy narażeni na porażenie prądem

Kontakt z energią elektryczną mamy w zasadzie w każdym obszarze przemysłu. Z punktu widzenia stawianych wymagań oraz propozycji środków ochrony przeciwporażeniowej rysuje się pewien podział który dzieli obszar w którym wykorzystujemy energię elektryczną na dwa pod obszary. Jeden podobszar związany z urządzeniami energetycznymi związanymi z wytwarzaniem, przetwarzaniem, przesyłaniem, dystrybucją, magazynowaniem oraz użytkowaniem energii. Drugi podobszar dotyczy bezpośrednio odbiorników jakim są maszyny podlegające dyrektywie maszynowej i systemy zasilające sterownicze współpracujące z tymi maszynami.



Rys.2. Podział na podobszary związany z wymaganiami stawianymi urządzeniom energetycznym i elektrycznym.

Wymagania stawiane urządzeniom energetycznym przedstawione są w rozporządzeniu ministra gospodarki z dnia 28 marca 2013 w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach energetycznych. Rozporządzenie opisuje w jaki sposób powinno się przeprowadzać prace związane z eksploatacją, konserwacją i pomiarami urządzeń energetycznych tak aby zminimalizować wypadki związane z tymi pracami czyli m.in. wyeliminować zdarzenia porażenia prądem.

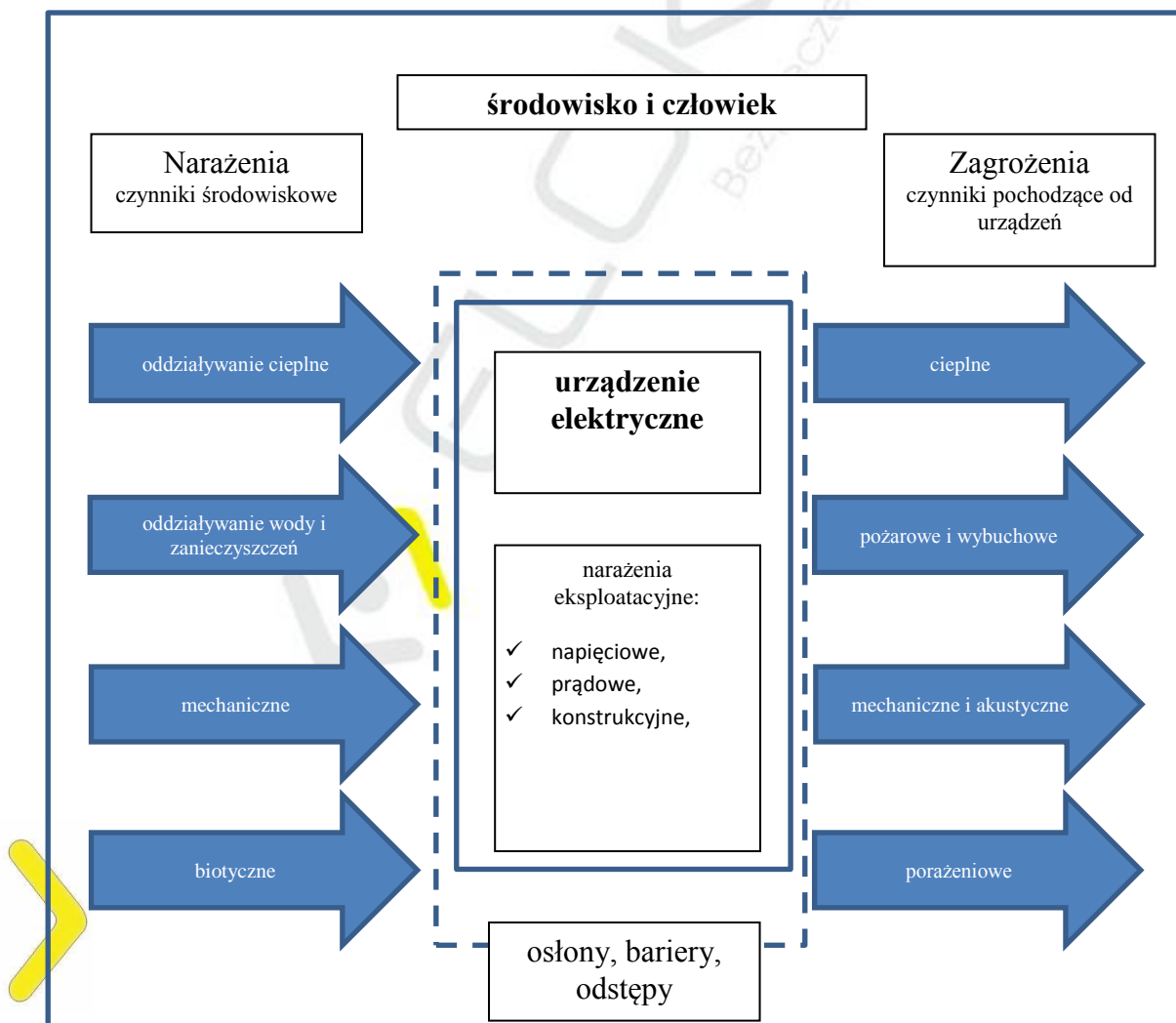
Przechodząc z podobszaru przesyłania i dystrybucji energii elektrycznej w obszar odbiorników energii i instalacji elektrycznych niezbędnych do pracy tychże odbiorników wchodzimy w obszar obowiązywania dyrektywy niskonapięciowej 2006/95/WE i rozporządzenia ministra gospodarki z dnia 21 sierpnia 2007 roku w sprawie zasadniczych wymagań dla sprzętu elektrycznego. Rozporządzenie to wdraża do prawa polskiego dyrektywę niskonapięciową 2006/95/WE i obejmuje swoim zakresem sprzęt elektryczny przeznaczony do użytkowania przy napięciu nominalnym od 50V do 1000V prądu przemiennego lub 75V do 1500V prądu stałego. W kwestiach sposobu zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa w instalacjach elektrycznych możemy sięgnąć do polskich norm. Jedną z norm opisującą sposoby ochrony przed porażeniem elektrycznym jest PN-HD 60364-4-41:2009 Instalacje elektryczne niskiego napięcia.

Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed porażeniem elektrycznym. Kolejną polską normą jest norma z obszaru maszynowego PN-EN 60204-1. Bezpieczeństwo maszyn. Wyposażenie elektryczne maszyn. Część 1: Wymagania ogólne. O zastosowaniu tych norm w fazie projektowania instalacji elektrycznych pisał kolega Sławomir Gronczewski w poprzednim wydaniu w artykule: Ochrona przeciwporażeniowa w maszynach. Część pierwsza – budowa maszyny.

Analizując przypadki w jakich może dojść do porażenia prądem elektrycznym musimy mieć świadomość w jakim obszarze wymagań się poruszamy. Zupełnie inne środki techniczne stosuje się dla obszarów dystrybucji energii na poziomie napięć wysokich i średnich i inne dla obszarów maszynowych, instalacji elektrycznych układów zasilająco sterowniczych przy poziomie napięć do 400V.

Współzależność zagrożeń i narażeń środowiskowych

Wpływ na wystąpienie zagrożenia powodowane przez porażenie elektryczne ma wiele czynników. Na to czy dojdzie do kontaktu z częścią czynną pod napięciem mogą wpłynąć np. długotrwałe niszczące warunki środowiskowe, złe lub brak praktyki prac konserwacyjnych związanych z instalacjami elektrycznymi, szkodliwe oddziaływania mechaniczne na instalacje elektryczne. Poniższy rysunek przedstawia zależność pomiędzy środowiskiem, człowiekiem a urządzeniem elektrycznym.



Rys.3. Współzależność środowiska, człowieka i urządzenia elektrycznego w odniesieniu do narażeń i zagrożeń.

W fazie projektowania instalacji elektrycznej musimy znać i założyć odpowiednie warunki środowiskowe jak i warunki pracy w jakich urządzenia elektryczne będą eksploatowane. Błędne określenie tych warunków w fazie projektu będzie skutkowało zagrożeniami w fazie użytkowania instalacji.

Urządzenia elektryczne jak i instalacje elektryczne przechodzą odpowiednie pomiary przed oddaniem ich do użytkowania. Najczęściej wykonywanymi badaniami są pomiary rezystancji izolacji, ciągłości układu połączenia ochronnego, impedancji pętli zwarcia. Pozytywne wyniki badań pozwalają na przekazanie instalacji elektrycznej do eksploatacji.

Eksploatacja urządzeń i instalacji – zagrożenia porażeniem

Urządzenia i instalacje po przejściu pierwotnych niezbędnych badań oddawane są do użytkowania. Od tego momentu bezpieczeństwo pracy z instalacjami i urządzeniami elektrycznymi zależy tylko i wyłącznie od użytkownika i od planu działań związanego z konserwacją jak również serwisowaniem takich instalacji. Wbrew pozorom instalacje elektryczne wymagają odpowiedniego podejścia podczas eksploatacji związanego z monitorowaniem stanu zdatności. Plan działania i praktyki konserwacji mogą być różne i będą zależeć od rodzaju instalacji, od ilości urządzeń, od warunków w jakich pracują i szeregu innych aspektów. Ważnym jest aby istniał w praktyce plan działań związanych z utrzymaniem instalacji elektrycznych w ruchu, pozwoli to na bezpieczne eksploatowanie instalacji przez długi czas i zminimalizuje sytuacje niebezpieczne związane np. z zagrożeniami porażeniem elektrycznym w wyniku uszkodzenia podstawowej ochrony jakim jest np. izolacja części czynnych.

W zależności od tego jakie środki ochrony przeciwporażeniowej stosujemy jako ochronę podstawową a jakie dla ochrony przy uszkodzeniu odpowiednio opracowujemy strategie okresowych kontroli tych środków. Przykładowo, jeśli naszym podstawowym środkiem ochrony jest izolacja musimy założyć okresowe badanie rezystancji izolacji, czasookres badań na pewno uzależnić musimy od warunków eksploatacji. Im cięższe warunki pracy np. przewodów elektrycznych, tym częściej należy badać ich zdatność do pracy, czasami nawet wyznaczać wymianę takich przewodów (jeśli pracują np. w środowisku mocno zaolejonym, najskuteczniejszym działaniem jest okresowa wymiana takich przewodów). Jeżeli ochroną jest np. przegroda lub obudowa musimy wykonywać okresowe oględziny i weryfikować stan takiej przegrody lub obudowy, określając wytrzymałość mechaniczną, zdystansowanie, wielkość ewentualnych szczelin, skuteczność połączenia ochronnego. Oceny zdatności instalacji i urządzeń elektrycznych powinno dokonywać się również po wszystkiego rodzaju pracach które odbywały się w otoczeniu tychże instalacji i urządzeń a które mogły mieć wpływ na te instalacje ingerując w lub uszkadzając, np. izolację lub przewód ochronny powodując tym samym utratę podstawowego środka ochrony.

Prawo budowlane nakazuje dla obiektów budowlanych wykonywać badania zdatności technicznej w okresie co 1 rok lub co 5 lat w zależności od rodzaju budynku i przeznaczenia, dobrze jest przenieść tą praktykę również na instalacje związane bezpośrednio z maszynami i układy zasilające sterujące linii produkcyjnych. Okresowe audyty połączone z badaniami i oględzinami maszyn, szaf sterowniczych i

urządzeń ogólnotechnicznych z pewnością zminimalizują sytuacje niebezpieczne podczas normalnej eksploatacji urządzeń elektrycznych.

Literatura

1. MAXIMUM PERMISSIBLE TOUCH AND STEP VOLTAGES ASSESSMENT IN HIGH VOLTAGE SYSTEMS (> 1 kV) - Alexandru DINA, Valentin ZAHARESCU, Basarab GUZUN, Gheorghe COMĂNESCU. U.P.B. Sci. Bull., Series C, Vol. 74, Iss. 3, 2012.
2. Badania impedancji ciała człowieka – elektro.info.pl - dr hab. inż. Stefan Gierlotka.
3. Urządzenia elektryczne. Materiały z wykładu na wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Dr inż. Marian Sauczek.
4. Bezpieczeństwo w elektroenergetyce. Zagadnienia wybrane. Henryk Markiewicz.