



mgr inż. ANDRZEJ BIERNACKI  
mgr inż. HUBERT KARSKI  
Centralny Instytut Ochrony Pracy  
– Państwowy Instytut Badawczy

## System interaktywnej oceny ryzyka zawodowego IRYS – porażenie prądem elektrycznym (1)

System oceny ryzyka zawodowego związanego z porażeniem prądem elektrycznym, udostępniony na stronach internetowych Instytutu, wspomaga przeprowadzenie oceny ryzyka zawodowego związanego z występowaniem prądu elektrycznego w środowisku pracy. Prezentacja opracowanej metody zilustrowana została w pierwszej części artykułu dwoma przykładami odnoszącymi się do prądu elektrycznego niskiego napięcia.

### A system of occupational risk assessment relating to electric shock in the IRYS interactive system (1)

Internet implementation of the methodology of occupational risk assessment relating to electric shock rendered available at the Institute's website supports carrying out proper occupational risk assessment relating to electric shock in a working environment. Theoretical deliberations presenting the developed methodology have been supported in the first part of the article by two examples for low voltage current.

### Wprowadzenie

Technologiczny charakter współczesnej cywilizacji spowodował, że prąd elektryczny stał się jednym z najbardziej powszechnych i stosowanych na co dzień źródeł energii w środowisku życia i pracy. Niemal każde stanowisko pracy, a przynajmniej jego otoczenie zawiera urządzenia zasilane prądem elektrycznym. Bardzo istotną jest więc świadomość, że tak niezbędny prąd elektryczny może być również czynnikiem niebezpiecznym i nieumiejętne lub nieodpowiedzialne jego stosowanie może prowadzić do ciężkich wypadków.

Chociaż identyfikacja zagrożenia tym czynnikiem oraz ocena ryzyka zawodowego związanego z jego występowaniem na stanowisku pracy jest obowiązkiem każdego pracodawcy, to w powszechnie dostępnych źródłach dotychczas trudno było znaleźć wytyczne, wskazujące w jaki sposób przeprowadzać taką ocenę i jak planować działania profilaktyczne, aby skutecznie zmniejszać ryzyko porażenia.

Aby umożliwić prawidłową ocenę ryzyka zawodowego związanego z porażeniem prądem elektrycznym niskiego i wysokiego napięcia, w ramach programu wieloletniego pt. „Bezpieczeństwo i ochrona człowieka w środowisku pracy” (d. SPR-1) w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym opracowano metodykę takiej oceny [1]. Powstała ona we współpracy z następującymi ośrodkami naukowo-badawczymi:

- w odniesieniu do niskiego napięcia: z Politechniką Białostocką [2]
- w odniesieniu do wysokiego napięcia: z Instytutem Energetyki.

Opracowana metodyka, uwzględniająca obowiązujące przepisy prawne i normy, ze względu na specyfikę prądu elektrycznego jako czynnika ryzyka, odbiega w sposób znaczący od metodyki oceny ryzyka zawodowego stosowanej w odniesieniu do większości

innych czynników szkodliwych występujących na stanowiskach pracy i jest bardziej złożona. Z tych względów opracowano implementację tej metodyki w postaci interaktywnego systemu narzędzi internetowych i udostępniono użytkownikom sieci Internet, w portalu Instytutu, w ramach systemu interaktywnej oceny ryzyka zawodowego IRYS (dział *BHP On-line*).

Ocena ryzyka zawodowego związanego z porażeniem prądem elektrycznym wymaga wprowadzania do wyświetlanych w tym celu formularzy pewnej liczby danych, na podstawie których na bieżąco są obliczane wyniki z zastosowaniem zależności matematycznych wybieranych dynamicznie z ustalonego zestawu. Opracowanie serwisu opracowano jednak w taki sposób, aby użytkownik, prowadzony przez kolejne formularze z polami wyboru lub listy kontrolne, mógł uzyskać na końcu procedury oceny jednoznaczny odpowiedź, określającą w skali trójstopniowej poziom ryzyka (małe, średnie, duże) na danym stanowisku pracy, wyposażonym w sprzęt elektryczny.

### Ocena ryzyka zawodowego związanego z porażeniem prądem przemiennym niskiego napięcia w systemie IRYS

Ocena ryzyka zawodowego związanego z porażeniem prądem elektrycznym jest dokonywana w odniesieniu do stanowisk pracy, na których występują urządzenia elektryczne zasilane niskim napięciem (tzn. o wartości do 1000 V prądu przemiennego) użytkowane przez pracownika, ale może być też przeprowadzona w odniesieniu do stanowisk pracy personelu zajmującego się zawodowo budową bądź eksploatacją tego typu urządzeń (np. elektromonterów, konserwatorów) – w tym przypadku uwzględnia się specyficzne warunki wykonywania pracy, oznaczające w praktyce np. zawieszenie działania niektórych środków ochrony przeciwporażeniowej, a wymagające stosowania pewnych procedur pracy [3].

Istota funkcjonowania opracowanej metody bazuje na założeniu, że miarą ryzyka jest prawdopodobieństwo zejścia śmiertelnego jako potencjalnie najcięższego skutku wystąpienia porażenia prądem elektrycznym. W odniesieniu do danego urządzenia elektrycznego przyjmuje się ogólnie, że ryzyko z nim związane jest funkcją następujących prawdopodobieństw: pojawienia się na nim niebezpiecznego napięcia, wystąpienia dotyku człowieka do tego urządzenia oraz wystąpienia skutków patofizjologicznych u rażonego (w wyniku fibrylacji komór serca lub niemożliwości

# system IRYS

samouwolnienia się). Następnie tak obliczone ryzyko odnoszące się do pojedynczego urządzenia (lub grupy analogicznych urządzeń) można przetransponować w odniesieniu do całego stanowiska pracy lub wszystkich urządzeń obsługiwanych przez danego konserwatora.

W tym celu prowadzi się [1]:

- sprawdzenie stopnia skuteczności ograniczenia poziomu ryzyka porażenia prądem elektrycznym do poziomu dopuszczalnego przez: zastosowanie wymaganych środków ochrony przeciwporażeniowej, oznakowanie urządzeń elektrycznych, wykonanie badań kontrolnych stanu urządzeń elektrycznych, sprawdzenie ewentualnego posiadania przez pracownika odpowiednich kwalifikacji zawodowych, przeprowadzenie szkolenia pracownika oraz przestrzeganie zasad bezpieczeństwa pracy przy urządzeniach – co w systemie sprowadza się do zadeklarowania przez oceniającego ryzyko, zgodnie ze stanem faktycznym, spełnienia bądź braku spełnienia określonych kryteriów oceny bezpieczeństwa porażeniowego (na podstawie posiadanej dokumentacji i wyników badania technicznego urządzeń), z uwzględnieniem rzeczywistych czynników środowiskowych na stanowisku pracy

- jego ocenę przez porównanie wyznaczonego ryzyka całkowitego z przyjętymi kryteriami dopuszczalności.

Jeśli potrzebna jest redukcja ryzyka porażenia prądem elektrycznym, należy ustalić priorytety niezbędnych działań korygujących, kierując się analizą uzyskanych wyników.

W zastosowanej metodzie poziom ryzyka porażenia prądem elektrycznym niskiego napięcia, zgodnie z PN-EN 1050 [4] i PN-N 18002 [5], jest wyznaczany ilościowo na podstawie probabilistycznych modeli matematycznych odpowiednio dobieranych (w programie odbywa się to w sposób automatyczny) do zidentyfikowanych sytuacji zagrożenia, wynikających np.: z braku zastosowania lub nieskuteczności wymaganych środków ochrony przeciwporażeniowej, ich przewidywanej zawodności, możliwości występowania różnorodnych zakłóceń powodujących pojawienie się niebezpiecznego napięcia na częściach przewodzących czy nieprawidłowych zachowań pracownika. W zależnościach matematycznych wykorzystywanych przez system do wyznaczania ryzyka uwzględniane są m. in. następujące parametry:

- wartość napięcia rażeniowego i czas jego trwania, które zależą od wartości napięć znamionowych, typu sieci zasilającej oraz rodzaju zastosowanych poszczególnych środków ochrony przeciwporażeniowej

- czynniki środowiskowe, jak: kwalifikacje osób, rezystancja (impedancja) ciała ludzkiego i kontakt ludzi z potencjałem ziemi.

Ryzyko porażenia prądem niskiego napięcia na rozpatrywanym stanowisku zostanie wyliczone według wybranych modeli, przy zastosowaniu parametrów podawanych przez dokonującego oceny, bądź określanych samoczynnie przez system.

Po obliczeniu wartości całkowitego ryzyka porażenia prądem elektrycznym  $R_s$ , następuje jego ocena w skali trójstopniowej, przez porównanie z niżej wymienionymi kryteriami, których wartości wynikają z literatury i odzwierciedlają powszechnie akceptowalny poziom ryzyka w technice:

M – ryzyko małe, gdy  $R_s \leq 10^{-5} * [1/\text{rok}]$ , poziom akceptowalny

S – ryzyko średnie, gdy  $10^{-5} * [1/\text{rok}] < R_s < 10^{-4} * [1/\text{rok}]$ , poziom tolerowany przejściowo, wymagający jednak redukcji

D – ryzyko duże, gdy  $R_s \geq 10^{-4} * [1/\text{rok}]$ , poziom niedopuszczalny – użytkowanie urządzeń elektrycznych zabronione.

W celu dokonania oceny ryzyka porażenia prądem elektrycznym niskiego napięcia tą metodą z pomocą interaktywnego oprogramowania, niezbędne jest zgromadzenie zbioru określonych danych wejściowych, a następnie wprowadzenie ich do systemu, co odbywa się przez wpisanie ich z klawiatury do wskazanych pól na wyświetlanych sukcesywnie formularzach. Zasadniczo zestaw danych wejściowych obejmuje:

- informacje dotyczące urządzenia lub obwodu instalacji na stanowisku pracy, np. napięcie znamionowe, liczba faz zasilania, typ układu sieciowego, rozwiązanie ochrony przeciwporażeniowej, klasa ochronności urządzenia, przyłączenie przewodu PE (PEN) do części przewodzących dostępnych lub obcych

- wartości liczbowe niektórych parametrów przypisanych do podanych danych, np. czułość wyłącznika różnicowoprądowego, częstotliwość wykonywania badań i prób

- informacje o warunkach i okolicznościach użytkowania urządzeń elektrycznych, np. warunki rażeniowe, sposób użytkowania urządzenia lub grupy urządzeń, częstość dotyku i średni czas jego trwania (do urządzenia lub elementów należących do obwodu instalacji).

Doboru zawartości zestawu potrzebnych danych wejściowych system dokonuje dynamicznie, na podstawie niektórych informacji wprowadzanych przez prowadzącego ocenę oznaczonych czerwonymi cyframi na rys. 1. (str. 16.).

Ustalenie zestawu danych wejściowych wiąże się także z wyborem przez system odpowiedniego modelu scenariusza odwzorowującego sytuację rażeniową (dostępnych jest ponad 65, co wyczerpuje spotykane w praktyce warianty rozwiązań technicznych zasilania urządzeń elektrycznych i ochrony przeciwporażeniowej).

Następnie, na kolejnym formularzu należy wprowadzić wynikające z dokumentacji informacje o spełnieniu lub braku spełnienia wymienionych w nim kryteriów bezpieczeństwa, charakterystycznych dla ustalonego scenariusza – dla różnych scenariuszy ukazują się różne zestawy kryteriów (przykład rys. 2. – str. 16.). Spełnienie rozpatrywanego kryterium zaznacza się za pomocą związanego z nim checkbox'a. Dla niektórych kryteriów wyświetlane są dodatkowo nazwy parametrów, których rzeczywiste wartości należy wprowadzić do systemu.

Po zaznaczeniu wszystkich spełnionych kryteriów uruchamiana jest procedura wyliczenia ryzyka zawodowego przez naciśnięcie przycisku „*Oceń*”.

Po przeprowadzeniu procedury oszacowania ryzyka zawodowego związanego z porażeniem prądem elektrycznym następuje automatyczne jego ocenienie, w skali trójstopniowej, poziomu tego ryzyka dla pracownika. Jeśli ryzyko zostało ocenione jako **małe**, wówczas można je traktować jako akceptowalne i nie ma potrzeby podejmowania działań prowadzących do poprawy stanu bezpieczeństwa. W przypadku gdy ryzyko oceniono jako **średnie** lub **duże** niezbędne jest podjęcie działań zmierzających do jego zmniejszenia. Ponadto, przy ryzyku **dużym** konieczne jest zatrzymanie i odłączenie od zasilania urządzenia, a kontakt pracownika z nim powinien zostać uniemożliwiony.

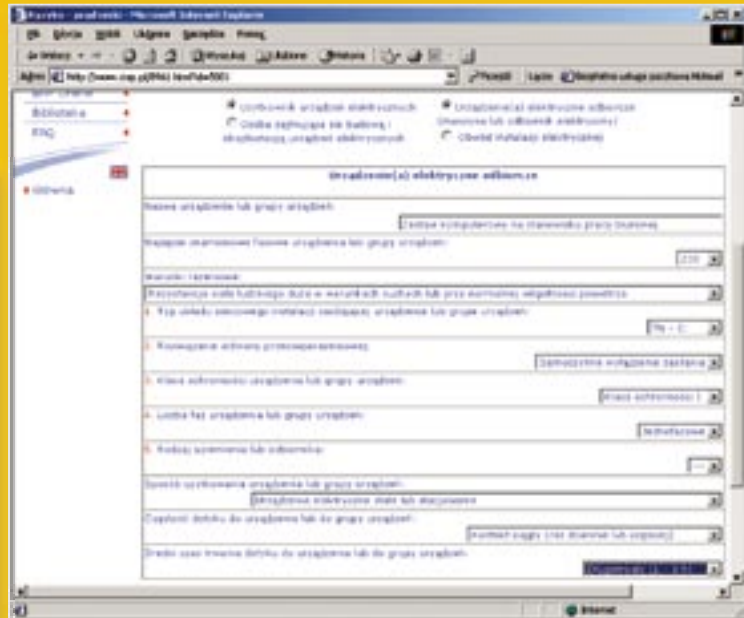


Rys. 1. Formularz przedstawiający wybór poszczególnych parametrów  
Fig. 1. Form showing a selection of specific parameters

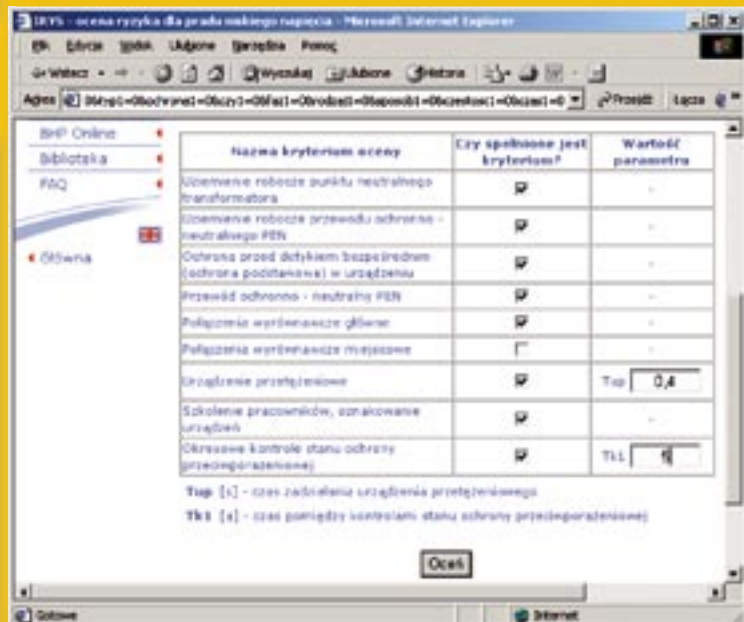


Rys. 2. Formularz przedstawiający poszczególne kryteria wybranego scenariusza oceny ryzyka zawodowego

Fig. 2. Form showing specific criteria of a selected occupational risk assessment scenario



Rys. 3. Formularz przedstawiający wybór parametrów – przykład A  
Fig. 3. Form showing a selection of parameters for example A



Rys. 4. Formularz przedstawiający kryteria – przykład A  
Fig. 4. Form showing criteria for example A



Rys. 5. Formularz przedstawiający wynik – przykład A  
Fig. 5. Form showing the result for example A

**Przykłady**

Poniżej przedstawiono przykład zastosowania systemu do oceny ryzyka na stanowisku pracy w biurze, gdzie użytkowany jest typowy komputer stacjonarny z monitorem, drukarką laserową i innymi urządzeniami peryferyjnymi, zasilany przez listwę z filtrem ochronnym ze ściennego gniazda instalacji elektroenergetycznej o napięciu 230 V.

Praca (redagowanie i drukowanie krótkich tekstów) trwa przez cały dzień w pomieszczeniu sekretariatu.

Protokół okresowego badania skuteczności ochrony przeciwporażeniowej potwierdził prawidłowy stan instalacji i odbiorników.

Obliczenia przeprowadzono w odniesieniu do dwóch skrajnych przypadków.

Przykład A: zasilanie odbiorników z instalacji elektroenergetycznej w wykonaniu 2-przewodowym (tzn. układ sieciowy typu TN-C, wykorzystujący jako środek ochrony przed dotykiem pośrednim, popularne dawniej tzw. „zerowanie”), występującym jeszcze w stosunkowo sporej liczbie budynków (rys. 3., 4., 5.)

Przykład B: zasilanie odbiorników z instalacji elektroenergetycznej w wykonaniu 3-przewodowym (tzn. układ sieciowy typu TN-S, wykorzystujący – jako środek ochrony przed dotykiem pośrednim – samoczynne wyłączenie zasilania przez zabezpieczenia nadmiarowoprądowe i różnicowoprądowe), co ma miejsce w nowo wznoszonych i modernizowanych obiektach (rys. 6., 7., 8.).

Z przedstawionych przykładów wynika, że następuje znaczny wzrost poziomu bezpieczeństwa (ryzyko akceptowalne, a jego wartość jest mniejsza o jeden rząd wielkości) w przypadku zastosowania nowoczesnych rozwiązań ochrony przeciwporażeniowej: układu sieciowego o rozdzielonych przewodach – neutralnym N i ochronnym PE, nowoczesnych aparatów zabezpieczających (np. wyłącznika różnicowoprądowego), wykonania miejscowych połączeń wyrównawczych itp.

**Podsumowanie**

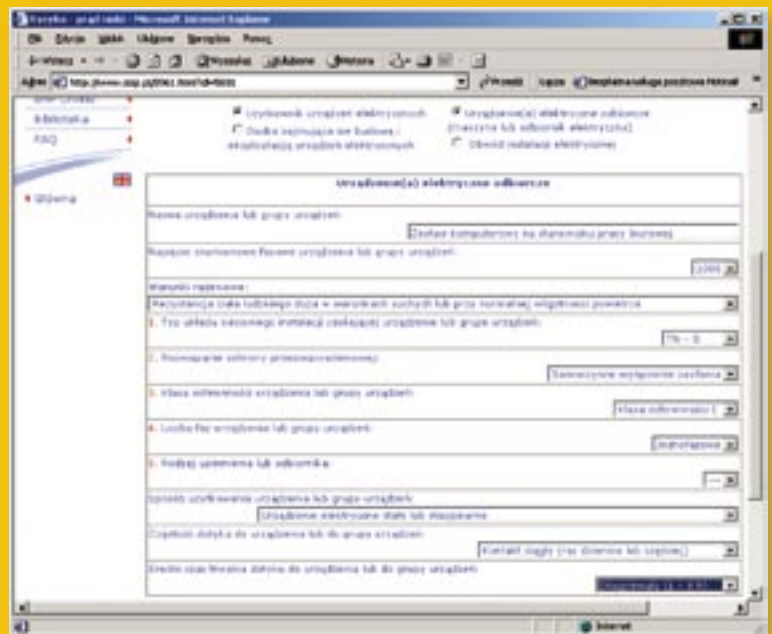
W artykule przedstawiono narzędzie internetowe przeznaczone do oceny ryzyka zawodowego związanego z porażeniem prądem elektrycznym niskiego napięcia. Oceny dokonuje się w sposób przyjazny dla użytkownika, wykorzystując dane zawarte w dokumentacji okresowych badań stanu technicznego urządzenia.

System IRYS może być wykorzystywany do oceny ryzyka zawodowego wielu grup czynników szkodliwych i uciążliwych występujących w środowisku pracy.

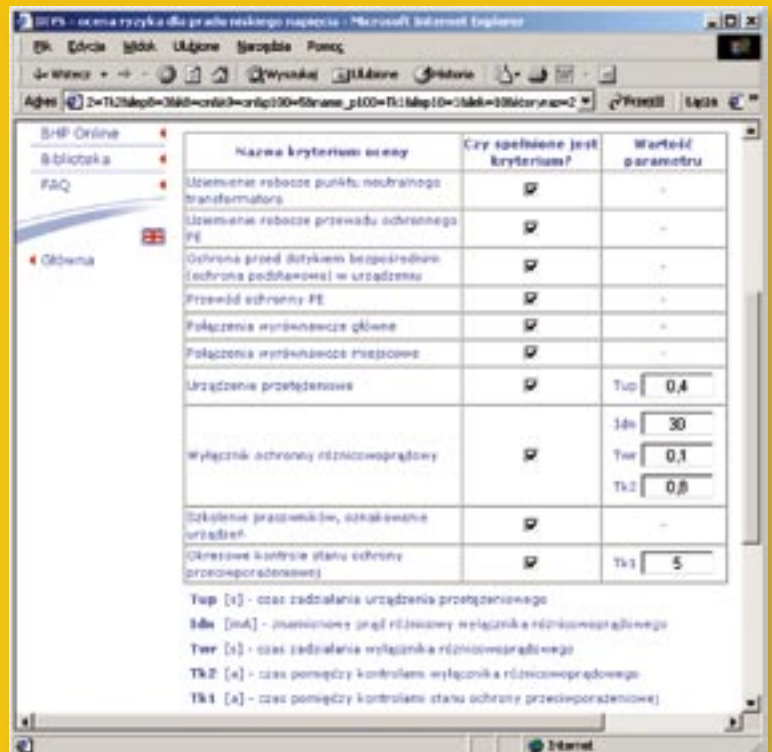
**PIŚMIENNICTWO**

- [1] Gierasimiuk J., Biernacki A., Myrcha K., Karski H. i inni. *Metodyka oceny ryzyka zawodowego związanego z urazami mechanicznymi i porażeniem prądem elektrycznym*. Program wieloletni (d. SPR-1), zadanie 01.2.3, (1998 – 2001)
- [2] Komiluk W., Sobolewski R. A. *Metoda oceny ryzyka zawodowego związaneego z porażeniem prądem elektrycznym przy urządzeniach niskiego napięcia*. „Pomiary. Automatyka. Kontrola”. R. 49, nr 10 (2004)
- [3] 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
- [4] PN-EN 1050 *Maszyny. Bezpieczeństwo. Zasady oceny ryzyka*
- [5] PN-N 18002 *Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy. Ogólne wytyczne do oceny ryzyka zawodowego*

Publikacja opracowana w ramach zadań służb państwowych objętych programem wieloletnim pt. „Dostosowywanie warunków pracy w Polsce do standardów Unii Europejskiej” dofinansowywanych przez Ministerstwo Gospodarki i Pracy w latach 2002 – 2004. Główny koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy



Rys. 6. Formularz przedstawiający wybór parametrów – przykład B  
Fig. 6. Form showing a selection of parameters for example B



Rys. 7. Formularz przedstawiający kryteria – przykład B  
Fig. 7. Form showing criteria for example B



Rys. 8. Formularz przedstawiający wynik – przykład B  
Fig. 8. Form showing the result for example B