

Włodzimierz KORNILUK, Robert A. SOBOLEWSKI
POLITECHNIKA BIAŁOSTOCKA, KATEDRA ELEKTROENERGETYKI

Metoda oceny ryzyka zawodowego związanego z porażeniem prądem elektrycznym przy urządzeniach niskiego napięcia

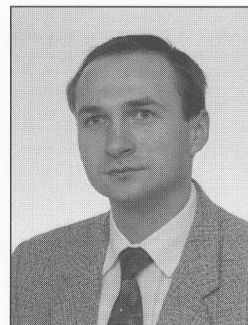
dr hab. inż. Włodzimierz KORNILUK
Profesor Politechniki Białostockiej



Ukończył Wydział Elektryczny Politechniki Warszawskiej w 1964 roku. Od 1965 roku pracuje w białostockiej uczelni technicznej, najpierw w Wyższej Szkole Inżynierskiej a od 1974 roku w Politechnice Białostockiej. Stopień doktora uzyskał na Politechnice Warszawskiej w 1976 roku. W latach 1978/79 pracował na stanowisku naukowo-badawczym w Elektroinstytucie „Milan Vidmar” w Lublanie. Odbił kilka staży naukowych w moskiewskich uczelniach technicznych. Rozprawę habilitacyjną obronił w Politechnice Wrocławskiej w 1994 roku. Od wielu lat zajmuje się zastosowaniem metod probabilistycznych w elektroenergetyce, w szczególności w zakresie modelowania ryzyka porażenia prądem elektrycznym. Opublikował ponad 100 prac, w tym dwie monografie.

e-mail: korniluk@pb.bialystok.pl

dr inż. Robert A. SOBOLEWSKI



W 1993 roku ukończył studia na Wydziale Elektrycznym Politechniki Białostockiej. W 2002 roku uzyskał stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie naukowej elektrotechnika, specjalność elektroenergetyka. Od 2003 roku pracuje na stanowisku adiunkta w Katedrze Elektroenergetyki Wydziału Elektrycznego Politechniki Białostockiej. Prowadzi badania naukowe z zakresu ilościowej analizy ryzyka porażenia prądem elektrycznym, ilościowej analizy niezawodności układów elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej oraz optymalizacji obsługi urządzeń elektrycznych.

e-mail: robsob@pb.bialystok.pl

Streszczenie

W artykule omówiono, zastosowane w opracowanej ilościowej metodzie oceny ryzyka zawodowego związanego z porażeniem prądem elektrycznym przy urządzeniach niskiego napięcia, metodykę identyfikacji zagrożeń porażeniowych, probabilistyczne modele przeznaczone do obliczania ryzyka porażeniowego zasady ustalania priorytetów w planie działań korygujących oraz przebieg wspomaganej komputerowo oceny tego ryzyka.

Abstract

In this paper issues related to the quantitative method of occupational risk assessment of electric shock associated with low voltage equipment are presented: methodologies of hazard identification and risk calculation thanks to the probabilistic models, principles of developing priorities for corrective plan and run of process of occupational risk assessment of electric shock related to low voltage equipment.

Słowa kluczowe: ocena ryzyka zawodowego, modelowanie matematyczne ryzyka, porażenie prądem elektrycznym

Keywords: occupational risk assessment, mathematical modeling of risk, electric shock

1. Wprowadzenie

Obowiązkiem prawnym każdego pracodawcy jest dokonywanie oceny ryzyka zawodowego związanego ze wszystkimi zagrożeniami występującymi w środowisku pracy, w tym również porażeniami prądem elektrycznym.

Proces oceny ryzyka zawodowego według normy [1] obejmuje cztery zasadnicze etapy: (1) identyfikację zagrożeń, (2) oszacowanie ryzyka, (3) wyznaczenie dopuszczalności ryzyka i (4) opracowanie planu działań korygujących. Mając na uwadze wymagania tej normy przyjęto założenie, że metoda oceny ryzyka zawodowego związanego z porażeniem prądem elektrycznym pracownika użytkującego urządzenia niskiego napięcia ma umożliwić:

- sprawdzenie, czy ryzyko porażeniowe ograniczone jest do poziomu dopuszczalnego poprzez zastosowanie wymaganej ochrony przeciwporażeniowej, badanie kontrolne stanu tej ochrony, przeszkolenie pracownika oraz oznakowanie urządzeń;
- ustalenie, w razie potrzeby, priorytetów działań zmierzających do redukcji ryzyka.

W artykule przedstawiono opracowaną [2,3] metodę ilościowej oceny ryzyka zawodowego związanego z porażeniem prądem elektrycznym pracownika użytkującego na stanowisku pracy urządzenia niskiego napięcia o częstotliwości 15 – 100 Hz. Omówiono zastosowaną metodykę identyfikacji zagrożeń, modele przeznaczone do szacowania ryzyka porażeniowego, zasady ustalania priorytetów w działaniach korygujących oraz przebieg procesu oceny ryzyka za pomocą zaimplementowanej komputerowo metody [2].

2. Metodyka identyfikacji zagrożeń

Opracowana metodyka identyfikacji zagrożeń, związanych z użytkowaniem przez pracownika *i* – tego urządzenia elektrycznego (urządzenia odbiorczego lub obwodu instalacji elektrycznej) polega na: (1) ustaleniu przewidywanych zdarzeń i stanów oraz czynników, mających wpływ na ryzyko porażeniowe oraz (2) stwierdzeniu faktycznej obecności przewidywanych stanów.

Przy ustalaniu przewidywanych zdarzeń i stanów oraz czynników, mających wpływ na ryzyko porażeniowe pracownika użytkującego *i* – te urządzenie, brano pod uwagę spodziewane mechanizmy „dostawania się” tego pracownika pod działanie prądu elektrycznego i rodzaj wywołanych skutków, idee funkcjonowania ochrony przed porażeniem, wymagania norm [4,5] i przepisów [6,7] oraz zawodność technicznych środków ochrony i zawodność ludzką. Przykładowo, przewidywanymi zdarzeniami są uszkodzenia środków ochrony przeciwporażeniowej, dotyczy do części czynnych i przewodzących dostępnych, natomiast przewidywanymi stanami – braki wymaganych środków ochrony, brak wymaganych badań kontrolnych stanu ochrony przeciwporażeniowej i brak przeszkolenia w zakresie bezpieczeństwa użytkowania urządzeń elektrycznych. Do czynników zaliczają się, między innymi, utrzymywanie się uszkodzeń środków ochrony do momentu badań kontrolnych stanu ochrony lub do zajścia rażenia, odstępy czasu między badaniami kontrolnymi oraz niewykrywanie uszkodzeń środków ochrony i nielikwidowanie wykrytych uszkodzeń. Przewidywane zdarzenia i stany oraz czynniki ustalono [2,3] dla sześciu wariantów danych. Uwzględniają one kombinacje stosowanych środków ochrony przeciwporażeniowej oraz istotnych cech technicznych urządzeń odbiorczych, instalacji je zasilających oraz obwodów instalacji elektrycznych decydujących o funkcjonowaniu ochrony przeciwporażeniowej.

Stwierdzanie faktycznej obecności przewidywanych stanów odbywa się za pomocą tzw. kryteriów oceny bezpieczeństwa porażeniowego. Polega na zadeklarowaniu przez oceniającego ryzyko,

zgodnie ze stanem rzeczywistym, spełnienia bądź niespełnienia poszczególnych kryteriów. Kryteria oceny bezpieczeństwa porażeniowego potraktowano jako identyfikatory odpowiednich cech wymaganych zgodnie z normami [4,5] i przepisami [6,7] zespołu środków organizacyjno – technicznych ochrony ludzi przed porażeniem prądem elektrycznym. Podobnie jak w przypadku przewidywanych zdarzeń i stanów oraz czynników, mających wpływ na ryzyko porażeniowe, opracowano zestawy kryteriów dla sześciu wariantów danych [2,3].

3. Metodyka szacowania ryzyka porażeniowego

Oszacowanie ryzyka porażeniowego związanego z użytkowaniem przez pracownika i – tego urządzenia R_{Si} oraz ryzyka porażeniowego związanego z użytkowaniem wszystkich rozpatrywanych urządzeń R_S polega na obliczeniu każdego z nich za pomocą odpowiednich modeli matematycznych. Przyjęto, że miarami ryzyka są prawdopodobieństwa śmiertelnego porażenia prądem elektrycznym w jednorocznym przedziale czasu użytkowania przez pracownika i – tego urządzenia (R_{Si}) i wszystkich rozpatrywanych urządzeń (R_S).

Zgodnie z normą [1] ryzyko porażeniowe R_{Si} obliczane jest jako kombinacja miary zagrożenia, tj. prawdopodobieństwa wystąpienia rażenia prądem elektrycznym i miary skutków – prawdopodobieństwa wystąpienia śmiertelnych skutków patofizjologicznych rażenia prądem elektrycznym. Przyjęto, że śmiertelnymi skutkami rażenia mogą być fibrylacja komór sercowych albo niemożność samouwolnienia się rażonego spod działania prądu elektrycznego (w przypadku urządzeń elektrycznych ręcznych lub przenośnych i przy rażeniu długotrwałym nieograniczonym dopuszczalnym czasem działania środków ochrony).

Opracowane modele probabilistyczne przeznaczone do obliczania ryzyka porażeniowego R_{Si} mają struktury hybrydowe [2,3]. Zasadniczą strukturę tych modeli stanowi model scenariuszy porażeniowych, graficznie odwzorowany w postaci tzw. drzewa zdarzeń. Uogólnioną strukturę modelu scenariuszy porażeniowych przedstawiono na rys. 1. W strukturze tej wyróżnionych jest r zdarzeń rażenia prądem elektrycznym ($R1... Rm... Rr$), stany niezawodnościowe środków ochrony przeciwporażeniowej ograniczających skutki rażenia poprzez zmniejszenie wartości prądu rażeniowego lub skrócenie czasu trwania rażenia ($SO1$ i $SO2$) i zdarzenia polegające na wystąpieniu skutków patofizjologicznych rażenia (SK). Prawdopodobieństwa wystąpienia każdego ze scenariuszy porażeniowych podane są w ostatniej kolumnie.

Struktura modelu scenariuszy porażeniowych w postaci analitycznej wyraża miarę ryzyka porażeniowego związane z użytkowaniem i – tego urządzenia i opisana jest następującą zależnością

$$R_{Si} = 1 - \prod_{m=1}^r (1 - Q_{Rm} \cdot Q_{SKm}) \quad (1)$$

gdzie: r – liczba rozpatrywanych sytuacji rażenia prądem elektrycznym (sytuacji rażeniowych),

Q_{Rm} – prawdopodobieństwo wystąpienia m – tej sytuacji rażeniowej,

Q_{SKm} – prawdopodobieństwo wystąpienia śmiertelnych skutków patofizjologicznych rażenia, związanych z m – tą sytuacją rażeniową.

Prawdopodobieństwo Q_{SKmu} , zgodnie z rys. 1, obliczane jest z następującej zależności

$$Q_{SKm} = (1 - Q_{SO1}) \cdot (1 - Q_{SO2}) \cdot Q_{SKm1} + Q_{SO1} \cdot (1 - Q_{SO2}) \cdot Q_{SKm2} + (1 - Q_{SO1}) \cdot Q_{SO2} \cdot Q_{SKm3} + Q_{SO1} \cdot Q_{SO2} \cdot Q_{SKm4} \quad (2)$$

gdzie: Q_{SO1} i Q_{SO2} – prawdopodobieństwo wystąpienia stanu niezdatności środków ochrony ograniczających skutki rażenia odpowiednio $SO1$ i $SO2$,

$Q_{SKm1}, \dots, Q_{SKm4}$ – prawdopodobieństwa wystąpienia określonych skutków patofizjologicznych rażenia prądem elektrycznym dla poszczególnych kombinacji stanów niezawodnościowych środków ochrony ograniczających skutki rażenia.

Do obliczania prawdopodobieństw Q_{Rm} oraz Q_{SO1} i Q_{SO2} (w skrócie Q_{SON}) wykorzystywane są opracowane modele probabilistyczne oparte na procesach markowskich, zamieszczone w pracach [2,3].

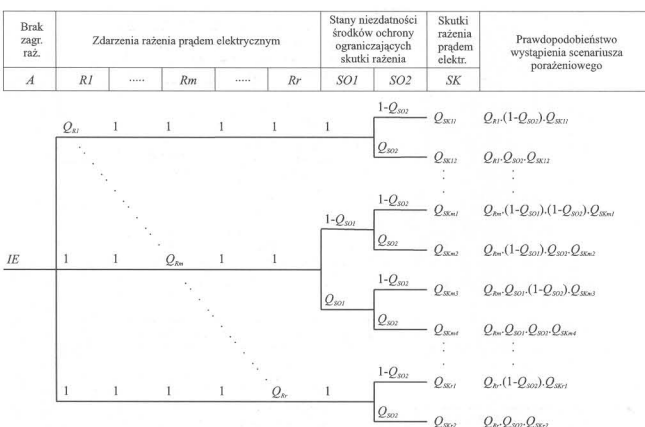
Modele opisujące prawdopodobieństwo Q_{Rm} pozwalają na uwzględnienie następujących przewidywanych stanów i czynników:

- braku lub zawodności środka ochrony przeciwporażeniowej przed dotykem bezpośrednim albo pojawiania się innego typu uszkodzenia powodującego obecność napięcia dotykowego spodziewanego na częściach przewodzących dostępnych,
- utrzymywania się określonego uszkodzenia do zajścia rażenia lub do momentu badań kontrolnych stanu ochrony przeciwporażeniowej,
- dotyków do części przewodzących,
- przeszkolenia w zakresie bezpieczeństwa użytkowania urządzeń elektrycznych,
- niewykrywania uszkodzeń środka ochrony i nielikwidowania jego wykrytych uszkodzeń.

Modele opisujące prawdopodobieństwo Q_{SON} umożliwiają natomiast uwzględnienie takich stanów i czynników, jak:

- brak lub zawodność środka ochrony ograniczającego skutki rażenia,
- utrzymywanie się uszkodzenia środka ochrony do momentu badań kontrolnych stanu ochrony,
- niewykrywanie uszkodzeń środka ochrony i nielikwidowanie jego wykrytych uszkodzeń.

Do obliczania prawdopodobieństw $Q_{SKm1}, \dots, Q_{SKm4}$ (w skrócie Q_{SKmu}) wykorzystano, opisane w pracy [8], modele probabilistyczne impedancji ciała ludzkiego i prądów wywołujących fibrylację komór sercowych oraz niemożności samouwolnienia się rażonego. Modele te pozwalają na uzależnienie wyznaczonych prawdopodobieństw od takich istotnych parametrów, jak wartość napięcia dotykowego, czas trwania rażenia oraz warunki środowiskowe wpływające na impedancję ciała ludzkiego. Wartość napięcia dotykowego uwarunkowana jest napięciem znamionowym urządzenia, typem układu sieci zasilającej, rodzajami zastosowanych środków ochrony przeciwporażeniowej, obecnością uziemień roboczych i połączeń wyrównawczych oraz rezystancją stanowiska i zastosowaniem urządzenia do kontroli stanu izolacji w sieci



Rys. 1. Uogólniona struktura modelu scenariuszy porażeniowych [3]. Opis oznaczeń w tekście

Fig. 1. General structure of model of electric shock scenarios [3]. Notations in the text

o układzie IT. Czas trwania rażenia wynika z zastosowanych środków ochrony: przed dotykiem pośrednim, równoczesnej ochrony przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim lub ochrony uzupełniającej. Warunki środowiskowe wpływające na wartość impedancji ciała ludzkiego, związane są z wilgotnością naskórka i drogą rażenia i przyporządkowane są tzw. warunkom rażeniowym.

Modele probabilistyczne opisujące prawdopodobieństwa Q_{Rm} , Q_{SOm} i Q_{SKmu} odwzorowują wpływ faktycznej obecności przewidywanych stanów na ryzyko porażeniowe, poprzez powiązanie parametrów tych modeli z kryteriami oceny bezpieczeństwa porażeniowego. Wpływ na ryzyko R_{Si} spełnienia bądź niespełnienia poszczególnych kryteriów oceny bezpieczeństwa porażeniowego odwzorowywany jest na zasadzie zmiany wartości powiązanych z tymi kryteriami parametrów modelu matematycznego, wykorzystywanego do obliczania tego ryzyka. Przykładowo parametrami powiązanych z kryteriami oceny bezpieczeństwa porażeniowego są prawdopodobieństwa braku wymaganych środków ochrony przeciwporażeniowej (przyjmują wartości 0 albo 1), oraz współczynniki korygujące wartość napięcia dotykowego wynikające z zastosowania uziemień i połączeń wyrównawczych.

Ryzyko porażeniowe związane z użytkowaniem n urządzeń elektrycznych obliczane jest ze wzoru

$$R_S = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_{Si}) \quad (3)$$

4. Zasady ustalania priorytetów w planie działań korygujących

Priorytety działań zmierzających do ograniczenia ryzyka porażeniowego ustalone są na podstawie tzw. rankingów ważności – poszczególnych urządzeń elektrycznych z punktu widzenia powodowania ryzyka porażeniowego R_S i kryteriów oceny bezpieczeństwa porażeniowego z punktu widzenia ograniczania ryzyka porażeniowego R_{Si} . Rankingi ważności wyznaczane są na podstawie przyjętych odpowiednich miar ważności.

Ranking ważności i – tego urządzenia elektrycznego w powodowanie ryzyka porażeniowego R_S wyznaczany jest na podstawie miary ważności wyrażonej analitycznie następującym wzorem [2]

$$IMP_{Ui} = \frac{R_S - R_S(R_{Si} = 0)}{\sum_{i=1}^n [R_S - R_S(R_{Si} = 0)]} \cdot 100\% \quad (4)$$

gdzie: $R_S(R_{Si} = 0)$ – ryzyko porażeniowe związane z użytkowaniem wszystkich rozpatrywanych urządzeń obliczane przy założeniu, że $R_{Si} = 0$.

Zgodnie z miarą ważności opisaną wzorem (4) najbardziej znaczące zmniejszenie ryzyka R_S uzyska się poprzez ograniczenie ryzyka R_{Si} związanego z użytkowaniem urządzenia o najwyższej ważności w rankingu.

Ranking ważności j – tego kryterium oceny bezpieczeństwa porażeniowego z punktu widzenia ograniczania ryzyka R_{Si} wyznaczany jest na podstawie następującej miary ważności [2]

$$IMP_{Kij} = \log \frac{R_{Sij}}{R_{Si}} \quad (5)$$

gdzie: R_{Sij} – ryzyko porażeniowe związane z użytkowaniem i – tego urządzenia obliczone przy założeniu, że j – te kryterium nie jest spełnione.

Miara ważności wyrażona wzorem (5) określa stopień ograniczenia ryzyka R_{Si} przez j – te kryterium oceny bezpieczeństwa porażeniowego. Ważność niespełnionego kryterium jest równa zero. Im ta ważność w rankingu jest większa tym wyższy jest stopień ograniczania ryzyka przez to kryterium.

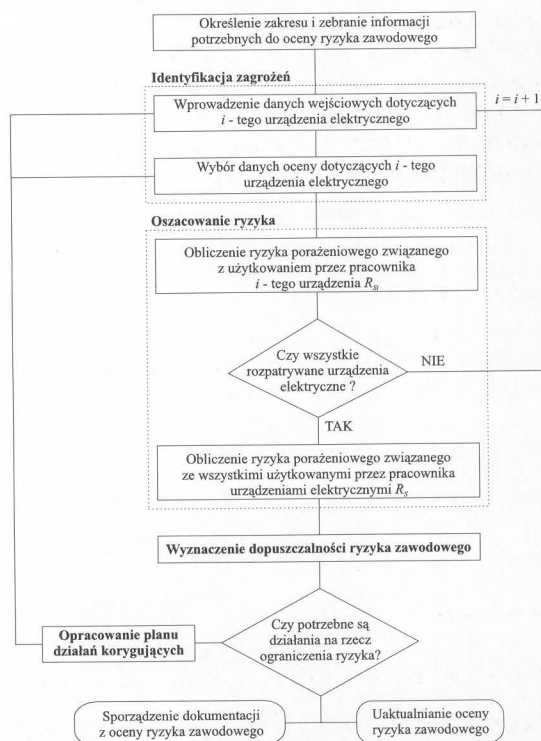
5. Przebieg procesu oceny ryzyka zawodowego z wykorzystaniem opracowanej metody

Przebieg procesu oceny ryzyka zawodowego związanego z porażeniem prądem elektrycznym pracownika użytkującego urządzenie niskiego napięcia, z wykorzystaniem systemu komputerowego STER z zaimplementowaną metodą oceny tego ryzyka [2], przedstawiono na rys. 2.

We wstępnym etapie procesu oceny ryzyka określany jest zakres oceny (rozpatrywane dla danego pracownika urządzenia elektryczne odbiorcze lub/i obwody instalacji elektrycznych) i zbierane są informacje potrzebne do jej przeprowadzenia (dotyczą między innymi warunków środowiskowych w miejscach użytkowania urządzeń, istotnych cech i parametrów technicznych tych urządzeń, zastosowanych środków ochrony przeciwporażeniowej itd.).

W następnym etapie procesu oceny ryzyka dokonywana jest identyfikacja zagrożeń, związanych z użytkowaniem przez pracownika i – tego urządzenia elektrycznego. Realizacja tego etapu, mająca na celu ustalenie przewidywanych zdarzeń i stanów oraz czynników a także stwierdzenie faktycznej obecności przewidywanych stanów, odbywa się poprzez wprowadzenie danych wejściowych i wybór danych oceny.

Dane wejściowe, dotyczące i – tego urządzenia elektrycznego podzielone są na dane ogólne (zakład, wydział, stanowisko, czynnik zagrożenia – prąd elektryczny do 1 kV) i dane szczegółowe. Przykładowo, gdy i – tym urządzeniem jest urządzenie odbiorcze wprowadzane są w kolejno następujące dane szczegółowe [2,3]: (1) miejsce użytkowania urządzenia, (2) warunki rażeniowe, (3) klasa ochronności urządzenia, (4) rozwiązanie ochrony przeciwporażeniowej przed dotykiem pośrednim lub rozwiązanie równoczesnej ochrony przeciwporażeniowej przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim, (5) liczba faz urządzenia, (6) sposób użytkowania urządzenia, (7) napięcie znamionowe fazowe urządzenia, (8) rodzaj prądu (przebiegienny o częstotliwości 15 – 100 Hz), (9) typ układu sieciowego instalacji zasilającej urządzenie, (10) częstotliwość dotyku do urządzenia i (11) czas trwania dotyku do urządzenia.



Rys. 2. Przebieg procesu oceny ryzyka zawodowego związanego z porażeniem prądem elektrycznym użytkownika urządzeń niskiego napięcia [3]
Fig. 2. Run of the process of occupational risk assessment of electric shock related to low voltage equipment [3]

Wybór danych oceny odnoszących się do i – tego urządzenia elektrycznego obejmuje: dobór odpowiedniego zestawu kryteriów oceny bezpieczeństwa porażeniowego i zadeklarowanie, zgodnie z rzeczywistością, spełnienia bądź niespełnienia poszczególnych kryteriów w zestawie. Odpowiedni zestaw kryteriów oceny wybierany jest w zależności od wariantu wprowadzonych danych wejściowych szczegółowych (łącznie są sześćdziesiąt trzy warianty danych wejściowych).

Etap oszacowania ryzyka porażeniowego obejmuje obliczenie ryzyka porażenia prądem elektrycznym pracownika użytkującego i – te urządzenie R_{Si} a następnie ryzyka porażeniowego związanego z użytkowaniem wszystkich rozpatrywanych dla pracownika urządzeń R_S . Obliczanie ryzyka R_{Si} odbywa się za pomocą jednego z sześćdziesięciu trzech modeli matematycznych, opracowanych na podstawie modelu ogólnego przedstawionego w rozdz. 3. Wybór odpowiedniego modelu (struktury) jest uzależniony od wariantu wprowadzonych danych wejściowych, natomiast przyjęte wartości parametrów tego modelu wynikają z: (1) z góry ustalonych przez autorów metody oceny ryzyka wartości części parametrów, (2) wprowadzonych wartości parametrów jako dane wejściowe szczegółowe (napięcie znamionowe, intensywność i czas trwania dotyku) oraz (3) wartości parametrów odpowiadających zadeklarowanemu na etapie identyfikacji zagrożeń, spełnieniu lub niespełnieniu kryteriów oceny bezpieczeństwa porażeniowego. Ryzyko R_S obliczane jest za pomocą wzoru (3).

W kolejnym etapie procesu oceny ryzyka ma miejsce wyznaczenie dopuszczalności ryzyka zawodowego. Polega ono na porównaniu obliczonego ryzyka R_S z kryteriami dopuszczalności ryzyka śmiertelnego porażenia prądem elektrycznym użytkowników urządzeń niskiego napięcia. W oparciu o aktualny stan wiedzy przyjęto następujące kryteria dopuszczalności ryzyka:

- M – małe, gdy $R_S \leq 10^{-5}$ 1/rok, zawsze akceptowane,
- Ś – średnie, gdy 10^{-5} 1/rok $< R_S < 10^{-4}$ 1/rok, tolerowane przejściowo, redukcja potrzebna,
- D – duże, gdy $R_S \geq 10^{-4}$ 1/rok, niedopuszczalne użytkowanie i – tego urządzenia o dużym ryzyku R_{Si} .

Jeżeli w wyniku wyznaczenia dopuszczalności ryzyka zawodowego zostało ono sklasyfikowane jako duże, to w procesie oceny ryzyka następuje przejście do etapu opracowania planu działań korygujących. Ustalenie priorytetów w tym planie polega na: (1) wyodrębnieniu i – tego urządzenia elektrycznego spośród użytkowanych przez danego pracownika, dla którego ograniczenie ryzyka R_{Si} spowoduje najbardziej znaczące zmniejszenie ryzyka R_S , oraz (2) określeniu stopnia ograniczenia ryzyka związanego z wyodrębnionym i – tym urządzeniem R_{Si} przez każde ze spełnionych kryteriów oceny bezpieczeństwa porażeniowego. Wyodrębnianie i – tego urządzenia elektrycznego odbywa się na podstawie wyznaczenia rankingu ważności w oparciu o wzór (4), natomiast określanie stopnia ograniczenia ryzyka przez spełnione kryterium oceny bezpieczeństwa porażeniowego – na podstawie rankingu ważności bazującego na wyrażeniu (5). Ograniczenie ryzyka R_{Si} dla wyodrębnionego i – tego urządzenia elektrycznego można uzyskać między innymi następującymi sposobami: (1) podjąć praktyczne działania prowadzące do spełnienia kryteriów oceny bezpieczeństwa

porażeniowego, (2) wprowadzić częstsze badania kontrolne stanu ochrony przeciwporażeniowej, (3) zastosować uzupełniające środki ochrony przeciwporażeniowej lub (4) zastosować inne rodzaje środków ochrony przeciwporażeniowej przed dotykiem pośrednim.

Sporządzana w końcowym etapie procesu oceny ryzyka dokumentacja oceny ryzyka zawodowego ma postać kart oceny ryzyka zawodowego, zawierających syntetycznie zestawione dane wejściowe, dane oceny i rezultaty oceny.

5. Podsumowanie

Opracowana ilościowa metoda oceny ryzyka zawodowego związanego z porażeniem prądem elektrycznym użytkownika urządzeń niskiego napięcia spełnia główne cele przeprowadzania oceny ryzyka zawodowego oraz uwzględnia szczegółowe wymagania norm technicznych i przepisów prawnych dotyczących ochrony ludzi przed porażeniem prądem elektrycznym.

Do stwierdzenia faktycznej obecności niepożądanych stanów mających wpływ na ryzyko porażenia prądem elektrycznym zastosowano tzw. kryteria oceny bezpieczeństwa porażeniowego.

Ryzyko porażenia prądem elektrycznym związane z użytkowaniem danego urządzenia obliczane jest za pomocą opracowanych modeli probabilistycznych ryzyka o strukturach hybrydowych, w których zasadniczą strukturę stanowi model scenariuszy porażeniowych.

Ustalanie priorytetów działań zmierzających do ograniczenia ryzyka porażeniowego odbywa się na podstawie tzw. rankingów ważności.

Literatura

- [1] PN-N-18002 *Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy. Ogólne wytyczne do oceny ryzyka zawodowego.*
- [2] W. Korniluk, R. Sobolewski, B. Malinowski: *Badania sprawdzające projekt metodyki oceny ryzyka zawodowego związanego z porażeniem prądem elektrycznym niskiego napięcia dla potrzeb systemu STER.* Praca naukowo-badawcza wykonana na zlecenie Centralnego Instytutu Ochrony Pracy w Warszawie. Białystok 2000.
- [3] R. A. Sobolewski: *Metoda analizy ryzyka porażenia prądem elektrycznym użytkownika urządzeń niskiego napięcia.* Rozprawa doktorska. Politechnika Białostocka. Białystok 2002.
- [4] PN-IEC 60364 *Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych.*
- [5] PN-88/E-08501 *Urządzenia elektryczne. Tablice i znaki bezpieczeństwa.*
- [6] *Rozporządzenie Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 14.12.1994 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.* Dz.U. z 1995 r. nr 10, poz. 46, z późniejszymi zmianami.
- [7] *Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26.09.1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy.* Dz.U. z 1997 r. nr 129, poz. 844.
- [8] W. Korniluk: *Probabilistyczne metody oceny skuteczności ochrony przeciwporażeniowej w urządzeniach elektrycznych niskiego napięcia.* Rozprawy Naukowe Nr 17. Politechnika Białostocka 1993.

Title: The method of occupational risk assessment of electric shock associated with low-voltage equipment

Artykuł recenzowany

ZAPRASZAMY DO PRENUMERATY czasopisma PAK w 2005 roku PRENUMERATĘ I KOLPORTAŻ PROWADZĄ:

Redakcja POMIARY-AUTOMATYKA-KONTROLA,
ul. Świętokrzyska 14A p. 535, 00-050 Warszawa
tel./fax: (022) 827-25-40, e-mail: pak@data.pl, marketing: dorpak@data.pl

GARMOND PRESS SA
KOLPORTER SA

ul. Nakielska 3
ul. Strycharska 6

01-106 Warszawa
25-659 Kielce