

Politechnika Białostocka

Wydział Elektryczny

Katedra Elektroenergetyki

PRACA DYPLOMOWA MAGISTERSKA

Temat:

**SPRZĘT OCHRONNY STOSOWANY W EKSPLOATACJI
URZĄDZEŃ ELEKTROENERGETYCZNYCH W ŚWIETLE
WYMAGAŃ KRAJÓW UNII EUROPEJSKIEJ**

Promotor:

prof.dr hab.inż.Włodzimierz Korniluk

Dyplomant:

Jarosław Wiater

Białystok 2002

SPIS TREŚCI

1	Wstęp	7
2	Organizacja prac wykonywanych przy urządzeniach elektrycznych...	9
2.1	Wymagania ogólne.....	9
2.1.1	Kwalifikacje osób zatrudnionych przy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych	10
2.1.2	Dokumentacja techniczna	12
2.1.3	Rodzaje poleceń na pracę	15
2.1.4	Wydawanie poleceń pisemnych.....	17
2.1.5	Zakres i podział obowiązków wśród pracowników.....	18
2.1.6	Przygotowanie miejsca pracy i dopuszczenie do pracy	21
2.1.7	Wykonanie pracy, przerwy i jej zakończenie.....	25
2.1.8	Wykonywanie stałych czynności eksploatacyjno- konserwacyjnych przez wyznaczone osoby	28
2.1.9	Wykonywanie czynności łączeniowych oraz innych prac w pomieszczeniach ruchu elektrycznego	29
2.2	Organizacja prac wykonywanych w zakładach energetycznych ..	30
2.2.1	Wprowadzenie.....	30
2.2.2	Aktualny stan prawa w Polsce z punktu widzenia bezpieczeństwa pracy	31
2.2.3	Obowiązki zakładu pracy w zakresie BiHP	33
2.2.4	Obowiązki kierownika zakładu w zakresie BiHP.....	34
2.2.5	Obowiązki osób kierownictwa i dozoru w zakresie BiHP	34
2.2.6	Obowiązki pracowników w zakresie BiHP	34
2.2.7	Szkolenie pracowników w zakresie BiHP.....	35
2.2.8	Profilaktyczna ochrona zdrowia i opieka lekarska	35
2.2.9	Postępowanie w razie wypadku i czynności powypadkowe...	37
2.3	Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy w Unii Europejskiej	39
2.3.1	Stan prac normalizacyjnych za granicą.....	39
2.3.2	Opracowania w dziedzinie SZ BiHP w Unii Europejskiej	41
2.3.3	Regulacje prawne w Polsce dotyczące BiHP na tle przygotowań do członkostwa w Unii Europejskiej	42
2.4	Podsumowanie	43
3	Regulacje prawne w Unii Europejskiej oraz w Polsce dotyczące środków ochrony indywidualnej.....	45
3.1	Wstęp.....	45
3.2	Regulacje prawne dotyczące środków ochrony indywidualnej w Unii Europejskiej – „nowe podejście”	45

3.3	Dyrektywa 89/686/EWG o środkach ochrony indywidualnej	46
3.4	Wyroby podlegające dyrektywie	48
3.5	Zasadnicze wymagania w zakresie środków ochrony indywidualnej	50
3.6	Normy zharmonizowane	52
3.7	Przegląd polskich norm dotyczących sprzętu ochronnego zharmonizowanych z przepisami Unii Europejskiej	53
3.7.1	Polska Norma PN-EN 61243-1	53
3.7.2	Polska norma PN-EN 60903 +A11	53
3.7.3	Polska norma PN-EN 60855	54
3.7.4	Polska norma PN-EN 60984 +A11	54
3.7.5	Polska norma PN-EN 61230	55
3.7.6	Polska norma PN-IEC 895	56
3.7.7	Polska norma PN-EN 61235	56
3.7.8	Polska norma PN-IEC 743	57
3.7.9	Polska norma PN-EN 61219 (PN-IEC 1219)	57
3.7.10	Polska norma PN-IEC 832	58
3.8	Przegląd polskich norm dotyczących sprzętu ochronnego nie zharmonizowanych z przepisami Unii Europejskiej	59
3.8.1	Polska norma PN-88 E-08501	59
3.8.2	Polska norma PN-58 E-08504	59
3.8.3	Polska norma PN-79 E-08510	59
3.8.4	Polska norma PN-87 E-08506	60
3.8.5	Polska norma PN-80 E-08502	60
3.8.6	Polska norma PN-80 E-08503	60
3.8.7	Polska norma PN-88 E-08509	61
3.8.8	Polska norma PN-83 E-08508	61
3.9	Procedury oceny zgodności środków ochrony indywidualnej z zasadniczymi wymaganiami	62
3.10	Zestawienie elementów oceny zgodności dla poszczególnych kategorii środków ochrony indywidualnej	66
3.10.1	Wstęp	66
3.10.2	Dokumentacja techniczna	66
3.10.3	Badanie typu WE	67
3.10.4	Kontrola jakości wyrobu finalnego	68
3.10.5	System zapewnienia jakości produkcji	69
3.10.6	Deklaracja zgodności	69
3.10.7	Oznaczenie CE	70
3.10.8	Jednostki notyfikowane	71
3.11	Sposoby zapewnienia przestrzegania postanowień dyrektywy	72
3.12	Odpowiedzialność producenta za produkt	72
3.13	Nadzór rynku	74

3.14	Regulacje prawne w Polsce dotyczące środków ochrony indywidualnej.....	75
3.14.1	Wprowadzenie.....	75
3.14.2	Obowiązek stosowania Polskich Norm.....	75
3.14.3	Obowiązek certyfikacji na znak bezpieczeństwa B.....	76
3.14.4	Ochrona pracownika w miejscu pracy	78
3.15	Różnice pomiędzy obecnym systemem polskim a obowiązującym w Unii Europejskiej	78
3.16	Proces dostosowywania regulacji polskich do obowiązujących w Unii Europejskiej.....	81
3.17	Podsumowanie	82
4	Charakterystyka sprzętu ochronnego i prac wykonywanych przy jego użyciu	84
4.1	Wstęp	84
4.2	Ogólna charakterystyka sprzętu ochronnego	84
4.2.1	Rodzaje sprzętu ochronnego	84
4.2.2	Sprzęt izolacyjny	85
4.2.3	Sprzęt służący do stwierdzania obecności napięcia.....	90
4.2.4	Przenośne uziemiacze ochronne	96
4.2.5	Sprzęt zabezpieczający przed upadkiem z wysokości	100
4.2.6	Znaki i tablice bezpieczeństwa	103
4.2.7	Próby okresowe sprzętu ochronnego.....	104
4.3	Charakterystyka prac z wykorzystaniem sprzętu ochronnego....	105
4.3.1	Czynności łączeniowe	105
4.3.2	Sprawdzanie braku napięcia	106
4.3.3	Zakładanie i zdejmowanie uziemiaczy przenośnych i zwieraczy	107
4.3.4	Zakładanie i wyjmowanie wkładek bezpiecznikowych	110
4.3.5	Uzgadnianie faz	110
4.3.6	Wygradzanie i osłanianie części znajdujących się pod napięciem	111
4.3.7	Pomiary przyrządami na drążkach izolacyjnych	112
4.3.8	Prace kablowe - przecinanie kabli	112
4.3.9	Prace w miejscach o przekroczonych napięciach rażenia.....	112
4.4	Podsumowanie	113
5	Modelowanie matematyczne wypadku elektrycznego dla potrzeb analizy i oceny ryzyka zawodowego	114
5.1	Wstęp	114
5.2	Przegląd metod analizy ryzyka wypadku.....	114
5.2.1	Wstęp	114
5.2.2	Definicje	115
5.2.3	Cel i podstawowe koncepcje metod analizy ryzyka	116
5.2.4	Proces analizy ryzyka	117

5.2.5	Metody analizy ryzyka	118
5.2.6	Metoda FMEA.....	122
5.2.7	Metoda drzewa niezdatności (FTA) – Fault Tree Analysis ..	123
5.2.8	Metoda drzewa zdarzeń (ETA) – Event Tree Analysis	124
5.2.9	Metoda PHA - wstępna analiza zagrożenia.....	125
5.2.10	Ocena niezawodności człowieka (HRA) – Human Reliability Analysis	126
5.3	Niezawodność człowieka	128
5.4	Modele matematyczne oparte na procesie Markowa	135
5.5	Logiczno-probabilistyczne modelowanie powstawania wypadków porażień elektrycznych w sieciach z izolowanym punktem neutralnym	140
5.6	Zastosowanie drzewa uszkodzeń do modelowania matematycznego wypadku przy urządzeniach elektroenergetycznych wysokiego napięcia	142
5.6.1	Wstęp	142
5.6.2	Model wypadku elektrycznego	142
5.6.3	Uwagi końcowe	145
5.7	Zmodyfikowany model matematyczny wypadku przy eksploatacji urządzeń SN i WN ze szczególnym uwzględnieniem stosowanego sprzętu ochronnego.....	145
5.7.1	Wprowadzenie.....	145
5.7.2	Model matematyczny wypadku	145
5.7.3	Analiza ważności.....	149
5.7.4	Estymacja parametrów niezawodnościowych na podstawie danych statystycznych	150
5.7.5	Analiza modelu wypadku programem ISOGRAPH	153
5.8	Zastosowanie dyskryminacji logistycznej w połączeniu z teorią Bayes’a do analizy przyczyn wypadków elektrycznych	157
5.8.1	Wstęp	157
5.8.2	Analiza przyczyn z wykorzystaniem wielowymiarowej statystyki matematycznej – dyskryminacja logistyczna Bayes’a.....	158
5.8.3	Przykład zastosowania opracowanej metody	164
5.9	Podsumowanie	169
6	Podsumowanie i wnioski końcowe	171
7	Literatura.....	173

1 Wstęp

W ostatnich latach duży nacisk w energetyce postawiono na bezpieczeństwo pracy. Wiąże się z tym zastosowanie nowych rozwiązań technicznych, a co za tym idzie konieczność normalizacji ich parametrów technicznych. Można postawić tezę, że znajomość metod zapewnienia należytego poziomu bezpieczeństwa przy pracy z urządzeniami elektroenergetycznymi jest tak samo ważna, jak sam fakt dostarczania energii elektrycznej odbiorcom. Członkostwo Polski w strukturach zintegrowanej Europy oraz bezpieczeństwo człowieka ukazuje potrzebę zajmowania się tym problemem oraz ogrom obszaru do praktycznego wykorzystania omówionych przepisów i wymagań w codziennej praktyce inżynierskiej.

Celem tej pracy jest przedstawienie zasad bezpiecznej organizacji pracy przy urządzeniach elektroenergetycznych, roli stosowanego podczas jej wykonywania sprzętu ochronnego oraz normalizacji prawnej dotyczącej sprzętu ochronnego w Unii Europejskiej.

Zakres pracy obejmuje:

1. Szczegółową charakterystykę zasad odnośnie organizacji bezpiecznej pracy przy urządzeniach elektroenergetycznych oraz stosowanego przy tym sprzętu ochronnego.
2. Przegląd regulacji prawnych i norm w Unii Europejskiej oraz w Polsce dotyczących sprzętu ochronnego stosowanego przy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych.
3. Charakterystykę sprzętu ochronnego stosowanego w eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych i prac wykonywanych przy jego użyciu.
4. Przedstawienie modeli matematycznych wypadku podczas pracy przy i w pobliżu urządzeń elektroenergetycznych.

Do realizacji pracy wykorzystano obowiązujące przepisy omawiające ogólne i szczegółowe zasady eksploatacji, instrukcji i organizacji pracy przy urządzeniach elektroenergetycznych, wytycznych Unii Europejskiej w zakresie stosowanego sprzętu ochrony indywidualnej. Wykorzystano także Polski dorobek naukowy publikowany w czasopiśmie naukowych, na międzynarodowych konferencjach naukowo-technicznych organizowane m.in. przez SEP, Politechnikę Wrocławską. Nawiązano współpracę z Zakładem Doświadczalnym Instytutu Energetyki

w Białymstoku. Do analizy przyczyn wypadków wykorzystano ostatnio wyprodukowany program FaultTree+ 9.0 firmy IsoGraph ściągnięty z Internetu, mimo iż jest to wersja demonstracyjna okazała się być zupełnie wystarczającą – jedyne ograniczenie jakie zostało wprowadzone przez producentów to brak możliwości zapisu na dysk pracy.

2 Organizacja prac wykonywanych przy urządzeniach elektrycznych

2.1 Wymagania ogólne

Ustawa - Kodeks pracy [10] wymaga, aby maszyny i urządzenia techniczne zapewniały bezpieczeństwo i higieniczne warunki pracy, w szczególności, aby zabezpieczały pracownika przed urazami, działaniem niebezpiecznych substancji chemicznych, porażeniem prądem elektrycznym, nadmiernym hałasem, szkodliwymi wstrząsami, działaniem wibracji, promieniowaniem oraz szkodliwym i niebezpiecznym działaniem innych czynników środowiska pracy. Kodeks pracy nakłada obowiązek na konstruktorów, aby maszyny i inne urządzenia techniczne spełniały wyżej wymienione wymagania, przy czym, gdy ich konstrukcja zależy od warunków lokalnych, obowiązek ten przechodzi na pracodawcę, także i zapewnienie prawidłowego ich funkcjonowania zarówno w czasie ich uruchamiania jak i podczas eksploatacji [2].

Organizacja pracy przy urządzeniach elektroenergetycznych zależy zarówno od wartości (wysokości) napięcia przesyłania jak i rodzaju eksploatowanych urządzeń (stacje, sieci, odbiorniki energii), charakteru wykonywanych prac (dozór, obsługa, usługi) oraz kwalifikacji i składu służb energetycznych w przedsiębiorstwie (zakładzie) [2]. W dalszej części pracy przedstawione będą główne zasady organizacji pracy. Podstawowe wymagania stawiane osobom odnośnie kwalifikacji i sposobu prowadzenia bezpiecznej pracy zgodnej z przepisami BHP, unormowaniami prawnymi ustanowionymi na mocy ustawy oraz rozporządzeń właściwych ministerstw.

Eksploatację sieci, instalacji i urządzeń elektroenergetycznych należy prowadzić zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz szczegółowymi zasadami eksploatacji, w sposób zapewniający właściwe i zgodne z przeznaczeniem wykorzystanie tych urządzeń, racjonalne i oszczędne użytkowanie energii, bezpieczeństwo obsługi i otoczenia oraz zachowanie wymagań ochrony środowiska.

Osoby zajmujące się eksploatacją urządzeń elektroenergetycznych prowadzą prawidłową, bezpieczną i ekonomiczną eksploatację tych urządzeń odpowiednio do zakresu czynności ustalonych przez kierownika zakładu oraz instrukcji eksploatacji.

Stan techniczny urządzeń elektroenergetycznych, ich zdolność do dalszej pracy i warunki eksploatacji powinny być poddawane ocenie

technicznej w terminach ustalonych w przepisach technicznych i w szczegółowych zasadach eksploatacji lub instrukcjach eksploatacji, wyniki oceny stanu technicznego urządzeń elektroenergetycznych powinny być odnotowane w dokumentacji technicznej [2].

2.1.1 Kwalifikacje osób zatrudnionych przy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych

Osoby zajmujące się eksploatacją urządzeń i instalacji elektrycznych muszą posiadać odpowiednie kwalifikacje. Kwalifikacje te są określone w zarządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 16 marca 1998 r. i ogłoszone w Dz.U. Nr 59, poz. 377 z 1998 roku [3]. Przepisów zarządzenia nie stosuje się do osób zatrudnionych przy eksploatacji urządzeń i instalacji energetycznych w :

- zakładach górniczych w zakresie uregulowanym przepisami Prawa Górniczego,
- związanych z ruchem drogowym, lotniczym i żegluga śródlądową oraz na statkach morskich,
- w zakresie uregulowanym odrębnymi przepisami.

Eksploatacją urządzeń i instalacji energetycznych mogą zajmować się osoby, które oprócz wymagań wynikających z taryfikatorów kwalifikacyjnych spełniają dodatkowe wymagania kwalifikacyjne w zakresie gospodarki energetycznej. Dodatkowe wymagania kwalifikacyjne dotyczą osób zatrudnionych na stanowiskach pracy [8]:

- kierownictwa, do których zalicza się kierowników komórek organizacyjnych oraz pracowników sprawujących nadzór nad eksploatacją urządzeń i instalacji energetycznych,
- dozoru, do których zalicza się pracowników technicznych, kierujących czynnościami osób zajmujących się bezpośrednio obsługą, konserwacją bądź naprawami urządzeń i instalacji energetycznych oraz wykonywaniem prac kontrolno-pomiarowych i montażowych,
- eksploatacji, do których zalicza się pracowników wykonujących w ramach czynności służbowych prace w zakresie obsługi, konserwacji i napraw urządzeń i instalacji energetycznych oraz kontrolno-pomiarowe i montażowe.

Dodatkowe wymagania kwalifikacyjne w zakresie gospodarki energetycznej dla osób zajmujących się eksploatacją urządzeń i instalacji

energetycznych obejmują znajomość [8]:

- dla osób kierownictwa:

- a) przepisów w zakresie przyłączania urządzeń i instalacji energetycznych do wspólnej sieci, dostarczania paliw i energii oraz dysponowania mocą tych urządzeń i instalacji,
- b) przepisów w zakresie programowania pracy urządzeń i instalacji energetycznych z uwzględnieniem zasad racjonalnego i oszczędnego użytkowania paliw i energii oraz możliwości obniżenia poboru mocy i zużycia paliw i energii,
- c) przepisów eksploatacji urządzeń i instalacji energetycznych oraz wymagań w zakresie prowadzenia dokumentacji technicznej i eksploatacyjnej tych urządzeń i instalacji,
- d) przepisów budowy urządzeń i instalacji energetycznych oraz norm i warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać te urządzenia i instalacje,
- e) przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy oraz bezpieczeństwa pożarowego, z uwzględnieniem udzielania pierwszej pomocy oraz wymagań ochrony środowiska,
- f) zasad postępowania w razie awarii, pożaru lub innego zagrożenia bezpieczeństwa ruchu i otoczenia.

- dla osób dozoru [8]:

- a) przepisów, wymagań i zasad określonych w punkcie powyższym (podpunkty c,d,e,f),
- b) przepisów w zakresie stosowania instrukcji eksploatacji urządzeń i instalacji energetycznych,
- c) programowania pracy urządzeń i instalacji energetycznych z uwzględnieniem zasad racjonalnego i oszczędnego użytkowania paliw i energii,
- d) dysponowania mocą urządzeń i instalacji energetycznych przyłączonych do wspólnej sieci,
- e) zasad wykonywania prac kontrolno-pomiarowych i montażowych.

- dla osób eksploatacji [8]:

- a) zasad budowy i działania oraz warunków technicznych urządzeń i instalacji energetycznych,
- b) zasad eksploatacji oraz instrukcji eksploatacji urządzeń i instalacji energetycznych,
- c) ogólnych zasad racjonalnej i oszczędnej gospodarki energetycznej,

- d) wykonywania prac kontrolno-pomiarowych i montażowych,
- e) stosowania zasad i wymagań bezpieczeństwa pracy i bezpieczeństwa przeciwpożarowego oraz udzielania pierwszej pomocy,
- f) instrukcji w zakresie postępowania w razie awarii lub innego zagrożenia bezpieczeństwa obsługi i otoczenia.

Spełnienie dodatkowych wymagań kwalifikacyjnych stwierdza się na podstawie egzaminu obejmującego sprawdzenie znajomości przepisów i zasad, z uwzględnieniem rodzaju wykonywanej pracy przez osobę ubiegającą się o stwierdzenie dodatkowych kwalifikacji oraz rodzaju eksploatowanych przez nią urządzeń i instalacji energetycznych [2].

Szczegółową tematykę egzaminu ustala jednostka organizacyjna upoważniona do prowadzenia egzaminów.

Sprawdzenie spełnienia dodatkowych wymagań kwalifikacyjnych na podstawie egzaminu podlega powtórzeniu [8]:

- a) okresowo co 5 lat,
- b) na wniosek kierownika zakładu, inspektora pracy, Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki lub innego organu właściwego w sprawie regulacji gospodarki paliwami i energią w razie stwierdzenia, że eksploatacja jest prowadzona niezgodnie z obowiązującymi przepisami.

Osoby pełniące funkcję kierownictwa i dozoru nad eksploatacją urządzeń elektroenergetycznych o napięciu znamionowym do 1 kV lub powyżej, uzyskują odpowiednie zaświadczenie kwalifikacyjne „D”, upoważniające do określonych prac. Analogicznie, osoby wykonujące czynności eksploatacyjne przy urządzeniach elektroenergetycznych o napięciu do 1 kV lub powyżej, winny posiadać odpowiednie zaświadczenia kwalifikacyjne „E”, upoważniające do określonych prac [8].

2.1.2 *Dokumentacja techniczna*

Dla każdego obiektu budowlanego i urządzenia energetycznego prowadzi się dokumentację techniczną, która powinna być na bieżąco aktualizowana.

Do dokumentacji technicznej (w zależności od rodzaju urządzenia energetycznego) zalicza się w szczególności [9]:

- a) dokumentację techniczną powykonawczą,
- b) dokumentację fabryczną,
- c) dokumentację eksploatacyjną.

Dokumentacja techniczna powykonawcza, adekwatnie do przebiegu procesu inwestycyjnego i projektowania, obejmuje następujące stadia [9,11]:

- Koncepcja projektowa - dla opracowania wniosku o wydanie warunków zabudowy i zagospodarowania terenu, a później projektu budowlanego,
- Projekt budowlany - dla uzyskania decyzji o pozwolenie na budowę,
- Projekt podstawowy - dla uzyskania opinii i uzgodnień i po ich uzyskaniu dla przedstawienia inwestorowi informacji o przewidywanych rozwiązaniach projektowych w celu uzgodnienia i wykorzystania przez inwestora do przygotowania i realizacji inwestycji,
- Projekt techniczny (wykonawczy) - dla uszczegółowienia projektu podstawowego i zatwierdzonego projektu budowlanego w zakresie niezbędnym dla realizacji budowy,
- Dokumentacja budowy - zawierająca: pozwolenie na budowę, projekt budowlany, dziennik budowy, protokoły odbiorów częściowych i końcowych, projekt podstawowy i wykonawczy, dziennik montażu, dokumentację fabryczną i w razie potrzeby instrukcje obsługi i eksploatacji obiektu, instalacji i urządzeń związanych z tym obiektem,
- Dokumentacja powykonawcza - zawiera dokumentację budowy z naniesionymi zmianami dokonanymi w toku budowy oraz z geodezyjnymi pomiarami powykonawczymi i protokół odbioru końcowego obiektu budowlanego.

Dokumentacja fabryczna dostarczona przez dostawcę urządzeń energetycznych w zakresie ustalonym odrębnymi przepisami lub w drodze porozumienia między dostawcą a odbiorcą urządzeń energetycznych, obejmująca w szczególności [11]:

- świadectwa, karty gwarancyjne,
- fabryczne instrukcje obsługi,
- opisy techniczne oraz rysunki konstrukcyjne, montażowe i zestawieniowe.

Dokumentacja eksploatacyjna zawiera [9]:

- pozwolenie na użytkowanie obiektu budowlanego,
- dokumentację powykonawczą,
- dokumentację fabryczną,

- dokumenty przyjęcia urządzeń energetycznych do eksploatacji, w tym protokoły przeprowadzonych prób i pomiarów oraz protokoły rozruchu i ruchu próbnego tych urządzeń,
- instrukcje eksploatacji urządzeń energetycznych, książki i raporty pracy urządzeń, obejmujące parametry i ich zapisy w określonym czasie, umożliwiające ocenę sprawności energetycznej urządzeń i instalacji, bądź poziomu strat paliw i energii lub poboru mocy i energii elektrycznej,
- dokumenty dotyczące oględzin, przeglądów, konserwacji napraw i remontów urządzeń,
- protokoły zawierające opisy rodzaju i zakresu uszkodzeń i napraw,
- wykazy sprzętu specjalnego i narzędzi specjalnych lub nietypowych niezbędnych do wykonywania prac eksploatacyjnych, napraw i remontów urządzeń.

Instrukcja eksploatacji urządzenia energetycznego powinna zawierać [1]:

- ogólną charakterystykę techniczną urządzenia,
- niezbędne warunki techniczne eksploatacji urządzenia,
- określenie czynności związanych z uruchomieniem, obsługą w czasie pracy i zatrzymaniem urządzenia w warunkach normalnej eksploatacji,
- wymagania w zakresie konserwacji i napraw urządzenia,
- wymagania postępowania w razie awarii, pożaru lub innych zakłóceń w pracy urządzenia,
- zakresy i terminy wykonywania zapisów ruchowych (wskazania aparatury kontrolno-pomiarowej, manipulacje ruchowe i inne),
- zakresy i terminy przeprowadzania oględzin, przeglądów oraz prób i pomiarów,
- wymagania dotyczące ochrony przed porażeniem, pożarem, wybuchem oraz inne wymagania w zakresie bezpieczeństwa obsługi i otoczenia,
- wymagania dotyczące kwalifikacji osób zajmujących się eksploatacją,
- inne wymagania określone odrębnymi przepisami.

Instrukcja ta powinna również zawierać wykaz niezbędnego sprzętu ochronnego oraz informacje o środkach łączności.

Instrukcję eksploatacji urządzenia energetycznego ustala kierownik zakładu.

Urządzenie elektroenergetyczne może być przyjęte do eksploatacji po stwierdzeniu [9]:

- a) kompletności dokumentacji technicznej,
- b) gotowości urządzenia do eksploatacji zgodnie z wymaganiami ustalonymi w założeniach techniczno-ekonomicznych i projekcie technicznym (dokumentacji uproszczonej),
- c) przygotowania do eksploatacji urządzenia i jego miejsca pracy zgodnie z określonymi warunkami technicznymi oraz wymaganiami bezpieczeństwa i higieny pracy, przeciwpożarowymi i ochrony środowiska (np. na drzwiach lub pokrywach rozdzielni powinny być namalowane farbą parametry zasilania, zabezpieczeń, kierunków linii i odbiorców),
- d) uzyskania pozytywnych wyników przeprowadzonych prób i pomiarów parametrów technicznych oraz sprawdzeniu działania i poprawnej pracy poszczególnych urządzeń i ich zespołów,
- e) uzyskania pozytywnych wyników pomiarów kontrolnych oraz rozruchu i ruchu próbnego,
- f) spełnienia warunków sanitarnych, socjalno-bytowych oraz bezpieczeństwa i higieny pracy, określonych przepisami szczególnymi,
- g) zapewnienia odpowiedniej liczby osób zajmujących się eksploatacją oraz środków i materiałów niezbędnych do prowadzenia eksploatacji określonego urządzenia.

Przyjęcie urządzenia energetycznego do eksploatacji powinno być potwierdzone protokołem, po ustaleniu, że nie zawiera ono żadnych braków lub usterek. Protokół ten powinien być podpisany przez kierownika zakładu przyjmującego urządzenie energetyczne, lub osobę przez niego upoważnioną [2].

2.1.3 Rodzaje poleceń na pracę

Prace przy urządzeniach elektroenergetycznych z uwagi na niebezpieczeństwo porażenia prądem elektrycznym, a nawet utraty życia, muszą być wykonywane z zachowaniem szczególnej ostrożności oraz przestrzeganiem warunków określonych przepisami BHP.

Bez polecenia mogą być wykonywane [2]:

- czynności związane z ratowaniem życia lub zdrowia ludzkiego,
- czynności związane z likwidacją przerw w dostarczaniu energii,

- czynności związane z ratowaniem urządzeń przed zniszczeniem,
- czynności eksploatacyjne określone w szczegółowych instrukcjach stanowiskowych i eksploatacyjnych m.in. oględziny oraz prace związane z likwidacją lub zapobieżeniem powstania przerw w dostawie energii elektrycznej.

Prace wykonywane bez polecenia nie wymagają uzyskania zgody na ich rozpoczęcie od osób sprawujących dozór nad eksploatacją urządzeń elektroenergetycznych.

Na polecenie pisemne należy wykonywać [2]:

- prace wykonywane w warunkach szczególnego zagrożenia życia lub zdrowia ludzkiego z wyjątkiem prac (czynności) określonych w szczegółowych instrukcjach stanowiskowych i eksploatacyjnych,
- prace szczególnie niebezpieczne w warunkach danego zakładu pracy, wynikające ze stanu technicznego urządzeń, pomieszczeń itp., mimo że nie są zaliczane do prac w warunkach szczególnego zagrożenia dla zdrowia i życia ludzkiego, jeżeli kierownictwo zakładu lub polecniodawca uzna w danym przypadku za właściwe.

Na polecenie ustne należy wykonywać te prace, które nie wymagają polecenia pisemnego. Polecenie ustne może być wydane: bezpośrednio, przez telefon lub radiowęzeł przez osoby sprawujące kierownictwo lub dozór nad eksploatacją urządzeń elektroenergetycznych.

Do prac wykonywanych w warunkach szczególnego zagrożenia zdrowia i życia ludzkiego w przypadku urządzeń elektroenergetycznych w szczególności są zaliczane przede wszystkim prace [1]:

- konserwacyjne lub remontowe przy urządzeniach znajdujących się całkowicie lub częściowo pod napięciem,
- wykonywane w pobliżu nie osłoniętych urządzeń elektroenergetycznych lub ich części znajdujących się pod napięciem,
- przy wyłączonym spod napięcia torze dwutorowej elektroenergetycznej linii napowietrznej o napięciu 1 kV i wyższym jeżeli drugi tor linii pozostaje pod napięciem,
- przy wyłączonych spod napięcia elektroenergetycznych liniach napowietrznych, które krzyżują się z liniami znajdującymi się pod napięciem,
- przy wykonywaniu prób i pomiarów z wyłączeniem prac wykonywanych stale przez wyznaczonych pracowników w ustalonych miejscach pracy (laboratoria, stacje prób),

- przy jonizatorach radioaktywnych i wysokonapięciowych stosowanych do neutralizacji ładunków elektrostatycznych,
- konserwacyjne lub remontowe przy urządzeniach elektroenergetycznych znajdujących się w pobliżu urządzeń technologicznych (nieelektrycznych), których nie można wyłączyć z ruchu na czas wykonywania prac, a ruch ich może zagrozić bezpieczeństwu wykonywania prac,
- wewnątrz elektrofiltrów,
- wymagające wyjęcia wirnika generatora (prądnicy) oraz jego naprawy i wyważenia,
- przy zastosowaniu spawania oraz inne prace wymagające posługiwania się otwartym źródłem ognia, wykonywane w pomieszczeniach zagrożonych niebezpieczeństwem pożaru lub wybuchu.

2.1.4 *Wydawanie poleceń pisemnych*

Polecenie pisemne na wykonywanie pracy i dopuszczenie do pracy wydaje zawsze zakład pracy, w którym mają być wykonywane prace przy urządzeniach elektroenergetycznych. Gdy prace są wykonywane przez pracowników z innych zakładów, poleceniodawca wystawia polecenia na podstawie pisemnych ustaleń z zakładem delegującym pracowników, dołączając do polecenia imienny spis delegowanych z podaniem ich kwalifikacji [1].

W imieniu zakładu polecenie pisemne wystawia osoba kierownictwa lub dozoru posiadająca ważne zaświadczenie kwalifikacyjne oraz imienne upoważnienie wystawione przez kierownika zakładu, do wydawania poleceń wykonywania pracy przy określonych urządzeniach.

Do obowiązków poleceniodawcy należy [2]:

- podjęcie decyzji o konieczności wykonania pracy,
- określenie zakresu, rodzaju i terminu wykonania pracy,
- określenie miejsca (strefy), w którym ma być wykonana praca oraz podstawowych wymagań dotyczących środków i warunków wykonania pracy (zarówno w miejscu pracy, jak i bezpośrednim sąsiedztwie),
- określenie liczby zespołów pracowników do wykonania pracy oraz liczby pracowników w poszczególnych zespołach,
- wyznaczenie osób do zorganizowania i kierowania pracami,
- wystawienie polecenia na piśmie przy poleceniu pisemnym.

Poleceniodawca wystawia polecenie pisemne imiennie w dwóch egzemplarzach dla następujących osób [2]:

- kierownika robót (gdy polecenie jest wystawione dla kilku zespołów pracowników),
- kierującego zespołem (gdy polecenie jest wystawione dla jednego zespołu pracowników wykonujących usługi),
- nadzorującego (gdy polecenie jest wystawione dla zespołu pracowników pomocniczych).

Oryginał polecenia pisemnego otrzymuje osoba, dla której imiennie wystawiono polecenie, kopię zaś dopuszczający. Polecenie pisemne wystawia się zawsze dla robót wykonywanych w jednym obiekcie (np. budynku lub hali produkcyjnej, stacji elektroenergetycznej, linii elektroenergetycznej) [1].

W poleceniu pisemnym należy określić, czy prace będą wykonywane po całkowitym wyłączeniu napięcia, czy też na urządzeniach lub w pobliżu urządzeń znajdujących się całkowicie lub częściowo pod napięciem. Należy wymienić również narzędzia lub sprzęt specjalny, które będą używane przy pracy oraz dodatkowe wymagania wynikające z instrukcji o eksploatacji urządzeń [2].

Polecenie pisemne jest ważne w czasie określonym przez poleceniodawcę. Może ono być wystawione na cały czas trwania robót lub przedłużone, jeżeli warunki pracy nie ulegają zmianom. Jakikolwiek zmiany w poleceniu pisemnym wprowadzić może jedynie poleceniodawca.

W każdym zakładzie należy prowadzić ewidencję wydanych poleceń ustnych i pisemnych. Ewidencja taka może być prowadzona wspólnie dla całego zakładu, dla grupy komórek organizacyjnych lub dla poszczególnych komórek organizacyjnych w zakładzie [2].

Polecenia pisemne (oryginały i kopie) dotyczące zakończonych prac należy przechowywać przez dwa miesiące od zakończenia prac.

2.1.5 Zakres i podział obowiązków wśród pracowników

Osoba wydająca polecenie wykonania pracy przy urządzeniach elektroenergetycznych w zależności od potrzeb wyznacza [2]:

- a) koordynującego - spośród pracowników ruchu elektrycznego, który posiada świadectwo [4] kwalifikacyjne dozoru. Funkcja ta jest konieczna w przypadku, gdy w zakładzie istnieje rozbudowany układ elektroenergetyczny, który wymaga dokonania wyłączenia przez różne osoby i gdy przygotowanie miejsca pracy wymaga decyzji

różnych jednostek organizacyjnych lub wykonywanych przez zespoły pracowników (brygady) różnych zakładów (przedsiębiorstw).

Do obowiązków koordynującego należy [2]:

- skoordynowanie przewidzianych do wykonania prac z ruchem urządzeń będących w gestii różnych jednostek organizacyjnych,
 - określenie niezbędnych czynności łączeniowych,
 - wydania zezwolenia na rozpoczęcie przygotowania miejsca pracy i rozpoczęcie robót,
 - zapisanie ustaleń w dzienniku operacyjnym.
- b) dopuszczającego - spośród pracowników ruchu elektrycznego, który ma świadectwo D lub E najczęściej będzie nim dyżurny stacji lub rozdzielni. Funkcja ta jest konieczna do każdej pracy wykonywanej na polecenie. Dopuszczający ma obowiązek nie tylko przygotowania i wskazania miejsca pracy brygadzie, lecz także zastosowania właściwych środków zapewniających bezpieczne wykonywanie pracy wyznaczonej w poleceniu, a po jej zakończeniu - zlikwidowania miejsca pracy,
- c) nadzorującego - imiennie spośród pracowników, którzy mają świadectwo D lub E. Funkcja ta jest konieczna w przypadku, gdy prace są wykonywane w warunkach szczególnego zagrożenia przez zespół nieelektryków, np. prace ślusarskie, malarskie itp. lub, gdy prace usługowe wykonywane są w rozdzielni zakładu przemysłowego przez pracowników z innych jednostek organizacyjnych.

Do obowiązków nadzorującego należy sprawdzenie prawidłowości przygotowania miejsca pracy i czuwanie nad bezpiecznym wykonaniem pracy. Nadzorujący nie może brać udziału w pracy [2]:

- d) kierownika robót - również wyznacza się imiennie spośród pracowników posiadających świadectwo D lub E. Funkcję tę wyznacza się w przypadku, gdy w obiekcie pracuje więcej niż jedna brygada na podstawie jednego polecenia pisemnego.

Do obowiązków kierownika robót należy sprawdzenie zastosowania przez pracowników podległych brygad właściwych technicznych środków, zapewniających bezpieczne wykonanie pracy. Wyjaśnienie pracownikom

warunków wykonania pracy oraz koordynacja pracy między poszczególnymi brygadami.

- e) kierującego zespołem - brygadzystę, wykonawcę robót wyznacza się także imiennie, spośród pracowników - którzy mają świadectwo E, do bezpośredniego kierowania zespołem pracowników. W zespole mogą brać udział osoby pomocnicze, nie posiadające świadectw kwalifikacyjnych (uczniowie, którzy nie odbyli jeszcze wymaganego stażu pracy, itp.) pod warunkiem, że dla każdego pracownika pomocniczego przydzielony zostanie „opiekun” z ważnym świadectwem kwalifikacyjnym.

Do obowiązków brygadzysty jako wykonawcy robót należy [6]:

- stwierdzenie, że podlegli mu pracownicy mają kwalifikacje potrzebne do wykonania poleconej pracy (ważne świadectwo kwalifikacyjne),
- omówienie z pracownikami brygady sposobu i zasad bezpiecznego wykonania pracy oraz sprawdzenie prawidłowości przygotowania miejsca pracy (przez dopuszczającego) w celu zapewnienia właściwych zasad BHP,
- zapewnienie, aby wszyscy pracownicy stosowali właściwy sprzęt ochronny i odzież ochronną,
- nadzór nad pracą wykonywaną przez pracowników zespołu.

Obowiązkiem każdego pracownika wchodzącego w skład brygady (zespołu) jest [6]:

- wykonywanie prac określonych w poleceniu,
- postępowanie przy wykonywaniu pracy zgodnie z wymaganiami przepisów i zasad BHP,
- używanie przydzielonej odzieży ochronnej i roboczej oraz sprzętu ochrony osobistej zgodnie z ich przeznaczeniem,
- ściśle przestrzeganie wskazówek udzielonych przez dopuszczającego przy dopuszczaniu do pracy oraz przez kierującego zespołem przy instruktażu, a także uwag nadzorującego, jeżeli nadzorujący został wyznaczony,
- nie opuszczanie miejsca pracy bez zgody kierującego zespołem.

W pewnych warunkach niektóre funkcje przy organizowaniu prac, tj. poleceniodawcy, koordynującego, dopuszczającego i wykonawcy (brygadzysty) mogą być łączone, przy czym osoba, która przejmuje

połączone funkcje, ma obowiązek wykonywania wszystkich prac należących do poszczególnych funkcji.

Warunkiem jest jednak, że dopuszczającym nie może być wykonawca (brygadzysta) ani kierownik robót, natomiast brygadzysta (wykonawca) może pełnić dodatkowo funkcję kierownika robót dla dwóch lub trzech brygad, jeżeli zezwoli na to poleceniodawca.

Poleceniodawca może pełnić dodatkowo funkcje [6]:

- koordynującego - przy organizowaniu prac na polecenie pisemne,
- koordynującego oraz dopuszczającego - przy organizowaniu prac na polecenie ustne.

Koordynujący (o ile jest wyznaczony) może pełnić dodatkowo funkcję dopuszczającego zarówno przy organizowaniu prac na polecenie pisemne, jak i ustne.

Dopuszczający może pełnić dodatkowo funkcję nadzorującego przy organizowaniu prac na polecenie pisemne (przy pracach na polecenie ustne nie wyznacza się nadzorującego).

Przy wykonywaniu prac przy sieciach i w stacjach bez stałej obsługi zezwala się, aby dopuszczający za zgodą kierującego zespołem i poleceniodawcy, był włączony do zespołu wykonującego prac, ale po przygotowaniu miejsca pracy i dopuszczeniu do pracy. Dopuszczający musi być w tym przypadku wyznaczony imiennie przez poleceniodawcę. Dopuszczającym nie może być kierujący zespołem ani kierownik robót [2].

2.1.6 Przygotowanie miejsca pracy i dopuszczenie do pracy

Miejsce pracy, w którym mają być wykonane prace powinno być odpowiednio zabezpieczone i przygotowane. Przygotowanie miejsca pracy polega na [6]:

- uzyskaniu zezwolenia na rozpoczęcie przygotowań,
- wyłączeniu i odłączeniu spod napięcia,
- zastosowaniu odpowiedniego zabezpieczenia przed przypadkowym załączeniem napięcia,
- sprawdzeniu wskaźnikiem neonowym braku napięcia,
- założeniu przenośnych uziemień lub zamknięciu noży uziemiających w miejscu pracy,
- wywieszeniu tablic ostrzegawczych, oznaczeniu miejsca pracy i ogrodzeniu urządzeń pod napięciem.

Wyłączenie urządzeń spod napięcia należy dokonać w taki sposób, aby uzyskać widoczną przerwę w obwodach zasilających urządzenie. Przepisy dopuszczają, aby widoczna przerwa znajdowała się poza miejscem pracy. Za widoczną przerwę izolacyjną uważa się [2]:

- widoczne otwarcie zestyków odłącznika lub rozłącznika na odległość bezpieczną,
- wyjęcie wkładek bezpiecznikowych,
- rozłączenie przewodów lub szyn zasilających.

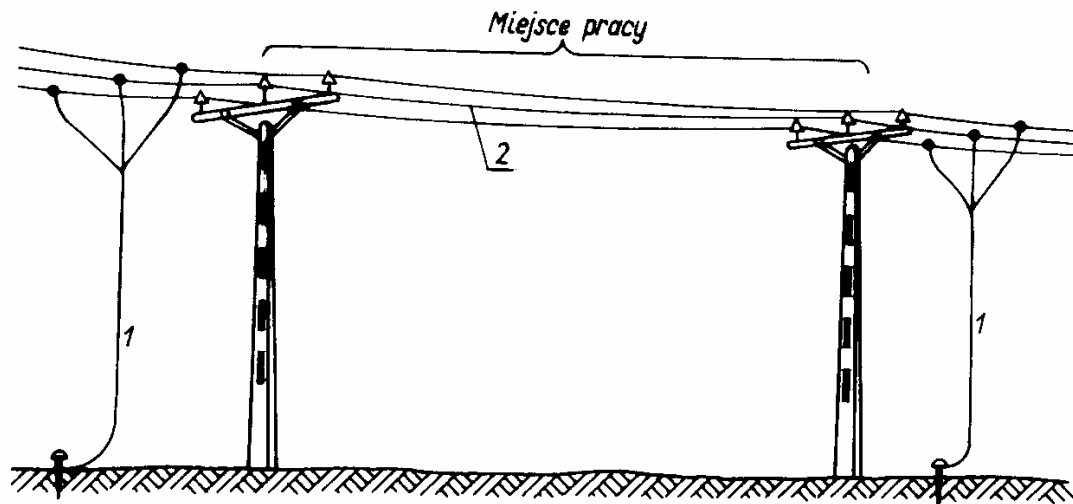
Jednocześnie wymagane jest przed przystąpieniem do pracy [6]:

- zastosować odpowiednie zabezpieczenia przed przypadkowym załączeniem napięcia,
- sprawdzić stan napięcia w wyłączonym obwodzie,
- uziemić wyłączone urządzenie,
- wywiesić odpowiednie tablice ostrzegawcze.

Zabezpieczenie przed przypadkowym załączeniem napięcia polega na ustawieniu wkładek izolujących między otwarte styki łączników w urządzeniach o napięciu do 1 kV lub na zablokowaniu łącznika w urządzeniach o napięciu powyżej 1 kV. Przy odłącznikach słupowych napęd odłącznika należy blokować zamykając go specjalną kłódką. Jeżeli nie jest możliwe właściwe zabezpieczenie łącznika, to należy wyznaczyć pracownika zobowiązanego do nieprzerwanego czuwania, aby nie dopuścić do załączenia napięcia [1].

Sprawdzenie braku napięcia wykonuje się przez dotknięcie wskaźnikiem (neonowym, akustycznym) lub woltomierzem odizolowanej części obwodu elektrycznego w miejscu, w którym założy się uziemiacz do galwanicznego połączenia z ziemią oraz tam, gdzie będą pracować ludzie. Należy również sprawdzić stan napięcia w tych częściach obwodów elektrycznych, w których praca będzie wykonywana bez nałożenia uziemień [1].

Dopiero po stwierdzeniu braku napięcia należy przystąpić do uziemienia obwodu elektrycznego za pomocą przenośnych uziemiaczy lub uziemnikiem zainstalowanym na stałe. Uziemiacze przenośne należy zakładać ze wszystkich stron, skąd może pojawić się napięcie, przy czym co najmniej jedno uziemienie powinno być widoczne z miejsca pracy – rys.2.1 [2].



Rys. 2.1 Przenośne uziemianie po obu stronach miejsca pracy na trasie linii napowietrznej: 1-przenośne uziemianie, 2-przewody linii napowietrznej [2]

Przy wykonywaniu pracy na jednym torze linii dwutorowej, gdy drugi tor pozostaje pod napięciem uziemienie należy założyć na przewody wyłączanego toru na każdym słupie, na którym będą prowadzone roboty lub na najbliższych słupach, po obydwu stronach miejsca pracy (niezależnie od uziemień w miejscach wyłączenia linii) [2].

Uziemienia urządzeń lub ich części należy dokonać niezwłocznie po stwierdzeniu braku napięcia. Należy najpierw przyłączyć uziemiacz do uziomu, a następnie przyłączyć zaciski uziemiacza do poszczególnych faz linii (przy odłączaniu należy postępować w odwrotnej kolejności).

Miejsce pracy powinno być odpowiednio oznakowane. Oznaczając miejsce pracy i wywieszając tablice ostrzegawcze należy przestrzegać następujących zasad [6]:

1. Nie osłonięte części urządzeń elektroenergetycznych znajdujące się w pobliżu miejsca pracy i nie wyłączone spod napięcia należy ogrodzić lub osłonić.
2. Przenośne ogrodzenia należy ustawić tak, aby odstęp między ogrodzeniami a nie osłoniętymi częściami znajdującymi się pod napięciem nie były mniejsze niż:

1,5 m - przy napięciu 20 kV i niższym,
 2,5 m - przy napięciu wyższym od 20 kV do 110 kV,
 3,5 m - przy napięciu 220 kV,

4,5 m - przy napięciu 400 kV,
6,0 m - przy napięciu 750 kV.

3. W rozdzielniach wewnętrznych i innych pomieszczeniach wewnętrznych, w których napięcia nie przekraczają 15 kV, mogą być ustawione osłony w odległości nie mniejszej od określonej w pkt. 2, aż do zetknięcia się z częściami nie osłoniętymi będącymi pod napięciem, pod warunkiem, że osłony stanowią przegrody izolacyjne, spełniające wymagania techniczne potwierdzone atestem. Osłony te należy zakładać przy użyciu sprzętu ochronnego, a w przypadkach, w których nic jest możliwe wykonanie tego w sposób bezpieczny - należy urządzenie wyłączyć spod napięcia i uziemić na czas ustawiania osłon.
4. W stacjach napowietrznych i wewnętrznych przejścia, przez które personel wykonujący prace nie powinien przechodzić, należy ogrodzić linią niemetalową. Na linie zagrządzającej przejście należy wywiesić tablice ostrzegawcze zakazujące przechodzenie przez ogrodzenie w miejscu pracy z napisem „Miejsce pracy”.
5. Przy wykonywaniu pracy na jednym wyłączonym torze linii dwutorowej, gdy drugi pozostaje pod napięciem, tor znajdujący się pod napięciem należy oznaczyć pomarańczowymi chorągiewkami ostrzegawczymi o wymiarach 0,6x0,6 m umieszczonymi na drążkach drewnianych o długości całkowitej 0,8m. Chorągiewki należy mocować na słupach, na których będą prowadzone prace, 2,5m poniżej dolnego przewodu (odległość liczona w pionie po stronie toru będącego pod napięciem oraz przy wejściu na każdy poprzecznik tego toru).

Bez wyłączenia napięcia zezwala się na wykonanie prac [6]:

- a) polegających na wymianie w obwodach o napięciu do 1 kV wkładek bezpiecznikowych i żarówek lub świetlówek o nieuszkodzonej obudowie i oprawie,
- b) przy wykonywaniu prób i pomiarów w sposób określony w instrukcjach eksploatacyjnych,
- c) w innych przypadkach nie określonych w a) i b) wyłącznie przy zastosowaniu specjalnych środków przewidzianych w instrukcjach o eksploatacji, które zapewniają bezpieczne wykonywanie pracy.

Za obwód do 1 kV, w którym wymiana wkładek bezpiecznikowych, żarówek i świetlówek bez wyłączania napięcia nie jest zaliczane do prac w

warunkach szczególnego zagrożenia dla zdrowia i życia ludzkiego, należy rozumieć każdy obwód o napięciu roboczym do 1 kV łącznie z tablicami i rozdzielnicami, jeżeli wykonywane w/w czynności nie wiążą się [6]:

- z wchodzeniem na słupy lub inne konstrukcje wsporcze (nie dotyczy to czynności wykonywanych z drabin samojezdnych lub drabin drewnianych dostawnych),
- z pracami wykonywanymi w pobliżu nie osłoniętych urządzeń elektroenergetycznych znajdujących się pod napięciem.

Dopuszczenie do pracy dokonuje się po przygotowaniu miejsca pracy i polega na [2]:

- sprawdzeniu tożsamości i zaświadczeń (świadczeń) kwalifikacyjnych osób wymienionych w poleceniu pisemnym lub ustnym,
- wskazaniu brygadzie wykonawczej miejsca pracy,
- udowodnieniu brygadzie braku napięcia w miejscu pracy,
- sprawdzeniu razem z wykonawcą lub kierownikiem robót, czy zachowane zostały w miejscu pracy właściwe zabezpieczenia i inne warunki BHP,
- podpisaniu przez dopuszczającego i wykonawcę oryginału polecenia znajdującego się u kierownika, nadzorującego lub brygadzysty (wykonawcy).

2.1.7 Wykonanie pracy, przerwy i jej zakończenie

Przy urządzeniach elektrycznych wszystkie prace muszą być wykonane w sposób gwarantujący jej bezpieczeństwo. Szczególnie należy pamiętać, że [6]:

- zabrania się rozszerzania zakresu prac ponad to, co zostało określone w poleceniu,
- zabrania się pracownikom zespołu wykonawczego samowolnego przesuwania ogrodzeń, zdejmowania tablic ostrzegawczych oraz przenoszenia osłon zabezpieczających,
- zabrania się przechodzenia poza wyznaczoną strefę robót, szczególnie zabrania się przechodzenia poza ogrodzenia,
- miejsce pracy powinno być dobrze oświetlone,
- do prac należy wykorzystywać sprzęt ochronny oraz odzież ochronną odpowiednią dla danej pracy,

- zabrania się w czasie pracy przy urządzeniach będących pod napięciem używania metalowych miar oraz nieizolowanych narzędzi.

Przy pracy na wysokościach należy przestrzegać następujących zasad [2]:

- wchodzenie na słupy dozwolone jest po sprawdzeniu ich stanu,
- na wysokości wolno jest pracować po zabezpieczeniu się pasem bezpieczeństwa,
- pracującym na wysokości zabrania się podrzucania jakichkolwiek przedmiotów,
- praca na wysokości winna być wykonana minimum przez dwóch pracowników, przy czym jeden musi znajdować się na ziemi i posiadać sprzęt umożliwiający szybkie udzielenie pomocy.

Przy pracy na dwutorowej linii napowietrznej, gdy jeden z torów pozostaje pod napięciem, należy dodatkowo stosować się do następujących zaleceń [6]:

- zabrania się prac na liniach napowietrznych w czasie zbliżającej się burzy, deszczu bądź wichury,
- zabrania się zdejmowania lub przekładania chorągiewek ostrzegawczych,
- zabrania się wchodzenia na słupy od strony toru będącego pod napięciem,
- zabrania się przechodzenia na poprzeczniki toru będącego pod napięciem,
- zabrania się układania na poprzeczniku linii będącej pod napięciem jakichkolwiek przedmiotów.

Jeżeli na czas sprawdzenia np. działania łączników konieczne jest zdjęcie przenośnych uziemień, to zezwala się na zdjęcie częściowo lub całkowicie uziemień przenośnych w miejscu pracy, pod warunkiem zastosowania organizacji jak dla robót wykonywanych w warunkach szczególnego zagrożenia [1].

Osoby sprawujące nadzór w czasie wykonywania prac powinny stosować się do następujących zasad [6]:

1. Od chwili przystąpienia do pracy zespołu pracowników, bezpośredni nadzór nad bezpieczeństwem pracowników należy do kierującego zespołem lub nadzorującego, gdy nadzorujący został wyznaczony.

2. Nadzorującemu nie wolno wykonywać jakiegokolwiek innej pracy oprócz czuwania nad bezpieczeństwem nadzorowanych osób.
3. Kierującemu zespołem pracowników lub nadzorującemu nie wolno samotnie pozostawać w miejscu pracy (przy wykonywaniu prac w warunkach szczególnego zagrożenia zdrowia i życia ludzkiego).
4. Kierujący zespołem pracowników, o ile nie został wyznaczony nadzorujący, nie powinien brać bezpośredniego udziału w pracy zespołu, lecz powinien pełnić tylko nadzór nad pracownikami tego zespołu w przypadku wykonywania prac:
 - przy wyłączonym spod napięcia torze dwutorowej elektroenergetycznej linii napowietrznej, jeżeli drugi tor linii pozostaje pod napięciem;
 - przy urządzeniach elektroenergetycznych znajdujących się w pobliżu urządzeń technologicznych, których nie można wyłączyć z ruchu na czas wykonywania prac, a ruch ich może zagrażać bezpieczeństwu wykonywania prac.

W przypadku konieczności odejścia z miejsca pracy kierującego zespołem lub nadzorującego, przy wykonywaniu prac w warunkach szczególnego zagrożenia zdrowia i życia ludzkiego, gdy nie jest możliwe zastąpienie tych osób przez kierownika robót, to cały zespół powinien opuścić miejsce pracy.

Przerwy w pracy, podczas których brygada wykonująca roboty opuściła miejsce pracy muszą być wpisane do polecenia pisemnego i zgłoszone dopuszczającemu. Ponowne rozpoczęcie pracy (po przerwie) może mieć miejsce po ponownym dopuszczeniu do pracy.

Rozpoczęcie przerwy i ponowne rozpoczęcie pracy, gdy wykonywane jest na podstawie tego samego polecenia, musi być potwierdzone podpisami na oryginale i kopii tegoż polecenia.

W przypadku pilnej i nie przewidzianej w poleceniu potrzeby załączenia napięcia należy bezwzględnie przerwać pracę i odebrać polecenie, ponowne rozpoczęcie robót może się odbyć na podstawie nowego polecenia.

Przerwy w pracy przeznaczone na wypoczynek, spożycie posiłku itp., podczas których zespół pracowników nie opuszcza miejsca pracy lub, gdy miejsce pracy na czas opuszczenia przez pracowników zostanie skutecznie zabezpieczone przed dostępem osób postronnych (np. wydzielone pomieszczenie zamknięte na klucz) nie wymagają ponownego dopuszczenia przy wznowieniu prac.

Jeżeli w ramach tego samego polecenia pisemnego zespół pracowników ma pracować w kilku miejscach, to każdą zmianę miejsca pracy należy odnotować w poleceniu pisemnym, a na nowym miejscu

pracy należy przeprowadzić dopuszczenie do pracy. Samowolne przechodzenie na inne miejsca pracy jest zabronione. Zmiana miejsca pracy może nastąpić za wiedzą kierownika robót, jeżeli jest on wyznaczony [1].

Zakończenie pracy sprawdza nadzorujący kierownik robót bądź brygadzysta, czy z miejsca pracy zostały usunięte narzędzia i materiały. Po wyprowadzeniu brygady potwierdza podpisem na kopii i oryginale polecenia zakończenie robót, po czym przekazuje oryginał tego polecenia dopuszczającemu.

Dopuszczający, po sprawdzeniu wykonanej pracy przygotowuje urządzenia do załączenia pod napięciem. Przy podawaniu napięcia czynności łączeniowe wykonywane są w odwrotnej kolejności niż przy wyłączaniu. Załączanie napięcia wykonują te same osoby wyznaczone imiennie lub stanowiskowo, które dokonywały wyłączenia.

Prace wykonane przez kilka zespołów zarówno na podstawie jednego jak i kilku poleceń można wówczas uznać za zakończone, gdy wyprowadzono wszystkie zespoły i odebrano wszystkie polecenia.

Dopuszczający, po przygotowaniu urządzeń do ponownego załączenia, oryginał i kopie polecenia przekazuje poleceniodawcy [1].

2.1.8 Wykonywanie stałych czynności eksploatacyjno-konserwacyjnych przez wyznaczone osoby

Zakładowe instrukcje eksploatacyjne i stanowiskowe określają dokładnie zasady organizacji pracy przy obsłudze i konserwacji urządzeń elektroenergetycznych.

Prace polegające na samodzielnej naprawie i konserwacji urządzeń mogą wykonywać tylko pracownicy, którzy posiadają wymagane zaświadczenia kwalifikacyjne oraz są „przydzieleni” na stałe do tych prac.

Przy wykonywaniu prac przy naprawie i konserwacji urządzeń elektroenergetycznych muszą być przestrzegane następujące warunki [6]:

- wszelkie prace należy wykonywać po wyłączeniu napięcia,
- pod napięciem wolno jest wymienić bezpieczniki oraz żarówki i świetlówki pod warunkiem, że są w nieuszkodzonej oprawie,
- bez wyłączenia napięcia wolno również wykonywać pomiary i próby pod warunkiem zastosowania odpowiednich środków zabezpieczających.

2.1.9 *Wykonywanie czynności łączeniowych oraz innych prac w pomieszczeniach ruchu elektrycznego*

Dostęp do pomieszczeń ruchu elektrycznego, w którym znajdują się czynne urządzenia mogą mieć tylko upoważnieni pracownicy, przy czym [1]:

- za pomieszczenie ruchu elektrycznego przyjmuje się wydzielone pomieszczenie (w budynkach i poza budynkami), w których znajdują się urządzenia elektroenergetyczne służące do przesyłania, przetwarzania i rozdziału energii elektrycznej, a dostępne tylko dla upoważnionych pracowników,
- za urządzenia czynne przyjmuje się takie urządzenia, które są pod napięciem lub mogą znaleźć się pod napięciem przez załączenie napięcia łącznikiem; urządzenia nieczynne to te, które na stałe są „rozmostkowane”,
- pracownicy upoważnieni są to osoby kierownictwa, dozoru, usług i eksploatacji, którzy w ramach swych czynności służbowych mogą stale wykonywać określone czynności,
- klucze do pomieszczeń ruchu elektrycznego należy wydawać wyłącznie osobom upoważnionym,
- oględziny czynnych urządzeń elektroenergetycznych mogą być wykonywane przez:
 - a) pracowników bezpośredniej stałej obsługi - jednoosobowo,
 - b) osoby kierownictwa i dozoru upoważnione przez dyrekcję zakładu również jednoosobowo,
 - c) inne osoby, lecz pod nadzorem osób bezpośredniej obsługi,
- w czasie prowadzenia oględzin zabrania się:
 - a) wykonywania jakichkolwiek prac przy urządzeniach, z wyjątkiem czynności określonych instrukcją eksploatacyjną,
 - b) zdejmowania i przenoszenia ogrodzeń,
 - c) zbliżania się na niebezpieczne odległości do nieosłoniętych urządzeń,
 - d) wchodzenia na konstrukcje rozdzielni,
- prace porządkowe w pomieszczeniach ruchu wykonywane przez osoby i niewykonujące bezpośredniej eksploatacji mogą być wykonywane pod nadzorem upoważnionych pracowników. Urządzenia elektroenergetyczne mogą być konserwowane przez

upoważnionych pracowników z zachowaniem kolejności określonych w instrukcji eksploatacji.

Czynności łączeniowe wykonuje się [7]:

- a) jednoosobowo - gdy nie wymagają wchodzenia do celek bądź zbliżania się na niebezpieczne odległości do urządzeń pod napięciem,
- b) dwuosobowo - w pozostałych przypadkach; nie zaleca się, aby czynności łączeniowe wykonywane były przez więcej niż dwie osoby.

Zabrania się dokonywania czynności łączeniowych, jeżeli w pobliżu znajdują się osoby nieupoważnione do ich wykonywania. Zakładanie oraz zmiana ochron i osłon zabezpieczających urządzenia elektroenergetyczne może być dokonywane jedynie przez osoby do tego upoważnione.

2.2 Organizacja prac wykonywanych w zakładach energetycznych

2.2.1 Wprowadzenie

Praca przy urządzeniach elektroenergetycznych - ze względu na jej niebezpieczny charakter - wymaga szczególnej ostrożności i uwagi. Wymaga też znajomości szczegółowych zasad organizacji pracy oraz wymagań ustalonych obowiązującymi przepisami w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy [2].

Dla ustalenia szczegółowych instrukcji eksploatacji pomocne są „Ramowe instrukcje eksploatacji” (opracowane m.in. przez Instytut Energetyki w Warszawie), np.:

- „Ramowa instrukcja eksploatacji elektroenergetycznych linii napowietrznych”,
- „Ramowa instrukcja eksploatacji linii kablowych”,
- „Ramowa instrukcja eksploatacji stacji elektroenergetycznych”,
- „Ramowa instrukcja eksploatacji transformatorów”,
- „Ramowa instrukcja eksploatacji układów elektroenergetycznych automatyki zabezpieczeniowej z zastosowaniem aparatury kontrolno-pomiarowej przystosowanej do sprawdzania pól SN bez wyłączeń i bez uziemień”.

2.2.2 *Aktualny stan prawa w Polsce z punktu widzenia bezpieczeństwa pracy*

Zasadniczym aktem prawnym regulującym kompleksowo sprawy BHP jest ustawa z dnia 26.06.1974 r. opublikowana w Dz.U. nr 24, poz. 141 z 1975 r. zwana Kodeksem Pracy. Tekst ujednolicony opublikowany w Dz.U. nr 21, poz. 94 z 1998 roku [10].

Wymyśl tej ustawy „*Pracodawca jest obowiązany zapewnić pracownikom bezpieczne i higieniczne warunki pracy.*” Nadzór nad tym został powierzony, zgodnie z postanowieniami artykułów 18 §4 i §5 – Państwowej Inspekcji Pracy i Społecznej Inspekcji Pracy.

Producent, importer, dystrybutor lub inny dostawca maszyn, innych urządzeń technicznych, jak również narzędzi pracy które nie podlegają obowiązkowi zgłaszania do certyfikacji na znak bezpieczeństwa i oznaczania tym znakiem, jest obowiązany wydać deklarację zgodności tych wyrobów z normami wprowadzonymi do obowiązkowego stosowania oraz wymaganiami określonymi właściwymi przepisami. Znaczy to, że pracodawca ma obowiązek żądać tego dokumentu od dostawcy maszyn i urządzeń technicznych [10].

Niedopuszczalne jest wyposażanie stanowisk pracy w maszyny, inne urządzenia techniczne, oraz narzędzia pracy, które nie uzyskały wymagane certyfikatu na znak bezpieczeństwa i nie zostały oznaczone tym znakiem, zgodnie z odrębnymi przepisami, albo nie posiadają deklaracji zgodności o której mowa wyżej.

Nieprzestrzeganie powyższych postanowień powoduje przewidziane przez ustawodawcę w Art. 283 §2 ust.3 i 4, konsekwencje kary grzywny – „*kto wbrew obowiązkowi wyposaża stanowiska pracy w maszyny i inne urządzenia techniczne, lub dostarcza pracownikom środki ochrony indywidualnej, które nie uzyskały wymaganego certyfikatu na znak bezpieczeństwa i nie zostały oznaczone tym znakiem, albo nie posiadają deklaracji zgodności*” [10].

W nowelizacji Kodeksu Pracy pojawia się nowe pojęcie – certyfikacja na znak bezpieczeństwa oraz deklaracja zgodności wyrobu z normami wprowadzonymi do obowiązkowego stosowania. Pojęcie te wchodzi w zakres przepisów wynikających z ustawy z dn. 3.IV.1993 roku o badaniach i certyfikacji (Dz.U. nr 55 poz. 250) [która wraz z innymi ustawami reguluje funkcjonowanie systemu badań i certyfikacji wyrobów i usług, uprawnienia krajowej organizacji badań i certyfikacji oraz akredytowanych jednostek dokonujących badań i certyfikacji w Polsce.

Potrzeba nowej regulacji prawnej reorganizującej działalność leżącą do 1993 roku w kompetencjach PKNMiJ (Polski Komitet Normalizacji

Miar i Jakości), wynika z zawartego przez Rzeczpospolitą Polskę układu o stowarzyszeniu z Unią Europejską jak również w dobie urynkwienia gospodarki ma służyć likwidowaniu barier technicznych w handlu, zwiększeniu konkurencyjności wyrobów i usług oraz ułatwienie krajowego i międzynarodowego obrotu towarowego. W ramach tej regulacji prawnej z dniem 1 stycznia 1994 roku obowiązują ustawy:

- ustawa o utworzeniu Głównego Urzędu Miar,
- ustawa „Prawo o miarach”,
- ustawa „Prawo probiercze”,
- ustawa o badaniach i certyfikacji,
- ustawa o normalizacji.

Wszystkie te dokumenty z dnia 3 kwietnia 1993 roku zostały opublikowane w Dzienniku Ustaw nr 55 z 1993 roku poz. 247-251.

Ustawa z dnia 3.IV.1993 roku o normalizacji określa zasady prowadzenia i organizacji działalności normalizacyjnej oraz zasady opracowywania i stosowania Polskich Norm. Postanowień tej ustawy nie stosuje się do normatywów.

Podstawową nowością tej ustawy jest zniesienie obligatoryjności stosowania PN za wyjątkiem norm dotyczących ochrony życia, zdrowia, mienia, bezpieczeństwa pracy i użytkowania, ochrony środowiska i wyrobów zamawianych przez organy państwowe. Prawo do wprowadzenia obowiązku stosowania PN przysługuje (zgodnie z Art. 19 ust.2 omawianej ustawy) ministrowi w sprawach należących do zakresu ich działania [5].

Polskie Normy określają powszechnie używane pojęcia, nazwy, oznaczenia i symbole w wyżej przedstawionym zakresie, zakresie także metody prowadzenia działalności normalizacyjnej oraz badań i certyfikacji.

Interesy użytkownika zabezpieczają, postanowienia Art. 20 ustawy który stanowi, że zgodność wyrobu z wymaganiami PN może być potwierdzona [4]:

- deklaracja zgodności (określoną przez Polskie Normy), wydaną na własną odpowiedzialność przez producenta,
- znakiem zgodności w rozumieniu ustawy o badaniach i certyfikacji czyli znakiem zastrzeżonym, nadawanym lub stosowanym zgodnie z zasadami systemu certyfikacji, wskazującym, że zapewniono odpowiedni stopień zaufania, iż dany wyrób, proces lub usługa są zgodne z określoną normą lub z właściwymi przepisami prawnymi.

2.2.3 *Obowiązki zakładu pracy w zakresie BiHP*

Według obowiązujących przepisów zakład pracy zobowiązany jest [5]:

- zapewnić pracownikom, w oparciu o najnowsze zdobycze nauki i techniki, bezpieczne i higieniczne warunki pracy oraz prowadzić w tym zakresie systematyczne szkolenie wszystkich pracowników,
- utrzymywać pomieszczenia pracy, budynki i inne obiekty budowlane oraz tereny i urządzenia z nimi związane w stanie zapewniającym bezpieczne i higieniczne warunki pracy,
- wyposażyć pracowników, w zależności od warunków i rodzajów pracy, w niezbędne narzędzia pracy, sprzęt ochrony osobistej oraz odzież ochronną,
- zaznajomić pracowników z aktualnymi przepisami w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy związanymi z wykonywaniem przez nich prac; przyjęcie do wiadomości tych przepisów musi być przez pracownika potwierdzone pisemnie,
- wydawać możliwie dokładne instrukcje i inne niezbędne wskazówki dotyczące bezpieczeństwa i higieny pracy na poszczególnych stanowiskach pracy; instrukcje te powinny być doręczone za pokwitowaniem,
- w miejscach widocznych wywieszać niezbędne informacje zawierające wskazówki w zakresie postępowania w razie wypadku (porażenia prądem, awarii, pożaru itp.) oraz wyciągi z odpowiednich przepisów bhp określających podstawowe zasady bezpieczeństwa pracy,
- stosować środki zapobiegające powstawaniu chorób zawodowych oraz utrzymywać w sprawności urządzenia służące do przeciwdziałania czynnikom powodującym choroby zawodowe,
- systematycznie prowadzić badania i pomiary czynników szkodliwych dla zdrowia,
- badać stan wypadkowości przy pracy oraz zachorowalności na choroby zawodowe i inne schorzenia wywołane warunkami pracy i stosować odpowiednie środki zapobiegawcze,
- zapewniać pracownikom odpowiednie urządzenia higieniczno-sanitarne oraz zapewnić pranie, odkazanie, suszenie i odkurzanie odzieży osobistej,
- umożliwiać innym zakładom pracy prowadzącym na jego terenie prace w zorganizowaniu pracy w sposób zapewniający bezpieczne i higieniczne warunki pracy.

2.2.4 *Obowiązki kierownika zakładu w zakresie BiHP*

Kierownik zakładu odpowiedzialny jest za stan BHP w zakładzie, a w szczególności do jego obowiązków należy [5]:

- organizowanie pracy w zakładzie w sposób zapewniający bezpieczne warunki pracy,
- zapewnienie przestrzegania w zakładzie przepisów i zasad bezpieczeństwa i higieny pracy,
- wydawanie poleceń usuwania stwierdzonych uchybień w zakresie bhp oraz kontrolowanie wykonania tych poleceń,
- zapewnienie wykonania zarządzeń wydawanych przez organy nadzoru nad warunkami pracy.

2.2.5 *Obowiązki osób kierownictwa i dozoru w zakresie BiHP*

Osobami kierownictwa i dozoru w odniesieniu do urządzeń energetycznych są osoby określone w rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 16 marca 1998 r. w sprawie kwalifikacji osób sprawujących kierownictwo i dozór nad eksploatacją urządzeń energetycznych.

Osoby kierownictwa i dozoru w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy mają obowiązek [5]:

- organizować środowisko pracy zgodnie z przepisami w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy,
- zapewnić podległym pracownikom odzież ochronną i sprzęt ochronny oraz systematycznie dopilnowywać, aby środki te były stosowane zgodnie z ich przeznaczeniem,
- organizowania przygotowania i prowadzenia prac w sposób zabezpieczający przed chorobami zawodowymi i wypadkami przy pracy,
- zapewnić higieniczny stan pomieszczeń pracy oraz bezpieczne wyposażenie techniczne,
- zapewnić przestrzeganie przez pracowników przepisów i zasad bezpieczeństwa i higieny pracy.

2.2.6 *Obowiązki pracowników w zakresie BiHP*

Przestrzeganie bezpiecznych warunków pracy stanowi jeden z podstawowych obowiązków każdego pracownika na każdym stanowisku pracy w zakładzie. Każdy pracownik zobowiązany jest [5]:

- znać przepisy i zasady bezpieczeństwa i higieny pracy, brać udział w szkoleniach z tego zakresu oraz poddawać się wymagającym egzaminom sprawdzającym,
- na każdym stanowisku wykonywać prace w sposób zgodny z zasadami bhp oraz przestrzegać zarządzeń wydanych w tym zakresie,
- dbać o należyty stan urządzeń, narzędzi i sprzętu oraz porządku w miejscu pracy,
- przydzieloną odzież ochronną i roboczą oraz sprzęt ochrony osobistej używać zgodnie z przeznaczeniem,
- niezwłocznie zawiadamiać przełożonych o zauważonym w zakładzie pracy wypadku albo zagrożeniu życia lub zdrowia ludzkiego,
- poddawać się badaniom lekarskim wstępnym i okresowym.

2.2.7 *Szkolenie pracowników w zakresie BiHP*

Nie wolno dopuszczać pracownika do pracy, do której wykonania nie posiada dostatecznej umiejętności oraz znajomości przepisów i zasad bezpieczeństwa i higieny pracy.

Zakład pracy jest obowiązany przeszkolić pracownika przed dopuszczeniem do pracy w zakresie bhp oraz prowadzić okresowe szkolenie w tym zakresie.

Osoby zajmujące stanowiska kierownicze powinny posiadać znajomość przepisów i zasad BHP oraz innych przepisów o ochronie pracy w zakresie niezbędnym do wykonania ciężących na nich obowiązków [5].

2.2.8 *Profilaktyczna ochrona zdrowia i opieka lekarska*

Zakład pracy jest obowiązany stosować środki zapobiegające chorobom zawodowym i innym schorzeniom związanym z warunkami środowiska pracy, a w szczególności utrzymywać w stanie stałe sprawności urządzenia niezbędne do przeciwdziałania czynnikom powodującym te choroby i schorzenia.

Zakład pracy jest obowiązany systematycznie przeprowadzać badania i pomiary czynników szkodliwych dla zdrowia.

Wojewódzki Inspektor Sanitarny może nakazać wyposażenie zakładu pracy, w którym praca odbywa się w warunkach szkodliwych dla zdrowia, w urządzenia niezbędne do przeprowadzenia badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia pracowników.

Zakłady pracy są obowiązane współdziałać z zakładami społecznej służby zdrowia w zakresie opieki nad zdrowiem pracowników. Osoba

przyjmowana do pracy podlega bezpłatnym wstępnym badaniom lekarskim.

Pracownik podlega okresowym i kontrolnym badaniom lekarskim. Badania lekarskie okresowe i kontrolne przeprowadza się poza godzinami pracy.

Jeżeli badania okresowe i kontrolne nie mogą być przeprowadzone poza godzinami pracy, zwłaszcza w razie konieczności przejazdu w tym celu do innej miejscowości, pracownikowi przysługuje zwrot utraconego wynagrodzenia oraz zwrot kosztów podróży według zasad obowiązujących przy podróżach służbowych [5].

W razie stwierdzenia u pracownika objawów powstawania choroby zawodowej zakład pracy jest obowiązany [5]:

1. Zbadać w porozumieniu z organami Państwowej Inspekcji Sanitarnej przyczyny powstawania choroby zawodowej oraz charakter i rozmiar zagrożenia chorobą.
2. Przystąpić niezwłocznie do usuwania czynników powodujących powstawanie choroby zawodowej i zastosować inne niezbędne środki zapobiegawcze.
3. Zapewnić, w swoim zakresie działania, realizację zaleceń lekarskich,
4. W razie konieczności stwierdzonej orzeczeniem lekarskim pracownik powinien być we wskazanym terminie i na czas określony tym orzeczeniem przeniesiony do innej pracy nie narażającej go na działanie czynnika, który wywołał objawy choroby zawodowej.
5. Jeżeli przeniesienie do innej pracy powoduje obniżenie wynagrodzenia pracownikowi przysługuje w okresie przeniesienia, jednak nie dłużej niż przez 3 miesiące, dodatek wyrównawczy.

Zakład pracy jest obowiązany przenieść - na podstawie orzeczenia lekarskiego - do innej odpowiedniej pracy pracownika, który stał się niezdolny do wykonywania dotychczasowej pracy wskutek wypadku przy pracy lub choroby zawodowej i nie został zaliczony do żadnej grupy inwalidzkiej.

Jeżeli takie przeniesienie nie jest możliwe, zakład pracy powinien niezwłocznie porozumieć się z terenowym organem administracji państwowej w celu zapewnienia pracownikowi odpowiedniej pracy w innym zakładzie.

Zakład pracy, w którym jest wolne miejsce pracy, odpowiednie ze względu na stan zdrowia i kwalifikacje zawodowe pracownika skierowanego przez terenowy organ administracji państwowej, jest obowiązany przyjąć go do pracy.

Na zasadach określonych przez Radę Ministrów zakład pracy powinien zapewnić bezpłatnie pracownikom zatrudnionym w warunkach

szkodliwych dla zdrowia lub szczególnie uciążliwych odpowiednie posiłki, jeżeli jest to niezbędne ze względów profilaktycznych.

Zastosowanie w produkcji nowych materiałów lub procesów technologicznych szkodliwych dla zdrowia pracowników wymaga uprzednio ustalenia stopnia ich szkodliwości i podjęcia odpowiednich środków zapobiegawczych.

Minister Zdrowia i Opieki Społecznej w porozumieniu z Ministrem Pracy, Płac i Spraw Socjalnych, Ministrem Edukacji Narodowej oraz po porozumieniu ze związkami zawodowymi może wprowadzić zakaz stosowania określonych materiałów lub procesów technologicznych ze względu na ich szkodliwość albo uzależnić stosowanie takich materiałów lub procesów od przestrzegania określonych warunków.

Zakład pracy jest obowiązany zapewnić pracownikom odpowiednie urządzenia higieniczno-sanitarne oraz dostarczać im niezbędne środki ochrony osobistej [5].

2.2.9 *Postępowanie w razie wypadku i czynności powypadkowe*

Okoliczności i przyczyny wypadków przy pracy ustala się na podstawie Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 21.04.1992 r. w sprawie ustalania okoliczności i przyczyn wypadków przy pracy (Dz.U. z 1992 r. nr 37, poz. 160) [12].

Dla każdego wypadku przy pracy muszą być ustalone okoliczności i przyczyny wypadku przez powołaną komisję oraz sporządzony na tę okoliczność protokół.

Ustalenie przyczyn oraz okoliczności zaistniałego wypadku przy pracy ustala macierzysty zakład z udziałem przedstawicieli zakładu, na którego terenie miał miejsce wypadek. Zakład pracy, na terenie którego zaistniał wypadek jest zobowiązany do [12]:

- a) zorganizowania pomocy i ratunku poszkodowanym oraz osobom, którym zagraża niebezpieczeństwo,
- b) zabezpieczenia miejsca wypadku,
- c) w razie potrzeby zawiadomienia macierzystego zakładu o zaistniałym wypadku.

Każdy pracownik, który zauważył wypadek zobowiązany jest udzielić pomocy poszkodowanemu i zawiadomić kierownictwo zakładu pracy.

Pracownik, który uległ wypadkowi, a stan jego zdrowia na to pozwala, winien bezzwłocznie zawiadomić kierownictwo zakładu. Miejsce

wypadku, do czasu zakończenia działań komisji powypadkowej, winno być zabezpieczone przez [12]:

- a) niedopuszczenie do miejsca osób postronnych,
- b) niedopuszczenie do zmiany położenia tych przedmiotów, które spowodowały wypadek,
- c) niedopuszczenie do uruchomienia maszyn i urządzeń, które w związku z wypadkiem zostały zatrzymane.

Pozwolenie na uruchomienie maszyn i urządzeń i innych zmian w miejscu wypadku wydaje kierownik zakładu po uzgodnieniu z organizacjami prowadzącymi dochodzenie i ze społecznym inspektorem pracy.

Okoliczności i przyczyny wypadku ustala się [12]:

1) dla wypadków śmiertelnych lub powodujących ciężkie uszkodzenie ciała oraz wypadków zbiorczych, przez zespół w składzie:

- kierownik zakładowej służby bhp - przewodniczący,
- społeczny inspektor pracy lub przedstawiciel zakładowej organizacji związkowej,
- pracownik służby bezpieczeństwa i higieny pracy,

2) dla wypadków innych niż podano w skład komisji mogą wejść:

- przedstawiciel zakładowej służby bhp - przewodniczący,
- oddziałowy społeczny inspektor pracy lub przedstawiciel związku zawodowego,
- pracownik służby BHP.

Niezwłocznie po otrzymaniu wiadomości o zaistniałym wypadku, zespół prowadzący ustalenie przyczyn powinien [12]:

- przesłuchać poszkodowanego, jeżeli ze względu na stan jego zdrowia jest to możliwe,
- dokonać oględzin miejsca wypadku i zbadać inne okoliczności, które mogły mieć wpływ na powstanie wypadku,
- zasięgnąć opinii specjalistów i lekarzy,
- przesłuchać świadków,
- wykorzystać inne dostępne materiały dowodowe.

Po ustaleniu przyczyn wypadku powołany zespół sporządza (najpóźniej w ciągu 5 dni od zawiadomienia o wypadku) „protokół powypadkowy”, stwierdzając w nim, że wypadek ma bądź nie ma związku przyczynowego z pracą, oraz okoliczności mogące mieć wpływ na prawo do świadczeń z tytułu wypadku przy pracy.

Zespół winien zapoznać się z treścią protokołu poszkodowanego, który ma prawo do zgłaszania uwag i zastrzeżeń do ustaleń zawartych w protokole.

Zatwierdzony protokół powypadkowy należy doręczyć:

- a) poszkodowanemu,
- b) społecznemu inspektorowi pracy,
- c) związkom zawodowym.

Opierając się na dokonanych ustaleniach po wypadkach kierownictwo zakładu pracy powinno:

- a) zarządzić stosowanie odpowiednich środków profilaktycznych zapewniających poprawę warunków BHP,
- b) omówić z zainteresowanym okoliczności i przyczyny wypadku. Poszkodowany ma prawo do wglądu do całości akt sprawy dochodzenia powypadkowego oraz może wnosić uwagi i zastrzeżenia. W przypadku wniesienia zastrzeżeń sprawę związaną z wypadkiem rozpatruje komisja rozjemcza.

Koszty związane z ustaleniem okoliczności i przyczyn wypadku pokrywa zakład pracy.

Zakład pracy jest zobowiązany niezwłocznie zawiadomić prokuratora, inspektora pracy oraz jednostkę nadrzędną o każdym zaistniałym, ciężkim lub zbiorowym wypadku przy pracy.

2.3 Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy w Unii Europejskiej

2.3.1 Stan prac normalizacyjnych za granicą

Normy dotyczące systemów zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy (SZ BiHP) zostały opracowane w Unii Europejskiej po upowszechnieniu się w nich metod systemowego zarządzania jakością oraz

zarządzania środowiskowego określonych w normach ISO serii 9000 i 14000. Pierwsza norma z tej dziedziny BS 8800 została ustanowiona w Wielkiej Brytanii w 1996 roku. Kolejne kraje Unii Europejskiej wzorując się na pierwowzorze brytyjskim opracowały swoje odpowiedniki (Holandia NPR 5001, Hiszpania UNE 81-900, UNE 81-902, UNE 81-902). W wymienionych dokumentach zasadniczą koncepcją SZ BiHP jest zgodna z przyjętą koncepcją w normach serii ISO 9000 i 14000, a w szczególności w głównych normach tych serii – czyli ISO 9001 i ISO 14001 [13].

W normie BS 8800 przedstawiono dwa zestawy wytycznych dotyczących SZ BiHP do wyboru i zastosowania przez przedsiębiorstwo według jego uznania i potrzeb. Koncepcja SZ BiHP zawarta w pierwszym zestawie wytycznych jest zgodna z tradycyjnym podejściem do problemów zarządzania bezpieczeństwem higieną pracy stosowanym w Wielkiej Brytanii. Drugi zestaw wytycznych jest zgodny z koncepcją systemu zarządzania środowiskowego określonego w normie ISO 14001.

Cechą charakterystyczną SZ BiHP i odróżniającą je w istotny sposób od systemów zarządzania jakością i zarządzania środowiskowego jest analiza i ocena ryzyka zawodowego, czyli ryzyka związanego z zagrożeniami w środowisku pracy. Ryzyko jest najczęściej definiowane jako kombinacja prawdopodobieństwa lub częstotliwości wystąpienia oraz ciężkości następstw zdarzenia powodującego zagrożenie dla zdrowia, mienia lub środowiska [13].

Stwarzają te systemy naturalną możliwość integrowania zarządzania we wszystkich strefach tworząc jeden jednolity system. O możliwości i celowości takiego podejścia świadczą wytyczne opracowane w Stanach Zjednoczonych.

Ze względu na rosnące w wielu krajach zainteresowanie opracowaniem i ustanowieniem odpowiednich norm dotyczących SZ BiHP Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna (ISO) rozpatrywała potrzebę opracowania i ustanowienia odpowiedniej normy międzynarodowej w tym zakresie. W tym celu ISO zorganizowała seminarium w Genewie (1996 r.), w którym wzięło udział delegacje 44 krajów ze wszystkich kontynentów oraz 6 organizacji międzynarodowych. Reprezentowane były wszystkie grupy zainteresowanych tymi normami. Począwszy od pracodawców poprzez pracobiorców, urzędy państwowe i rządowe, komitety normalizacyjne, uczelnie, instytucje badawczo rozwojowe a kończąc na firmach ubezpieczeniowych. W dyskusji podczas obrad prezentowana doświadczenia poszczególnych państw dotyczące zarządzania BiHP [13].

We wnioskach końcowych stwierdzono, że obecnie nie ma potrzeby opracowania norm w tej dziedzinie, ale może ona wystąpić w przyszłości. Ponadto, aby zaspokoić zapotrzebowanie na informacje w tym zakresie

sekretariat ISO oczekuje od swoich członków podejmowania prób normalizacyjnych w tej dziedzinie w skali krajowej lub regionalnej oraz przekazywanie informacji o takich działaniach w celu jej upowszechnienia, wyciągnięcia wniosków na przyszłość, znalezienie wszelkich wad niezbędnych do usunięcia w planowanej normie z serii ISO.

2.3.2 *Opracowania w dziedzinie SZ BiHP w Unii Europejskiej*

Z zobowiązań Polski podjętych w związku z dążeniem do pełnego członkostwa w Unii Europejskiej wynika konieczność wdrożenia do prawa polskiego postanowień dyrektyw europejskich, w tym również dyrektyw dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy ustanowionych na podstawie artykułu 188A Traktatu Rzymskiego.

Ogólne zasady zapewnienia bezpieczeństwa i ochrony zdrowia określono w dyrektywie 89/391/EWG [14] o wprowadzeniu środków w celu zwiększenia bezpieczeństwa i poprawy zdrowia pracowników podczas pracy (tzw. „dyrektywa ramowa”). Zgodnie z artykułem 6 tej dyrektywy „... *pracodawca powinien podjąć niezbędne środki w celu zapewnienia bezpieczeństwa i ochrony zdrowia pracowników, włączając w to zapobieganie ryzyku zawodowemu, informowanie, organizowanie szkolenia oraz zapewnienie koniecznych środków i właściwej organizacji*”. Środki te powinny być stale doskonalone. W szczególności działania pracodawcy powinny zapewniać między innymi [13]:

- unikanie ryzyka,
- ocenę ryzyka, którego nie można uniknąć,
- zapobieganie ryzyku u źródła,
- prowadzenie spójnej i kompleksowej polityki zapobiegawczej obejmującej technikę, organizację pracy, warunki pracy, stosunki społeczne i wpływ czynników związanych ze środowiskiem pracy
- właściwe instruowanie pracowników.

W omawianej dyrektywie szczególną uwagę zwrócono na ocenę ryzyka zawodowego. W następstwie tej oceny pracodawca powinien zastosować odpowiednie środki, zapewniające podwyższenie poziomu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia pracowników. Działania te powinny być zintegrowane z działalnością przedsiębiorstwa na wszystkich poziomach struktury organizacyjnej. Zgodnie z tą dyrektywą pracodawca jest również zobowiązany do [14]:

- informowania pracownika o zagrożeniach oraz środkach i działaniach zapobiegawczych w przedsiębiorstwie i na określonym stanowisku pracy,
- konsultowania z pracownikami lub ich przedstawicielami (związki zawodowe) decyzji i działań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracowników,
- zapewnienia pracownikom lub ich przedstawicielom możliwości uczestniczenia w działaniach dotyczących zapewnienia bezpieczeństwa i higieny pracy,
- odpowiedniego szkolenia pracowników w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy.

Na podstawie artykułu 16 punkt 1 dyrektywy 89/391/EWG [14] Rada Europejska ustanowiła wiele dyrektyw szczegółowych ustalających minimalne wymagania dotyczące określonych dziedzin mających istotne znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa i higieny pracy. W dyrektywach tych określono minimalne wymagania odnoszące się do stosowania między innymi urządzeń produkcyjnych, środków ochrony indywidualnej.

2.3.3 Regulacje prawne w Polsce dotyczące BiHP na tle przygotowań do członkostwa w Unii Europejskiej

Wymagania zawarte w dyrektywach znajdują już odbicie w prawie polskim. Podstawowymi aktami prawnymi regulującymi kwestie BiHP w polskich przedsiębiorstwach są: znowelizowany w 1996 roku Kodeks Pracy oraz Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 roku w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy [10]. W dokumentach tych uwzględniono zasady określone w dyrektywach, sformułowano podstawowe wymagania dotyczące funkcjonowania przedsiębiorstw w obszarze BiHP. Zgodnie z tymi wymaganiami organizowanie pracy w sposób zapewniający bezpieczne i higieniczne warunki jej wykonywania należy do podstawowych obowiązków pracodawcy. W szczególności pracodawca jest zobowiązany do oceny ryzyka zawodowego, stosowania ograniczających to ryzyko środków profilaktycznych, a także do informowania pracowników o ryzyku związanym z wykonywaną pracą [10].

Ustanowienie prawa zgodnego z dyrektywami obowiązującymi w Unii nie oznacza jeszcze spełnienia warunków harmonizacji prawa. Konieczne jest zapewnienie, że prawo to będzie właściwie funkcjonowało w praktyce, a nie jak to jest w Polsce zazwyczaj – tworzenie „martwego prawa”. Realizacja wymagań przepisów prawnych sprawia wielu przedsiębiorstwom duże trudności zarówno organizacyjne jak i finansowe.

Szczególnie trudne jest wywiązywanie się z nowo wprowadzonych obowiązków, takich jak np.: ocena ryzyka zawodowego. Obowiązki te są obecnie interpretowane i realizowane w bardzo różny sposób. Mimo nowelizacji przepisów nadal powszechne jest przekonanie, że BiHP stanowi odrębną, nie powiazaną z innymi dziedzinę działań przedsiębiorstwa, której kształtowaniem zajmują się przede wszystkim pracownicy służb bezpieczeństwa i higieny pracy. W tych warunkach celowe i konieczne jest opracowanie dodatkowych wytycznych, które pomogą we właściwej realizacji przepisów obowiązującego prawa. Takie wytyczne powinny być sformułowane w polskiej normie ukierunkowanej na ułatwienie przedsiębiorstwom przyjęcia odpowiedniego podejścia do wymagań obowiązujących w Unii Europejskiej, wdrażanych do prawa polskiego obecnie i w przyszłości [13].

Znowelizowany Kodeks Pracy i odpowiednie przepisy wykonawcze uwzględniające postanowienia dyrektyw obowiązujących w Unii Europejskiej, a w szczególności dyrektywy ramowej 89/391/EWG nałożyły nowe wymagania. W kształtowaniu praktycznego funkcjonowania wdrażanych przepisów prawnych odgrywają dużą rolę organy nadzoru i kontroli, w tym przede wszystkim Państwowa Inspekcja Pracy (PIP). Inspektorzy PIP kierują się przy kontrolach jednakowymi, obiektywnymi i powszechnie uznanymi zasadami kryteriami oceny. Kompetencje i uprawnienia zostały nałożone na PIP na mocy ustawy (Kodeks Pracy, normy, powiązania postanowień norm z postanowieniami zawartymi w ISO 9001 i 14001) [10,14].

2.4 Podsumowanie

W Polsce osoby zajmujące się eksploatacją urządzeń i instalacji elektrycznych muszą posiadać kwalifikacje określone w rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 16 marca 1998 roku, zaś Kodeks Pracy nakłada obowiązki na pracodawców. W Unii Europejskiej ogólne zasady bezpieczeństwa określono w dyrektywie 89/391/EWG – tzw. „dyrektywa ramowa”.

Wymagania te i regulacje prawne są obligatoryjne, niestosowanie się do nich jest karane z mocy obowiązującego prawa. Konieczna jest znajomość obowiązujących wytycznych w szczególności prawidłowa kolejność wykonywania poszczególnych czynności, hierarchię stanowisk nadzorujących pracę, ich kompetencje i obowiązki. Dopiero należyte ich stosowanie pozwoli w przyszłości zmniejszyć wypadkowość przy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych w energetyce zawodowej.

Tworzone modele matematyczne wypadków powinny uwzględniać powyższe wytyczne tak, aby móc wskazać niedociągnięcia w istniejących przepisach i w sposób skuteczny przeciwdziałać.

3 Regulacje prawne w Unii Europejskiej oraz w Polsce dotyczące środków ochrony indywidualnej

3.1 Wstęp

Rozdział ma na celu zaznajomienie z obowiązującymi w Unii Europejskiej regulacjami dotyczącymi bezpieczeństwa i wprowadzania na rynek środków ochrony indywidualnej, opartymi na dyrektywie Nowego Podejścia 89/686/EWG [27] i oznaczeniu CE, różnic w porównaniu do polskich przepisów w tym zakresie. W związku z planowanym wstąpieniem naszego kraju do Unii Europejskiej regulacje te będą niedługo obowiązywać również w Polsce.

Dokładna znajomość obowiązujących norm w zakresie sprzętu ochronnego, dyrektywy Unii Europejskiej oraz dobre zrozumienie koncepcji i pojęć, na których opierają się powyższe regulacje jest istotne zarówno dla tych producentów, którzy już eksportują swoje wyroby na rynek europejski, jak i dla tych, którzy zamierzają przygotować się do wprowadzenia tej dyrektywy w Polsce.

3.2 Regulacje prawne dotyczące środków ochrony indywidualnej w Unii Europejskiej – „nowe podejście”

Swoboda przepływu towarów pomiędzy państwami członkowskimi Unii Europejskiej to podstawa wspólnego rynku europejskiego. Utrudnieniem dla wymiany handlowej mogą być jednak odmienne wymagania techniczne wobec wyrobów, stosowane w poszczególnych państwach członkowskich. Metodą eliminacji tego typu barier w przepływie towarów jest ujednolicanie (harmonizacja) przepisów, tak aby były one jednakowe na całym obszarze Unii Europejskiej [26]. Odbywa się to poprzez dyrektywy, które nakładają na państwa członkowskie obowiązek wydania w określonym terminie własnych przepisów krajowych wprowadzających w życie treść dyrektyw.

Po 1985 roku wprowadzono w Unii Europejskiej tzw. Nowe Podejście do harmonizacji przepisów technicznych, które ułatwia i przyspiesza ujednolicanie różnorodnych krajowych uregulowań w dziedzinie bezpieczeństwa wyrobów przemysłowych. Dyrektywy Nowego Podejścia zawierają tylko zasadnicze wymagania związane z bezpieczeństwem, zdrowiem, ochroną konsumenta i ochroną środowiska.

Pozostałe szczegóły techniczne zawarte są w odpowiednich, zharmonizowanych normach europejskich. Każda z dyrektyw Nowego Podejścia nakłada obowiązek umieszczenia na podlegających jej wyrobach oznaczenia CE. Dyrektywy Nowego Podejścia obowiązują w 15 państwach członkowskich UE oraz, na mocy porozumienia o Europejskim Obszarze Gospodarczym (EOG), również w Norwegii, Islandii i Księstwie Lichtenstein. W dalszej części niniejszej pracy będzie mowa o obszarze Unii Europejskiej, lecz należy pamiętać, że wszystkie stwierdzenia odnoszą się w równym stopniu do pozostałych trzech państw EWG [26].

Zdecydowana większość wyrobów, które można określić jako środki ochrony indywidualnej podlega w Unii Europejskiej dyrektywie 89/686/EWG o środkach ochrony indywidualnej, jednej z 21 dotychczas wydanych dyrektyw Nowego Podejścia.

3.3 Dyrektywa 89/686/EWG o środkach ochrony indywidualnej

Dyrektywa nr 89/686/EWG z dnia 21 grudnia 1989 roku o ujednoliceniu przepisów prawnych państw członkowskich dotyczących środków ochrony indywidualnej została trzykrotnie zmieniona następującymi dyrektywami: 93/68/EWG, 93/95/EWG oraz 96/58/EWG [27].

Dyrektywa 89/686/EWG [27] opisuje wymagania dotyczące bezpieczeństwa środków ochrony indywidualnej oraz odpowiednie procedury potwierdzające spełnienie tych wymagań (tzw. procedury oceny zgodności). Środki ochrony indywidualnej mogą zostać wprowadzone na rynek Unii Europejskiej wyłącznie po spełnieniu wszystkich wymagań tej dyrektywy. Jeżeli środek ochrony indywidualnej posiada oznaczenie CE i spełnia postanowienia dyrektywy, może zostać bez przeszkód wprowadzony na rynek każdego z państw członkowskich UE. Uprawnienie to nie ma jednak bezwzględnego charakteru; odpowiednie władze państw członkowskich mają prawo i obowiązek nie dopuścić do obrotu wyrobu, który może okazać się niebezpieczny.

Zgodnie z zasadami Nowego Podejścia, celem dyrektywy jest zapewnienie bezpieczeństwa środków ochrony indywidualnej i ich swobodnego przepływu w ramach wspólnego, europejskiego rynku. Kwestie wyłącznie jakościowe nie są przedmiotem tej regulacji i pozostają w sferze dobrowolnych działań producenta, często zresztą poświadczonych różnymi certyfikatami. W odniesieniu do wyrobów mieszczących się w zakresie obowiązywania dyrektywy, jej wymagania są jedynymi przepisami prawnymi dotyczącymi bezpieczeństwa, które mają do tych wyrobów zastosowanie. Państwa członkowskie nie mogą wprowadzać

żadnych przepisów, które byłyby z dyrektywą sprzeczne lub nakładałyby na producentów dodatkowe wymagania. Natomiast wyroby wyłączone z zakresu obowiązywania dyrektywy podlegają zróżnicowanym przepisom krajowym państw członkowskich lub (rzadziej) innym regulacjom przyjętym na poziomie Unii Europejskiej [27].

Oprócz dyrektywy 89/686/EWG, która dotyczy projektowania i produkcji środków ochrony indywidualnej, istnieje również dyrektywa 89/656/EWG3 dotycząca minimalnych wymagań BHP w zakresie korzystania przez pracowników ze środków ochrony indywidualnej w miejscu pracy. Pierwsza dyrektywa nakłada obowiązki na producentów środków ochrony indywidualnej, druga na pracodawców, którzy powinni zapewnić pracownikom takie środki. Dyrektywy te wzajemnie się uzupełniają i mają pewne elementy styczne. Obie zawierają podobną definicję środka ochrony indywidualnej. Dyrektywa 89/656/EWG w art. 4 nakłada na pracodawcę obowiązek zapewnienia pracownikom środków ochrony indywidualnej, które spełniają odpowiednie europejskie przepisy bezpieczeństwa i zdrowia odnoszące się do projektowania i produkcji tych środków. Chodzi tutaj o przepisy zawarte w dyrektywie 89/686/EWG [27].

Tym, kto przed wprowadzeniem wyrobu na rynek zobowiązany jest do spełnienia wszystkich wymagań dyrektywy jest jego producent. W szczególności jest on odpowiedzialny za:

- wyprodukowanie środka ochrony indywidualnej w taki sposób, aby był on zgodny z zasadniczymi wymaganiami dyrektywy (najlepiej poprzez zastosowanie norm zharmonizowanych, chociaż nie jest to obowiązkowe),
- sporządzenie odpowiedniej dokumentacji technicznej,
- poddanie środka ochrony indywidualnej odpowiedniej procedurze oceny zgodności dokonywanej przez tzw. jednostkę notyfikowaną, jeśli wymaga tego dyrektywa,
- wystawienie deklaracji zgodności WE,
- umieszczenie na wyrobie oznaczenia CE.

Producentem jest osoba fizyczna lub prawna, która wytwarza wyrób z zamiarem wprowadzenia go na rynek Unii Europejskiej pod własną nazwą. Producentem jest zarówno ten, kto faktycznie samodzielnie wyprodukował wyrób, jak i ten, kto wprowadza na rynek w swoim imieniu wyrób dostarczony mu przez poddostawcę [26].

Dyrektywa nie wymaga, aby producent miał siedzibę na obszarze Unii Europejskiej. Te same wymagania musi spełnić producent pochodzący z kraju nie należącego do UE (np. z Polski). W praktyce często polski wytwórca pełni rolę poddostawcy gotowych wyrobów dla dystrybutora

działającego w Unii Europejskiej, który występuje w roli producenta (w rozumieniu dyrektywy). Formalnie producentem jest ten, kto podpisał deklarację zgodności, biorąc w ten sposób na siebie odpowiedzialność za spełnienie wymagań dyrektywy i dostarczenie na rynek bezpiecznego wyrobu.

Każdy producent, zarówno mający siedzibę w Unii Europejskiej, jak i poza nią, może ustanowić swojego upoważnionego przedstawiciela dla dopełnienia obowiązków wynikających z dyrektywy. Upoważniony przedstawiciel musi mieć siedzibę na obszarze Unii Europejskiej. Upoważnienie powinno być dokonane na piśmie i powinno dokładnie określać zadania wynikające z dyrektywy, których wykonanie zostało zlecone przedstawicielowi przez producenta. Producent pochodzący spoza UE nie ma obowiązku ustanawiania upoważnionego przedstawiciela, chociaż jest to najczęściej bardzo praktyczne rozwiązanie. W przypadku, gdy producent nie ma swojej siedziby na obszarze Unii Europejskiej i nie ustanowił upoważnionego przedstawiciela, importer (wprowadzający wyrób na rynek) jest odpowiedzialny za przedstawienie odpowiednim władzom deklaracji zgodności oraz dokumentacji technicznej. On też z reguły poniesie w pierwszej kolejności odpowiedzialność odszkodowawczą, jeśli wyrób okaże się niebezpieczny i wyrządzi szkodę użytkownikowi [26].

Dla celów dyrektywy wprowadzenie wyrobu na rynek oznacza udostępnienie go po raz pierwszy, za odpłatnością lub nieodpłatnie, przez producenta (lub jego przedstawiciela bądź importera) do dystrybucji lub użycia na obszarze Unii Europejskiej (oraz pozostałych państw EWG).

3.4 Wyroby podlegające dyrektywie

Dyrektywie 89/686/EWG podlegają środki ochrony indywidualnej zdefiniowane w art. 1 ust. 2 [27] jako każde urządzenie lub wyposażenie przewidziane do noszenia bądź trzymania przez osobę w celu ochrony przed jednym lub wieloma zagrożeniami dla zdrowia lub bezpieczeństwa.

Dyrektywa ma również zastosowanie do [27]:

- zespołów stanowiących połączenie dwu lub większej liczby urządzeń w integralną całość, zaprojektowanych z myślą o jednoczesnym zabezpieczeniu przed kilkoma zagrożeniami (np. kask ochronny połączony z ekranem chroniącym twarz),
- urządzeń ochronnych połączonych z wyposażeniem indywidualnym innego typu (np. kask ochronny połączony z lampą),
- wymiennych składników środków ochrony indywidualnej stosowanych zamiennie z innymi, niezbędnymi dla prawidłowego funkcjonowania

tych środków i stosowanych wyłącznie jako komponenty danego zestawu,

- układów (podzespołów) stosowanych łącznie ze środkami ochrony indywidualnej w celu połączenia tych środków z urządzeniami zewnętrznymi, także takich, które nie są przewidziane do noszenia lub trzymania przez użytkownika przez cały okres narażenia na zagrożenia.

Dyrektywie podlegają na tych samych zasadach środki ochrony indywidualnej przeznaczone do użytku domowego, rekreacyjno-sportowego, jak i w miejscu pracy.

Z zakresu obowiązywania dyrektywy wyłączonych jest pięć grup środków ochrony indywidualnej wymienionych [27]:

- 1) Środki ochrony indywidualnej zaprojektowane i wykonane specjalnie do użytku przez siły zbrojne lub w celu utrzymania prawa i porządku publicznego (hełmy, tarcze, itp.).
- 2) Środki ochrony indywidualnej do celów samoobrony (pojemniki aerozolowe, osobista broń odstraszająca itp.).
- 3) Środki ochrony indywidualnej zaprojektowane i wykonane do użytku prywatnego zapewniające ochronę przed:
 - niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi (nakrycia głowy, odzież sezonowa, obuwie, parasole itp.),
 - wilgocią i wodą (rękawiczki do zmywania naczyń itp.),
 - ciepłem (rękawice itp.).
- 4) Środki ochrony indywidualnej przeznaczone do ochrony i ratowania osób na statkach lub w samolotach, nie przeznaczone do stałego noszenia (zakładane w sytuacji zagrożenia).
- 5) Hełmy i osłony przeciwsłoneczne przeznaczone dla użytkowników dwu- i trzykołowych pojazdów silnikowych.

Z zakresu obowiązywania dyrektywy 89/686/EWG [27] wyłączone są również środki ochrony indywidualnej, które podlegają innym dyrektywom, przyjętym w tych samych celach, tzn. mającym zapewnić bezpieczeństwo i swobodny obrót wyrobów. Przykładem jest tu dyrektywa 96/98/WE, dotycząca wyposażenia używanego na statkach pełnomorskich. Wśród sprzętu podlegającego jej odrębnym wymaganiom (opartym głównie na konwencjach międzynarodowych) znajdują się np. kamizelki ratunkowe i skafandry.

Może się zdarzyć, że niektóre aspekty bezpieczeństwa środka ochrony indywidualnej podlegać będą innej dyrektywie Nowego Podejścia przewidującej oznaczenie CE. W takim przypadku środek ochrony indywidualnej musi spełniać odpowiednie wymagania tej innej dyrektywy, chociaż ostatecznie umieszcza się na nim tylko jedno oznaczenie CE. Sytuację taką reguluje art. 5 ust. 6a dyrektywy 89/686/EWG. W praktyce takie przypadki zdarzają się w stosunku do środków ochrony indywidualnej bardzo rzadko [26].

3.5 Zasadnicze wymagania w zakresie środków ochrony indywidualnej

Każdy środek ochrony indywidualnej podlegający dyrektywie 89/686/EWG musi spełniać tzw. zasadnicze wymagania bezpieczeństwa i ochrony zdrowia. Obowiązek ten jest sformułowany w art. 3 dyrektywy, natomiast treść zasadniczych wymagań znajduje się w Załączniku II do dyrektywy [27].

Załącznik II [27] składa się z trzech części:

1. Wymagania ogólne mające zastosowanie do wszystkich środków ochrony indywidualnej.

Wyszczególnione są tu podstawowe zasady projektowania środków ochrony indywidualnej oraz zakres informacji, które muszą być dostarczone przez producenta użytkownikowi. Najważniejsza zasada dotycząca projektowania środków ochrony indywidualnej mówi, że należy zastosować najwyższy możliwy poziom ochrony - taki, powyżej którego niedogodności związane z noszeniem środków ochrony indywidualnej uniemożliwiają ich skuteczne używanie.

2. Wymagania dodatkowe dla różnych typów środków ochrony indywidualnej:

- wyposażonych w systemy regulacji,
- zakrywających chronione części ciała,
- do ochrony twarzy, oczu i dróg oddechowych,
- ulegających procesowi starzenia,
- narażonych na zaczepienie w trakcie użytkowania,
- do użytku w atmosferze zagrożonej wybuchem,

- z przeznaczeniem do użytku w nagłych przypadkach, umożliwiających szybkie zakładanie i zdejmowanie,
 - do użytku w sytuacjach skrajnego zagrożenia,
 - zawierających komponenty, które użytkownik może regulować bądź odłączać we własnym zakresie,
 - podłączanych do urządzenia zewnętrznego,
 - wyposażonych w system obiegu cieczy,
 - opatrzonych znakami identyfikacyjnymi lub rozpoznawczymi,
 - stosowanych do wizualnej sygnalizacji obecności użytkownika,
 - zabezpieczających przed wielorakimi zagrożeniami.
3. Wymagania dodatkowe dotyczące środków ochrony indywidualnej do użytku w sytuacjach specyficznego zagrożenia, takich jak:
- urazy mechaniczne, upadki w wyniku poślizgu, upadki z wysokości i wibracje,
 - nacisk statyczny, otarcie, przebicie, przecięcie i uszczypnięcie,
 - utonięcie,
 - hałas, wysokie temperatury i ogień oraz niskie temperatury,
 - porażenie elektryczne, promieniowanie niejonizujące i jonizujące,
 - substancje niebezpieczne i czynniki zakaźne,
 - ryzyko towarzyszące nurkowaniu.

Zasadnicze wymagania mają charakter dosyć ogólny. Przede wszystkim określają one rezultaty, które należy osiągnąć lub zagrożenia, którym trzeba zapobiegać. Nie precyzują jednak ani nie przesadzają, jakich środków technicznych należy w tym celu użyć. Producent powinien dokonać analizy ryzyka związanego z używaniem środka ochrony indywidualnej w celu stwierdzenia, które z zasadniczych wymagań zapisanych w dyrektywie będą miały do niego zastosowanie. Lista zidentyfikowanych w ten sposób zasadniczych wymagań powinna zostać włączona do dokumentacji technicznej [26].

Producent środka ochrony indywidualnej może, projektując go, zastosować się bezpośrednio do zasadniczych wymagań. W praktyce o wiele korzystniejsze jest jednak stosowanie norm zharmonizowanych, które zostały przyjęte w związku z dyrektywą. Stosowanie norm zharmonizowanych jest najłatwiejszym sposobem wykazania zgodności wyrobu z zasadniczymi wymaganiami dyrektywy [26].

3.6 Normy zharmonizowane

Normy zharmonizowane są to europejskie normy techniczne, opracowane i ustanowione przez jedną z europejskich organizacji normalizacyjnych (CEN, CENELEC lub ETSI) na podstawie zlecenia, tzw. mandatu, wydanego przez Komisję Europejską [26].

CEN - Europejski Komitet Normalizacyjny,
CENELEC - Europejski Komitet Normalizacyjny Elektrotechniki,
ETSI - Europejski Instytut Norm Telekomunikacyjnych.

CENELEC, CEN i ETSI są to trzy europejskie organizacje normalizacyjne, uznane za kompetentne w dziedzinie dobrowolnej normalizacji technicznej. Organizacje te w określonych dla siebie dziedzinach działalności opracowują normy europejskie i trzy razem tworzą "europejski system normalizacyjny".

Normy zharmonizowane ustanawia się dla każdej z dyrektyw Nowego Podejścia, w tym również dla dyrektywy 89/686/EWG. Stanowią one uszczegółowienie i rozwinięcie zasadniczych wymagań dyrektywy. Zawierają specyfikacje techniczne dotyczące projektowania środków ochrony indywidualnej oraz metody badań.

Wyprodukowanie wyrobu zgodnie z normą zharmonizowaną daje domniemanie zgodności z zasadniczymi wymaganiami dyrektywy pod warunkiem, że [27]:

- symbol tej normy został opublikowany w Dzienniku Urzędowym Wspólnot Europejskich w odpowiednim wykazie norm związanych z tą dyrektywą,
- norma ta została przeniesiona do systemu norm krajowych przynajmniej jednego państwa członkowskiego Unii Europejskiej.

Domniemanie zgodności dotyczy tylko tych zasadniczych wymagań, które objęte są daną normą zharmonizowaną. Zastosowanie norm zharmonizowanych, które dają domniemanie zgodności jest dobrowolne. Jeśli jednak producent zdecyduje się na niestosowanie norm zharmonizowanych, powinien innymi środkami wykazać zgodność wyrobu z zasadniczymi wymaganiami dyrektywy [26].

W Dzienniku Urzędowym Wspólnot Europejskich opublikowano symbole ponad 200 norm zharmonizowanych odnoszących się do dyrektywy 89/686/EWG o środkach ochrony indywidualnej. Normy te są

stopniowo wprowadzane do systemu Polskich Norm przy zachowaniu tej samej numeracji (uzyskują wtedy symbol PN-EN). Informacje o aktualnym stanie wdrożenia norm europejskich uzyskać można w Polskim Komitecie Normalizacyjnym.

3.7 Przegląd polskich norm dotyczących sprzętu ochronnego zharmonizowanych z przepisami Unii Europejskiej

3.7.1 Polska Norma PN-EN 61243-1 [28]

Prace pod napięciem

Wskaźniki napięcia

„Wskaźniki typu pojemnościowego stosowane przy napięciach prądu przemiennego powyżej 1 kV”.

Normą tą objęto przenośne pojemnościowe wskaźniki napięcia z wewnętrznym źródłem zasilania lub bez tego źródła, stosowane w sieciach elektrycznych o napięciu od 1 kV do 420 kV prądu przemiennego i częstotliwości od 15Hz do 60Hz. Podano 31 definicji. Ustalono wymagania ogólne i szczegółowe. Omówiono badania. W załącznikach normatywnych podano kolejność badań, instrukcję stosowania wskaźników, procedurę pobierania próbek oraz opis badania udarem mechanicznym.

Niniejsza norma jest tłumaczeniem angielskiej wersji normy europejskiej EN 61243-1:1997.

Tytuł oryginału w wersji angielskiej:

„Live working – Voltage detectors. Part 1: Capacitive type to be used for voltages exceeding 1kV a.c.”.

Ustanowiona przez Polski Komitet Normalizacyjny 23 lipca 1998 r.

3.7.2 Polska norma PN-EN 60903 +A11 [29]

„Rękawice pięcio- i trójpalcowe z materiału izolacyjnego do pracy pod napięciem”.

W normie podano podział rękawic na sześć klas, różniących się właściwościami elektrycznymi - oznaczonych: klasa 00, 0, 1, 2, 3 i 4. Podano podział rękawic na sześć kategorii, różniących się następującymi właściwościami: odpornością na działanie kwasów, oleju i ozonu, zwiększoną wytrzymałością mechaniczną oraz odpornością na kombinację tych czynników - oznaczonych odpowiednio A, H, Z, M i R, a także odpornością na działanie skrajnie niskiej temperatury - kategoria C.

Niniejsza norma jest tłumaczeniem angielskiej wersji normy europejskiej EN 60903:1992.

Tytuł oryginału w wersji angielskiej:
„Specification for gloves and mitts of insulating material for live working”.

Ustanowiona przez Polski Komitet Normalizacyjny 12 listopada 1998 r.

3.7.3 *Polska norma PN-EN 60855 [30]*

„Rury izolacyjne wypełnione pianką i pręty pełne do prac pod napięciem”.

W normie określono budowę i właściwości rur izolacyjnych wypełnionych pianką oraz prętów pełnych z materiałów syntetycznych, z których wykonuje się narzędzia i sprzęt stosowane do prac pod napięciem w sieciach o napięciu powyżej 1 kV.

Niniejsza norma jest tłumaczeniem angielskiej wersji normy europejskiej EN 60855:1996.

Tytuł oryginału w wersji angielskiej:
„Insulating foam-filled tubes and solid rods for live working”.

Ustanowiona przez Polski Komitet Normalizacyjny 19 kwietnia 1999r.

3.7.4 *Polska norma PN-EN 60984 +A11 [31]*

„Rękawy z materiału izolacyjnego do prac pod napięciem”.

W normie podano pięć klas rękawów z materiału izolacyjnego do ochrony pracowników przed przypadkowym zetknięciem się z przewodami elektrycznymi, aparaturą lub innymi częściami obwodów elektrycznych

pod napięciem. Oznaczono klasy rękawów różniących się właściwościami elektrycznymi jako klasy 0, 1, 2, 3 i 4. Podano pięć kategorii rękawów różniących się odpornością na oddziaływanie kwasu, oleju, ozonu, odpornością łączną na olej i ozon oraz odpornością na skrajnie niską temperaturę, które oznaczono odpowiednio A, H, Z, S i C. W załącznikach normatywnych A i E podano ograniczenia elektryczne stosowania rękawów z materiałów izolacyjnych i określono procedurę pobierania próbek.

Niniejsza norma jest tłumaczeniem angielskiej wersji normy europejskiej EN 60984:1992.

Tytuł oryginału w wersji angielskiej:
„Sleeves of insulating material for live working”.

Ustanowiona przez Polski Komitet Normalizacyjny 23 lipca 1998 r.

3.7.5 *Polska norma PN-EN 61230 [32]*

Prace pod napięciem
„Przenośny sprzęt do uziemiania lub uziemiania i zwierania”.

W normie umieszczono zalecenia dotyczące produkcji, wyboru, stosowania i konserwacji sprzętu przenośnego używanego do okresowego uziemiania lub uziemiania i zwierania elektrycznie rozdzielonych systemów przesyłowych i rozdzielczych prądu przemiennego, z systemami trakcji kolejowej włącznie, w celu ochrony pracujących. Dotyczy tylko sprzętu, w którym stosowane są przewody miedziane, szyny miedziane lub aluminiowe, służące do uziemiania i zwierania.

Niniejsza norma jest tłumaczeniem angielskiej wersji normy europejskiej EN 61230:1995.

Tytuł oryginału w wersji angielskiej:
„Live working – Portable equipment for earthing or earthing and short-circuiting”.

Ustanowiona przez Polski Komitet Normalizacyjny 27 maja 1999 r.

3.7.6 *Polska norma PN-IEC 895 [33]*

„Ubiory przewodzące do prac pod napięciem przy urządzeniach o napięciu znamionowym do 800 kV prądu przemiennego”.

Normą objęto ubrania przewodzące ochraniające elektryków podczas prac pod napięciem, gdy stosowana jest metoda pracy na potencjale, przy urządzeniach o napięciu znamionowym do 800 kV prądu przemiennego. Dotyczy kompletnych ubiorów przewodzących oraz części składowych: rękawic, okrycia głowy, obuwia i skarpet.

Określono w niej następujące rodzaje badań: wyznaczanie rezystancji elektrycznej tkaniny ubioru, pomiar skuteczności działania ekranu elektrostatycznego. Podano metody badań tkaniny, z której wykonano ubiór, kaptur, skarpety i rękawice w zakresie sprawdzenia: odporności na zapalenie, odporności na zużycie w wyniku prania i czyszczenia, odporności na obciążenia prądowe.

Niniejsza norma jest tłumaczeniem angielskiej wersji normy europejskiej IEC 895:1987.

Tytuł oryginału w wersji angielskiej:

„Conductive clothing for live working at a nominal voltage up to 800 kV a.c.”.

Ustanowiona przez Polski Komitet Normalizacyjny 14 października 1994 r.

3.7.7 *Polska norma PN-EN 61235 [34]*

Prace pod napięciem

„Rury izolacyjne puste do celów elektrycznych”.

Normą objęto rury izolacyjne puste, wykonane z materiałów syntetycznych, przeznaczone do wyrobu sprzętu i wyposażenia używanego do prac w sieciach o napięciu powyżej 1 kV. Podano wymagania dotyczące parametrów technicznych (materiałów, średnic rur), badań typu (ogłędziny, sprawdzenie wymiarów, badania elektryczne, mechaniczne badania zmęczeniowe), badań wyrobu, badań wyrywkowych, znakowania, modyfikacji i odbioru.

Niniejsza norma jest tłumaczeniem angielskiej wersji normy europejskiej EN 61235:1995.

Tytuł oryginału w wersji angielskiej:

„Live working – Insulating hollow tubes for electrical purposes”.

Ustanowiona przez Polski Komitet Normalizacyjny 1 kwietnia 1999 r.

3.7.8 *Polska norma PN-IEC 743 [35]*

„Narzędzia i sprzęt stosowany przy pracach pod napięciem. Terminologia”.

W normie podano terminologię narzędzi i sprzętu stosowanych przy pracach pod napięciem. Określono jedynie niezbędne rodzaje narzędzi i sprzętu, bez podawania elementów składowych oraz metod ich stosowania. Zamieszczono 215 rysunków, pozwalających na identyfikację narzędzi i sprzętu oraz normalizację ich nazw.

Norma jest tłumaczeniem oficjalnej wersji językowej normy międzynarodowej IEC 743:1983.

Tytuł oryginału w wersji angielskiej:

„Terminology for tools and equipment to be used in live working”.

Ustanowiona przez Polski Komitet Normalizacyjny 22 grudnia 1994 r.

3.7.9 *Polska norma PN-EN 61219 (PN-IEC 1219) [36]*

Prace pod napięciem

„Sprzęt do uziemiania lub uziemiania i zwierania, w którym zastosowano lance jako urządzenie zwierające”.

W normie podano wymagania dotyczące sprzętu przeznaczonego do okresowego uziemiania lub uziemiania i zwierania odizolowanych elektrycznie części urządzeń prądu przemiennego. Dokładnie określono działanie, wymagania bezpieczeństwa i badania urządzeń z lancami, w których czynnikiem zwierającym są pręty miedziane, pręty aluminiowe lub pręty żelazne. Podano zasady doboru, użytkowania i przeglądu tych

urządzeń oraz badania wymagane przed dopuszczeniem ich do eksploatacji.

Niniejsza norma jest oficjalnym tłumaczeniem angielskiej wersji językowej normy EN 61219:1993.

Tytuł oryginału w wersji angielskiej:

„Live working – Earthing or earthing and short-circuiting equipment using lances as a short-circuiting device – Lance earthing”.

Ustanowiona przez Polski Komitet Normalizacyjny 17 października 1997 r.

3.7.10 *Polska norma PN-IEC 832 [37]*

„Drażki izolacyjne i uniwersalne elementy robocze do prac pod napięciem”.

Norma dotyczy drążków izolacyjnych oraz ich wyposażenia i jest podzielona na trzy rozdziały. W rozdziale 1 określono wymagane właściwości drążków izolacyjnych z wyposażeniem przymocowanym na stałe oraz badania (elektryczne i mechaniczne), które przez ten sprzęt powinny być spełnione. Rozdziale 2 określono wymagane właściwości części, które mogą być mocowane i zdejmowane z drążków opisanych w rozdziale 1 oraz badania, które przez ten sprzęt powinny być spełnione. W rozdziale 3 określono specjalne postanowienia dotyczące drążków izolacyjnych i ich uniwersalnych elementów roboczych. Zamieszczono 56 rysunków.

Niniejsza norma jest oficjalnym tłumaczeniem angielskiej wersji językowej normy IEC 832:1988.

Tytuł oryginału w wersji angielskiej:

„Insulating poles (insulating sticks) and universal tool attachments (fittings) for live working”.

Ustanowiona przez Polski Komitet Normalizacyjny 30 grudnia 1994 r.

3.8 Przegląd polskich norm dotyczących sprzętu ochronnego nie zharmonizowanych z przepisami Unii Europejskiej

3.8.1 Polska norma PN-88 E-08501 [38]

„Urządzenia elektryczne. Tablice i znaki bezpieczeństwa”.

W normie zawarte są tablice i znaki bezpieczeństwa przeznaczone do ostrzegania o grożącym niebezpieczeństwie, do wyrażania zakazu oraz do informowania o zagrożeniu i stanie urządzeń osób obsługujących urządzenia elektryczne, jak również osób postronnych, przebywających lub przechodzących w pobliżu takich urządzeń. Norma ma zastosowanie przy projektowaniu tablic i znaków bezpieczeństwa, podczas produkcji i odbioru od producentów oraz w eksploatacji urządzeń elektrycznych.

Ustanowiona przez Polski Komitet Normalizacyjny 20 grudnia 1988 r.

3.8.2 Polska norma PN-58 E-08504 [39]

„Elektroenergetyczny sprzęt ochronny. Pomost izolacyjny”.

Przedmiotem normy jest pomost izolacyjny, stosowany przy obsłudze urządzeń elektrycznych wysokiego napięcia. Zawarty jest w niej harmonogram badań technicznych, opis sposobu przechowywania i transportu.

Ustanowiona przez Polski Komitet Normalizacyjny 2 października 1958 r.

3.8.3 Polska norma PN-79 E-08510 [40]

„Elektroenergetyczny sprzęt ochronny. Neonowe uzgadniacze faz”.

W normie opisane są wymagania i badania dotyczące neonowych drążków uzgadniaczy faz przeznaczonych do stwierdzania zgodności faz w sieciach elektroenergetycznych prądu przemiennego o napięciach znamionowych od 3 do 30kV. Zamieszczono dopuszczalne wartości prądów przepływających przez część oporową uzgadniacza faz.

Ustanowiona przez Polski Komitet Normalizacyjny 27 grudnia 1979 r.

3.8.4 *Polska norma PN-87 E-08506* [41]

„Elektroenergetyczny sprzęt ochronny. Dwubiegunowe wskaźniki napięcia do 1000V”.

Przedmiotem normy są wymagania i badania dotyczące dwubiegunowych optycznych wskaźników napięcia, przeznaczonych do stwierdzania obecności napięcia stałego i przemiennego 50 Hz w urządzeniach elektrycznych na napięcie znamionowe do 1000 V. Normę można stosować do wskaźników napięcia używanego przy obsłudze urządzeń elektrycznych z wyjątkiem urządzeń przystosowanych do pracy w pomieszczeniach o specjalnych warunkach, np.: w atmosferze niebezpiecznej pod względem wybuchowym i pożarowym, w pomieszczeniach kopalń i w pomieszczeniach o atmosferze żrącej.

Ustanowiona przez Polski Komitet Normalizacyjny 23 czerwca 1987 r.

3.8.5 *Polska norma PN-80 E-08502* [42]

„Elektroenergetyczny sprzęt ochronny. Drażki izolacyjne na napięcie od 1 do 750 kV”.

W normie przedstawiono wymagania i harmonogram badań drążków izolacyjnych przeznaczonych do obsługi urządzeń elektrycznych na napięcie znamionowe od 1kV do 750kV. Opisano budowę, minimalne wymiary, materiały z których można wykonać drążki, wytrzymałość na zginanie, sposób pakowania, przechowywania i transportu.

Ustanowiona przez Polski Komitet Normalizacyjny 27 czerwca 1980 r.

3.8.6 *Polska norma PN-80 E-08503* [43]

„Elektroenergetyczny sprzęt ochronny. Kleszcze i chwytaki”.

Przedmiotem normy są wymagania i badania dotyczące kleszczy i chwytaków przeznaczonych do wymiany wkładek bezpiecznikowych pod napięciem. Nakładania osłon i przegród izolacyjnych w urządzeniach

elektroenergetycznych na napięcie znamionowe wyższe niż 1kV. Opisano sposób oznaczania kleszczy, wymagania odnośnie używanych materiałów, wymiary minimalne i maksymalne rozstawu szczęk.

Ustanowiona przez Polski Komitet Normalizacyjny 6 lutego 1980 r.

3.8.7 *Polska norma PN-88 E-08509* [44]

„Elektroenergetyczny sprzęt ochronny. Jednobiegunowe wskaźniki napięcia prądu przemiennego do 250 V”.

Norma dotyczy wskaźników napięcia używanych w urządzeniach elektryczny i ich badań, z wyjątkiem urządzeń zainstalowanych w pomieszczeniach specjalnych warunkach. Opisano wymagania odnośnie użytych materiałów, wymiary główne wskaźnika, odporność na przeciążenia, zimno, suche i gorące powietrze, swobodny spadek urządzenia, jego rezystancję izolacji. Sposób jego przechowywania i transport.

Ustanowiona przez Polski Komitet Normalizacyjny dnia 19 marca 1988 r.

3.8.8 *Polska norma PN-83 E-08508* [45]

„Elektroenergetyczny sprzęt ochronny. Uziemiacie przenośne”.

Przedmiotem normy są wymagania i badania dotyczące uziemiaczy przenośnych przeznaczonych do zabezpieczania miejsca pracy w liniach i stacjach (rozdzielnicach) elektroenergetycznych, przez połączenie z uziomem i ze sobą odpowiednich części urządzeń elektroenergetycznych, odłączonych od źródeł energii elektrycznej (na czas wykonywania pracy). Opisano w niej: podział i oznaczenia, materiał użyty do wykonania, jego budowę a w szczególności długości i przekroje przewodów w uziemiaczu.

Ustanowiona przez Polski Komitet Normalizacyjny 7 czerwca 1983 r.

3.9 Procedury oceny zgodności środków ochrony indywidualnej z zasadniczymi wymaganiami

Wyodrębnia się trzy kategorie środków ochrony indywidualnej podlegających dyrektywie 89/686/EWG. Klasyfikacja ta wynika z zastosowania trzech odrębnych procedur oceny zgodności środków ochrony indywidualnej z wymaganiami dyrektywy. Poszczególne kategorie odpowiadają zróżnicowanemu poziomowi zagrożeń, przed którymi te środki mają chronić [26].

Tabela 3.1 Kategorie środków ochrony indywidualnej [26]

Poziom ryzyka	Procedura oceny zgodności
KATEGORIA I	
Środki ochrony indywidualnej o prostej konstrukcji, zabezpieczające przed działaniem czynników minimalnego ryzyka Kategoria obejmuje wyłącznie środki ochrony indywidualnej przeznaczone do zabezpieczenia użytkownika przed: - działaniami czynników mechanicznych, których skutki są powierzchniowe (rękawice ogrodnicze, naparstki itp.), - środkami czyszczącymi słabego działania i o łatwo odwracalnych skutkach działania (rękawiczki ochronne przeciwko rozcieńczonym roztworom detergentów itp.), - zagrożeniami związanymi z manipulacją gorącymi przedmiotami, która nie naraża użytkownika na temperaturę wyższą niż 50° C lub też na niebezpieczne uderzenia (rękawice, fartuchy itp.),	Deklaracja zgodności WE wystawiona przez producenta na jego wyłączną odpowiedzialność (na zgodność z zasadniczymi wymaganiami lub normami zharmonizowanymi) (art. 8 ust. 3) (art. 8 ust. 4b + art. 12 + zał. VI) Dokumentacja techniczna (art. 8 ust. 1 + zał. III) Oznaczenie CE (art. 12 ust.2 + art. 13 + zał. IV)

cd Tabeli 3.1 Kategorie środków ochrony indywidualnej [26]

- czynnikami atmosferycznymi, które nie mają charakteru czynników wyjątkowych i ekstremalnych (nakrycia głowy, odzież sezonowa, obuwie itp.), - słabymi uderzeniami i drganiami, których skutki nie mogą spowodować nieodwracalnych uszkodzeń ciała (lekkie hełmy osłaniające włosy, rękawice, lekkie obuwie itp.), - światłem słonecznym (okulary słoneczne).	
KATEGORIA II	
Wszystkie środki ochrony indywidualnej nie objęte kategorią I i III - średni poziom ryzyka (przykładowo: ochronniki słuchu, hełmy sportowe)	Badanie typu WE przeprowadzone przez jednostkę notyfikowaną, certyfikat badania typu (art. 10) Deklaracja zgodności WE wystawiona przez producenta (na zgodność z zatwierdzonym modelem) (art. 8 ust. 4b + art. 12 + zał. VI) Dokumentacja techniczna (art. 8 ust. 1 + zał. III) Oznaczenie CE (art. 12 ust. 2 + art. 13 + zał. IV)
KATEGORIA III	
Środki ochrony indywidualnej o złożonej konstrukcji, z przeznaczeniem do ochrony przed zagrożeniem życia lub poważnymi i nieodwracalnymi uszkodzeniami zdrowia Kategoria ta obejmuje wyłącznie: - sprzęt ochronny układu	Badanie typu WE przeprowadzone przez jednostkę notyfikowaną, certyfikat badania typu (art. 10) Kontrola jakości wyrobu finalnego (art. 11A) lub System zapewnienia jakości produkcji (art. 11B) pod

cd Tabeli 3.1 Kategorie środków ochrony indywidualnej [26]

oddechowego chroniący przed stałymi lub ciekłymi aerozolami bądź też gazami drażniącymi, niebezpiecznymi, toksycznymi lub promieniotwórczymi, - sprzęt ochronny układu oddechowego zapewniający pełną izolację atmosfery, łącznie z używanym przy nurkowaniu, - środki ochrony indywidualnej zapewniające ograniczoną ochronę przed zagrożeniami chemicznymi lub promieniowaniem jonizującym, - sprzęt ratowniczy do użytku w środowiskach z wysoką temperaturą, których skutki są porównywalne do działania środowiska z temperaturą powietrza 100° C lub wyższą i w których może lub nie może występować promieniowanie podczerwone, płomienie lub narażenie na duże rozpryski roztopionego materiału, - wyposażenie ratownicze do użytku w środowiskach z niską temperaturą, których skutki są porównywalne do działania środowiska z temperaturą powietrza -50° C lub niższą, - środki ochrony indywidualnej chroniące przed upadkami z wysokości, - środki ochrony indywidualnej chroniące przed zagrożeniami elektrycznymi, niebezpiecznym napięciem prądu elektrycznego lub też używane jako izolatory przy pracy z wysokim napięciem.	nadzorem jednostki notyfikowanej (do wyboru przez producenta) Deklaracja zgodności WE wystawiona przez producenta (poświadczająca zgodność z zatwierdzonym modelem oraz podleganie nadzorowi jednostki notyfikowanej w zakresie kontroli produkcji) (art. 8 ust. 4b + art. 12 + zał. VI) Dokumentacja techniczna (art. 8 ust. 1 + zał. III) Oznaczenie CE (art. 12 ust. 2 + art. 13 + zał. IV)
---	---

Każdy środek ochrony indywidualnej, który podlega dyrektywie musi być poddany odpowiedniej procedurze oceny zgodności z

wymaganiami dyrektywy (w szczególności z zasadniczymi wymaganiami bezpieczeństwa i ochrony zdrowia). Procedura ta zależy od kategorii, do której zalicza się dany środek ochrony indywidualnej [26].

Najmniej skomplikowana procedura dotyczy kategorii I. W tym przypadku producent powinien spełnić zasadnicze wymagania odnoszące się do jego wyrobu, a następnie wystawić deklarację zgodności WE. W deklaracji producent deklaruje zgodność wyrobu z dyrektywą na swoją wyłączną odpowiedzialność. Żadna jednostka notyfikowana¹¹ nie bierze w tej procedurze udziału. Producent może deklarować spełnienie norm zharmonizowanych, które dają domniemanie zgodności z zasadniczymi wymaganiami, nie jest to jednak obowiązkowe. Ponadto producent sporządza dokumentację techniczną oraz umieszcza na wyrobie oznaczenie CE [26].

W przypadku, gdy środek ochrony indywidualnej zalicza się do kategorii II, sama deklaracja zgodności nie wystarczy. Wyrób musi zostać poddany badaniu typu WE przeprowadzonemu przez jednostkę notyfikowaną (opis badania typu znajduje się w dalszej części tego rozdziału). Po uzyskaniu certyfikatu badania typu producent wystawia deklarację zgodności WE, w której deklaruje zgodność produkowanych seryjnie wyrobów z zatwierdzonym w badaniu modelem. Tak jak w przypadku obu pozostałych kategorii, producent przygotowuje dokumentację techniczną. Na koniec umieszcza na wyrobie oznaczenie CE.

Środki ochrony indywidualnej należące do kategorii III również poddaje się badaniu typu WE, ale do potwierdzenia zgodności ich seryjnej produkcji z zatwierdzonym w badaniu modelem nie wystarczy deklaracja zgodności wystawiona przez producenta. Konieczny jest udział jednostki notyfikowanej również na etapie produkcji. Są tu przewidziane dwie procedury: kontrola jakości wyrobu finalnego lub system zapewnienia jakości produkcji [26].

Wybór jednej z dwóch powyższych procedur należy do producenta. Również i w tym przypadku producent przygotowuje dokumentację techniczną, wystawia deklarację zgodności i umieszcza na wyrobie oznaczenie CE.

3.10 Zestawienie elementów oceny zgodności dla poszczególnych kategorii środków ochrony indywidualnej

3.10.1 Wstęp

Poniżej omówione zostaną szczegółowo etapy (elementy) wchodzące w skład procedur oceny zgodności przewidzianych w dyrektywie dla różnych kategorii środków ochrony indywidualnej [27]:

- dokumentacja techniczna,
- badanie typu WE,
- kontrola jakości wyrobu finalnego,
- system zapewnienia jakości produkcji,
- deklaracja zgodności,
- oznaczenie CE.

Opisana zostanie również rola jednostek notyfikowanych. Zasadnicze wymagania i normy zharmonizowane omówione zostały w poprzednim rozdziale.

3.10.2 Dokumentacja techniczna

Przed wprowadzeniem danego modelu środka ochrony indywidualnej na rynek, producent zobowiązany jest zgromadzić dokumentację techniczną odnoszącą się do tego modelu. Dokumentacja musi być zgodna z wymaganiami podanymi w Załączniku III do dyrektywy. Powinna być przechowywana w siedzibie producenta przez okres 10 lat od wprowadzenia danego środka ochrony indywidualnej na rynek i udostępniana na życzenie upoważnionych władz [27].

Dokumentacja techniczna musi zawierać wszystkie istotne dane na temat środków zastosowanych przez producenta w celu zapewnienia, że wyrób spełnia zasadnicze wymagania, które się do niego odnoszą.

W szczególności, dokumentacja dotycząca środków ochrony indywidualnej zaliczanych do kategorii II i III powinna zawierać [27]:

- rysunki zbiorcze i szczegółowe, wyliczenia oraz wyniki testów prototypu w takim zakresie, jaki jest niezbędny do stwierdzenia zgodności z zasadniczymi wymaganiami,

- pełną listę zasadniczych wymagań bezpieczeństwa i ochrony zdrowia oraz odpowiadających im norm zharmonizowanych lub innych specyfikacji technicznych, uwzględnionych przy projektowaniu danego modelu. Każdemu z zasadniczych wymagań mających zastosowanie do danego wyrobu musi odpowiadać norma zharmonizowana lub inna specyfikacja techniczna, którą zastosowano aby spełnić to wymaganie,
- opis urządzeń do kontroli i testowania, które będą używane w zakładzie producenta do kontroli zgodności produkcji środków ochrony indywidualnej z normami zharmonizowanymi lub innymi specyfikacjami technicznymi oraz do utrzymania odpowiedniego poziomu jakości,
- kopię instrukcji (broszury) dla użytkownika, o której mowa w Załączniku II, pkt. 1.4. opisywanej dyrektywy [27].

3.10.3 *Badanie typu WE*

Środki ochrony indywidualnej należące do kategorii II i III podlegają obowiązkowemu badaniu typu WE. Badanie to przeprowadzane jest przez jednostkę notyfikowaną. Producent zgłasza wyrób do wybranej przez siebie jednostki notyfikowanej w celu przeprowadzenia badania typu WE.

Badanie typu WE jest procedurą, w której jednostka notyfikowana stwierdza i zaświadcza, że dany model (typ) środka ochrony indywidualnej spełnia odpowiednie wymagania dyrektywy [27].

Do wniosku o przeprowadzenie badania typu dołącza się:

- dokumentację techniczną sporządzoną zgodnie z Załącznikiem III do dyrektywy,
- odpowiednią liczbę egzemplarzy modelu przeznaczonego do badania.

Badanie typu składa się z następujących etapów [26]:

Sprawdzenie dokumentacji technicznej.

Jednostka notyfikowana sprawdza, w jaki sposób osiągnięta została zgodność wyrobu z zasadniczymi wymaganiami dyrektywy, które mają do tego wyrobu zastosowanie. Przede wszystkim sprawdza się, czy i w jakim zakresie uwzględnione zostały normy zharmonizowane.

Jeżeli producent:

- nie zastosował norm zharmonizowanych, lub

- zastosował je tylko częściowo (lub brak takich norm w odniesieniu do niektórych zasadniczych wymagań), jednostka notyfikowana musi:
- stwierdzić, czy inne specyfikacje techniczne zastosowane przez producenta są zgodne z odpowiednimi zasadniczymi wymaganiami, które odnoszą się do danego środka ochrony indywidualnej,
- sprawdzić dokumentację techniczną w celu ustalenia jej zgodności z użytymi przez producenta specyfikacjami technicznymi.

Badanie modelu wyrobu

Jednostka notyfikowana sprawdza, czy przedstawiony do badania model wyrobu został wyprodukowany zgodnie z dokumentacją techniczną. Jeżeli zastosowane zostały normy zharmonizowane, przeprowadza się wszystkie badania i testy niezbędne do ustalenia zgodności z tymi normami [26].

Jeżeli producent:

- nie zastosował norm zharmonizowanych, lub
- zastosował je tylko częściowo (lub brak takich norm w odniesieniu do niektórych zasadniczych wymagań), jednostka notyfikowana przeprowadza wszystkie badania i testy niezbędne do ustalenia zgodności modelu wyrobu z użytymi przez producenta specyfikacjami technicznymi (pod warunkiem, że zostały na wcześniejszym etapie uznane za zgodne z odpowiednimi zasadniczymi wymaganiami).

Jeżeli powyższa procedura zakończy się pomyślnie, jednostka notyfikowana wystawia certyfikat badania typu WE, w którym stwierdza, że badany środek ochrony indywidualnej spełnia odpowiednie wymagania i jest bezpieczny. Kopia tego certyfikatu, a w uzasadnionych przypadkach również dokumentacja techniczna oraz wyniki badań, mogą być udostępnione innym jednostkom notyfikowanym, Komisji Europejskiej i władzom państw członkowskich UE [26].

3.10.4 *Kontrola jakości wyrobu finalnego*

Producent zleca wybranej przez siebie jednostce notyfikowanej przeprowadzanie kontroli gotowych wyrobów w celu sprawdzenia, czy zachowywana jest jednorodność produkcji i jej zgodność z zatwierdzonym wcześniej modelem. Może to być inna jednostka notyfikowana niż ta, która dokonała wcześniej badania typu WE. Kontrola przeprowadzana jest losowo, nie rzadziej niż raz na rok. Jednostka notyfikowana pobiera próbkę wyprodukowanych środków ochrony indywidualnej i przeprowadza

odpowiednie testy. Następnie sporządza protokół, który przekazuje producentowi. Producent musi być w stanie okazać protokół na żądanie odpowiednich władz [26].

3.10.5 *System zapewnienia jakości produkcji*

W art. 11B dyrektywy [27] opisany jest system zarządzania jakością, którego wprowadzenie stanowi alternatywny do kontroli jakości wyrobu finalnego sposób zapewnienia jednorodności produkcji i jej zgodności z zatwierdzonym modelem. Dokumentacja tego systemu musi zawierać takie elementy jak cele zapewnienia jakości, schemat organizacji, zakres odpowiedzialności kadry kierowniczej, księgę jakości itp. System jakości musi być certyfikowany i nadzorowany przez wybraną przez producenta jednostkę notyfikowaną [26].

Tak opisany system jakości jest bardzo podobny do powszechnie stosowanego systemu jakości opartego na normach z serii ISO9000. Jednakże normy te nie są wprost wspomniane w dyrektywie. Znalazło się w niej jedynie sformułowanie, że wymagania uważa się za spełnione w przypadku systemów zapewnienia jakości wykorzystujących odpowiednie normy zharmonizowane. Według interpretacji Komisji Europejskiej wystarczająca jest w tym względzie norma EN ISO9002. Obecnie, w związku z niedawną nowelizacją norm z tej serii, w praktyce wchodzić będzie w grę system jakości zgodny z normą ISO9001:2000 [26].

Bardzo istotną kwestią jest to, że system jakości opisany w dyrektywie, oprócz klasycznych elementów występujących w normach z serii ISO9000 zawiera, pewne specyficzne wymagania [26]:

- w ramach tego systemu każdy egzemplarz wyprodukowanego środka ochrony indywidualnej powinien być testowany na zgodność z odpowiednimi zasadniczymi wymaganiami,
- jednostka notyfikowana przeprowadzająca audit systemu jakości musi sprawdzić, czy zapewnia on zgodność produkowanych wyrobów z uprzednio zatwierdzonym typem.

3.10.6 *Deklaracja zgodności*

Producent ma obowiązek sporządzić i podpisać deklarację zgodności WE dla każdego modelu środków ochrony indywidualnej, niezależnie od kategorii. Obowiązujący wzór deklaracji znajduje się w Załączniku VI do dyrektywy. Deklaracja zgodności WE sporządzana jest w celu

przedstawienia odpowiednim władzom na żądanie. Nie jest konieczne dołączanie jej do każdego egzemplarza wyrobu. W deklaracji producent przede wszystkim oświadcza, że wprowadzany na rynek wyrób jest zgodny z wymaganiami dyrektywy 89/686/EWG. Ponadto, w zależności od sytuacji, deklaruje [27]:

- zgodność wyrobu z normami krajowymi wprowadzającymi normy zharmonizowane (jeżeli takie normy zastosowano),
- zgodność wyrobu z modelem zatwierdzonym w badaniu typu WE, wraz z podaniem numeru odpowiedniego certyfikatu i nazwy jednostki notyfikowanej, która go wydała (dla środków ochrony indywidualnej kategorii II i III),
- podleganie procedurze kontroli jakości wyrobu finalnego lub posiadanie systemu zapewnienia jakości produkcji pod nadzorem jednostki notyfikowanej (dla środków ochrony indywidualnej kategorii III).

Producent zawsze wystawia deklarację zgodności samodzielnie, we własnym imieniu i na własną odpowiedzialność. Nawet jeśli udział jednostki notyfikowanej jest wymagany na określonych etapach oceny zgodności, to ostateczna odpowiedzialność za spełnienie wymagań dyrektywy i wprowadzenie na rynek bezpiecznego wyrobu ciąży na producencie [26].

3.10.7 Oznaczenie CE

Na każdym wprowadzanym na rynek egzemplarzu środka ochrony indywidualnej musi zostać umieszczone oznaczenie CE. Poświadcza ono, że wyrób jest zgodny nie tylko z wszystkimi wymaganiami dyrektywy 89/686/EWG [27], lecz również wymaganiami innych dyrektyw, jeśli miały do niego zastosowanie. Oznaczenie CE umieszczane jest na wyrobie przez producenta samodzielnie, na jego wyłączną odpowiedzialność. Nigdy nie jest ono nadawane przez jednostkę notyfikowaną. Jedynie w przypadku środków ochrony indywidualnej należących do kategorii III, obok oznaczenia CE producent umieszcza numer identyfikacyjny jednostki notyfikowanej, która przeprowadza kontrolę jakości wyrobu finalnego lub nadzoruje system zapewnienia jakości produkcji [26].

Oznaczenie CE musi mieć następującą formę (zgodnie ze wzorem przedstawionym w Załączniku IV do dyrektywy). Jeżeli zostanie ono powiększone lub zmniejszone, muszą zostać zachowane te same proporcje. Nie powinno być mniejsze niż 5 mm (w pionie), chyba że jest umieszczane na wyrobach o bardzo małych wymiarach. Jeśli nie jest możliwe

umieszczenie oznaczenia CE na wyrobie, należy je umieścić na opakowaniu [26].

3.10.8 *Jednostki notyfikowane*

Jednostki notyfikowane są to organizacje wyznaczone przez odpowiednie władze każdego z państw członkowskich Unii Europejskiej do wykonywania zadań wynikających z postanowień dyrektywy 89/686/EWG. Jednostki takie ustanawia się też dla innych dyrektyw Nowego Podejścia. W przypadku dyrektywy o środkach ochrony indywidualnej jednostki notyfikowane uczestniczą w procedurze oceny zgodności na etapie [27]:

- projektowania (badanie typu WE) oraz,
- produkcji (kontrola jakości wyrobu finalnego i system zapewnienia jakości produkcji).

Państwa członkowskie mogą notyfikować dowolne organizacje będące w ich jurysdykcji, jeśli spełniają one wymagania zapisane w załączniku V do dyrektywy (przede wszystkim kompetencje techniczne, niezależność i bezstronność). Notyfikacja polega na poinformowaniu Komisji Europejskiej oraz pozostałych państw członkowskich, że dana jednostka została wyznaczona przez władze swojego państwa do dokonywania oceny zgodności według dyrektywy [27]. Komisja Europejska publikuje w Dzienniku Urzędowym Wspólnot Europejskich stale aktualizowaną listę jednostek notyfikowanych wraz z ich numerami identyfikacyjnymi oraz zakresem czynności, dla których zostały notyfikowane.

Obecnie na liście znajdują się 102 jednostki notyfikowane dla dyrektywy 89/686/EWG, zgłoszone przez następujące państwa: Francja (19), Włochy (19), Niemcy (17), Wielka Brytania (16), Hiszpania (9), Czechy (7), Austria (3), Szwecja (2), Finlandia (2), Grecja (2), Dania (1), Belgia (1), Holandia (1), Portugalia (1), Irlandia (1), Norwegia (1) [26].

Każdy producent może wybrać usługi dowolnej jednostki notyfikowanej, bez względu na to, w jakim państwie ma ona siedzibę. Istotne jest, aby zakres notyfikacji wybranej przez producenta jednostki obejmował dany rodzaj środka ochrony indywidualnej oraz procedurę, która ma być zastosowana. Pod tym względem wśród jednostek notyfikowanych istnieje bardzo duże zróżnicowanie. Przykładowo, niektóre z nich obejmują swoim zakresem działalności jedynie odzież ochronną lub sprzęt do nurkowania. Niektóre jednostki upoważnione są do

uczestniczenia we wszystkich procedurach oceny zgodności przewidzianych w dyrektywie, inne mogą jedynie przeprowadzić badanie typu WE [26].

3.11 Sposoby zapewnienia przestrzegania postanowień dyrektywy

Istnieją dwa podstawowe, wzajemnie się uzupełniające mechanizmy, które motywują producentów do wprowadzania na rynek wyłącznie wyrobów bezpiecznych i spełniających wymagania dyrektywy. Są to [27]:

- prawną odpowiedzialność producenta za produkt przez niego wytworzony i wprowadzony do obrotu,
- nadzór rynkowy wobec produktów znajdujących się w obrocie, sprawowany przez odpowiednie władze państwowe.

Oba te mechanizmy działają wobec wyrobów już znajdujących się na rynku, lecz świadomość ich istnienia ma wpływ na postępowanie producenta od najwcześniejszych etapów wytwarzania. W przypadku środków ochrony indywidualnej związanych z wyższym poziomem ryzyka (kategoria II i III) mechanizmy te są dodatkowo wzmocnione przez kontrolę prowadzoną przez jednostki notyfikowane już od etapu projektowania.

3.12 Odpowiedzialność producenta za produkt

W Unii Europejskiej obowiązują ujednolicone zasady odpowiedzialności producenta za produkt, który okazał się niebezpieczny i spowodował szkodę na mieniu lub osobie. Są one oparte na dyrektywie 85/374/EWG o odpowiedzialności za produkt. Dyrektywa ta została już wprowadzona do polskiego prawa poprzez nowelizację Kodeksu Cywilnego obowiązującą od lipca 2000 r. Do Kodeksu Cywilnego wprowadzono odrębny tytuł „*Odpowiedzialność za szkodę wyrządzoną przez produkt niebezpieczny*” [10], będący wiernym przeniesieniem postanowień dyrektywy.

Jest to nowa podstawa prawna odpowiedzialności producenta za produkt, dodana do innych, już istniejących w polskim prawie (np. z tytułu czynów niedozwolonych na zasadzie winy, z tytułu niewłaściwego wykonania umowy). Odpowiedzialność ta opiera się na zasadzie ryzyka, a nie winy. Oznacza to, że ma ona miejsce z racji samego faktu, że producent

wprowadził do obrotu produkt, który okazał się niebezpieczny. Nie jest przy tym istotne, czy można przypisać mu winę. Producent ryzykuje, że w razie wyrządzenia przez produkt szkody tak czy inaczej poniesie odpowiedzialność. Ryzyko to jest jednak rekompensowane przez zyski osiągane ze sprzedaży produktu [26].

Celem tych przepisów jest:

- ułatwienie uzyskania odszkodowania osobom pokrzywdzonym przez wadliwe i niebezpieczne produkty,
- skłonienie producentów do dokładania wszelkich starań, aby produkty wprowadzane przez nich na rynek były maksymalnie bezpieczne.

Poniżej przedstawione są podstawowe zasady tej odpowiedzialności, której charakterystyczną cechą jest to, że w żadnym wypadku nie można jej w drodze umowy wyłączyć lub ograniczyć.

Odpowiedzialny przede wszystkim jest producent (wytwórca), który wprowadza produkt do obrotu w ramach swojej działalności gospodarczej. Solidarnie z producentem odpowiadają także [26]:

- importer,
- każdy, kto podaje się za producenta przez umieszczenie na produkcie swojej nazwy lub znaku,
- wytwórca materiału, surowca lub części składowej produktu.

Sprzedawca jest odpowiedzialny jedynie wtedy, gdy nie jest w stanie wskazać producenta ani innego dostawcy produktu.

Okoliczności umożliwiające uwolnienie się od odpowiedzialności:

- produkt nie został wprowadzony do obrotu (np. został ukradziony na etapie wytwarzania),
- wprowadzenie produktu do obrotu nastąpiło poza zakresem działalności gospodarczej,
- właściwości niebezpieczne produktu ujawniły się po wprowadzeniu go do obrotu (chyba, że wynikały one z przyczyny tkwiącej poprzednio w produkcji),
- nie można było przewidzieć niebezpiecznych właściwości produktu, uwzględniając stan nauki i techniki w chwili wprowadzenia go do obrotu,

- niebezpieczne właściwości produktu wynikają z zastosowania obowiązujących przepisów prawa.

Dochodzić odszkodowania może każdy, komu niebezpieczny produkt wyrządzi szkodę. Dotyczy to zarówno nabywców produktu (do celów profesjonalnych i prywatnych), jego użytkowników, jak i osób, które przypadkowo znajdują się w zasięgu działania produktu.

Odszkodowanie za wyrządzoną przez produkt niebezpieczny szkodę na osobie nie podlega żadnym ograniczeniom. Odszkodowanie za szkodę na mieniu rządzi się następującymi zasadami [27]:

- przysługuje tylko wówczas, gdy rzecz zniszczona lub uszkodzona należy do rzeczy zwykle przeznaczanych do osobistego użytku i w taki przede wszystkim sposób korzystał z niej poszkodowany,
- nie obejmuje uszkodzenia samego produktu niebezpiecznego ani korzyści, jakie poszkodowany mógłby osiągnąć w związku z jego używaniem,
- nie przysługuje, gdy szkoda nie przekracza kwoty będącej równoważnością 500 EURO.

3.13 Nadzór rynku

Dyrektywa 89/686/EWG [27] zawiera dość ogólnie sformułowany obowiązek stworzenia przez państwa członkowskie na ich terytorium systemu nadzoru rynku w odniesieniu do środków ochrony indywidualnej. W art. 2 ust. 1 stwierdza się, że państwa powinny podjąć niezbędne działania w celu zapewnienia, aby jedynie środki ochrony indywidualnej zapewniające użytkownikom bezpieczeństwo mogły znajdować się na rynku. Każde państwo samo decyduje o tym, jaką formę organizacyjną posiadają odpowiednie organy nadzoru rynku, w rezultacie różnią się one znacznie pomiędzy poszczególnymi państwami [26].

Organy nadzoru rynku mają za zadanie:

- kontrolować, czy środki ochrony indywidualnej znajdujące się na rynku spełniają wymagania dyrektywy,
- w razie wykrycia wyrobów nie spełniających wymagań doprowadzić do uzyskania zgodności z odpowiednimi wymaganiami,
- jeżeli zawiodą inne metody, wycofać wyrób z rynku i zastosować dodatkowe sankcje.

Wyrób posiadający oznaczenie CE może być swobodnie wprowadzony na rynek każdego państwa członkowskiego. Jednakże gdy jest on niebezpieczny lub nie spełnia wymagań dyrektywy władze danego państwa mają prawo i obowiązek nie dopuścić do oferowania takiego wyrobu na rynku [26].

Nadzór rynku może przybierać różne formy. Organy nadzoru mogą [26]:

- regularnie odwiedzać miejsca produkcji i dystrybucji oraz stanowiska pracy,
- organizować wyrywkowe kontrole,
- pobierać próbki w celu poddania ich badaniom,
- żądać wszelkich niezbędnych informacji.

W przypadku wyrobów importowanych na rynek Unii Europejskiej z państw nie będących jej członkami, władze celne mają obowiązek zatrzymania tych wyrobów, jeśli nabiorą uzasadnionych podejrzeń, że mogą one być niebezpieczne, lub jeśli nie towarzyszą im oznaczenia i dokumenty wymagane przez przepisy dotyczące bezpieczeństwa produktów (w tym przez dyrektywę 89/686/EWG).

3.14 Regulacje prawne w Polsce dotyczące środków ochrony indywidualnej

3.14.1 Wprowadzenie

Obowiązujący obecnie system polski jest oparty na podwójnym obowiązku: stosowania niektórych Polskich Norm oraz poddawania wyrobu certyfikacji na znak bezpieczeństwa B [10].

3.14.2 Obowiązek stosowania Polskich Norm

Ustawa o normalizacji z 3 kwietnia 1993 r. wprowadziła w Polsce zasadę dobrowolności stosowania Polskich Norm [46].

Jednakże zasada ta jest ograniczona przez uprawnienie poszczególnych ministrów branżowych do wprowadzania, w drodze rozporządzenia, obowiązku stosowania Polskich Norm, jeśli dotyczą one ochrony życia, zdrowia, mienia, środowiska lub bezpieczeństwa pracy i użytkowania. Wielu ministrów wydało takie rozporządzenia zawierające listy norm do obowiązkowego stosowania.

Normy dotyczące środków ochrony indywidualnej znajdują się w załączniku do Rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 1 grudnia 1998 r. w sprawie wprowadzenia obowiązku stosowania niektórych Polskich Norm dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy. W wykazie wymienionych jest 81 norm, które dotyczą środków ochrony indywidualnej oraz odzieży i obuwia roboczego, z czego 48 norm to odpowiedniki norm europejskich (oznaczone są symbolem PN-EN) [46].

Osoba odpowiedzialna za produkcję lub kontrolę jakości, która nie przestrzega wymagań norm obowiązkowych podlega karze grzywny.

3.14.3 *Obowiązek certyfikacji na znak bezpieczeństwa B*

Ustawa o badaniach i certyfikacji z 3 kwietnia 1993 r. [4] w stosunku do wyrobów, które mogą stwarzać zagrożenie albo służyć ochronie lub ratowaniu życia, zdrowia i środowiska, nakłada obowiązek certyfikacji na znak bezpieczeństwa B lub wystawienia przez producenta deklaracji zgodności (zależnie od stopnia zagrożenia) [4].

Wykaz wyrobów, które podlegają temu obowiązkowi znajduje się w załączniku do Rozporządzenia Rady Ministrów z 9 listopada 1999 r. [51], wydanego na podstawie upoważnienia zawartego w ustawie. W wykazie tym znajduje się ponad dziesięć kategorii wyrobów, które zaliczyć można do środków ochrony indywidualnej (jest to głównie obuwie ochronne i odzież ochronna oraz sprzęt ochronny z tworzyw sztucznych). Kategorie te wyodrębnione są poprzez odniesienie do symboli SWW, z każdorazowym wyłączeniem wyrobów przeznaczonych do ochrony przed działaniem czynników niewielkiego ryzyka, które zdefiniowane są dokładnie w ten sam sposób, co kategoria I środków ochrony indywidualnej w dyrektywie 89/686/EWG [27].

Kolejne rozporządzenia wykonawcze do ustawy o badaniach i certyfikacji określają sposób przeprowadzania certyfikacji oraz związane z nią dokumenty, opłaty i sankcje:

- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 13.1.2000 r. [47] dotyczy trybu wydawania dokumentów dopuszczających do obrotu wyroby podlegające certyfikacji,

- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 10.3.2000 r. [48] dotyczy trybu certyfikacji wyrobów,
- Rozporządzenie Ministra Finansów z 25.4.2001 r. [49] dotyczy sposobu ustalania opłat za czynności związane z badaniami, certyfikacją i weryfikacją,
- Rozporządzenie Ministra Finansów z 11.7.2000 r. [50] dotyczy sankcji ekonomicznych za wprowadzenie do obrotu wyrobów podlegających oznaczeniu znakiem bezpieczeństwa, a nie oznaczonych tym znakiem lub nie spełniających innych wymagań.

Przewidziane w ustawie procedury certyfikacji i weryfikacji dokonywane są przez odpowiednie polskie jednostki certyfikujące akredytowane przez Polskie Centrum Akredytacji. W przypadku wyrobów zaliczanych do środków ochrony indywidualnej, jednostką taką jest w praktyce prawie wyłącznie Centralny Instytut Ochrony Pracy. Podstawą oceny wyrobu są, zgodnie z ustawą, Polskie Normy oraz właściwe przepisy prawne. W przypadku środków ochrony indywidualnej będą to przede wszystkim obowiązkowe Polskie Normy wymienione we wspomnianym uprzednio Rozporządzeniu Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z 1 grudnia 1998 r. [46].

Konkretna procedura, której przed wprowadzeniem do obrotu należy poddać dany środek ochrony indywidualnej znajdujący się w wykazie z 9.11.1999 r., zależy od tego, w jakim państwie został on wyprodukowany [26]:

- Środki ochrony indywidualnej wyprodukowane w Polsce podlegają certyfikacji na znak B (a nie weryfikacji deklaracji zgodności producenta),
- Środki ochrony indywidualnej pochodzące z kraju, z którym Polska zawarła porozumienie w sprawie uznawania certyfikatu zgodności lub deklaracji producenta podlegają procedurze weryfikacji odpowiedniego certyfikatu lub deklaracji wystawionych w kraju pochodzenia. Weryfikacja ta dokonywana jest przez polską jednostkę certyfikującą i nie może trwać dłużej niż 21 dni, a jej koszt ma być nie wyższy niż 10% opłaty za certyfikację takiego samego wyrobu na znak B,
- Środki ochrony indywidualnej importowane z krajów, z którymi Polska nie zawarła porozumienia w sprawie uznawania certyfikatu zgodności lub deklaracji producenta zawsze podlegają certyfikacji na znak B.

3.14.4 *Ochrona pracownika w miejscu pracy*

Polski Kodeks Pracy nakłada na pracodawcę obowiązek dostarczenia pracownikowi środków ochrony indywidualnej, które spełniają wymagania dotyczące oceny zgodności.

Środki ochrony indywidualnej zdefiniowane są w rozporządzeniu wykonawczym do Kodeksu Pracy dotyczącym ogólnych przepisów BHP z 26.9.1997r. [10] jako środki przeznaczone do ochrony człowieka przed niebezpiecznymi i szkodliwymi czynnikami występującymi pojedynczo lub łącznie w środowisku pracy. Zalicza się do nich odzież ochronną oraz środki ochrony: kończyn dolnych i górnych, głowy, twarzy i oczu, układu oddechowego, słuchu, sprzęt chroniący przed upadkiem pracownika z wysokości oraz środki izolujące cały organizm [26].

Środki ochrony indywidualnej znajdujące się w wykazie wyrobów podlegających certyfikacji na znak B jak i normy obowiązkowe z tego zakresu dotyczą w zasadzie prawie wyłącznie wyrobów stosowanych w miejscu pracy.

Można wyciągnąć z powyższego wniosek, że funkcjonujące dotychczas w polskim prawie podejście do środków ochrony indywidualnej koncentruje się na ochronie pracownika w miejscu pracy. Pozostawia to wiele wyrobów chroniących użytkownika przed zagrożeniami poza systemem regulacji i certyfikacji tylko, dlatego że są to wyroby służące do użytku prywatnego poza miejscem pracy [26].

3.15 *Różnice pomiędzy obecnym systemem polskim a obowiązującym w Unii Europejskiej*

W zamieszczonym poniżej zestawieniu przedstawiono najważniejsze różnice pomiędzy nadal obowiązującym w Polsce systemem zapewnienia bezpieczeństwa i dopuszczania na rynek środków ochrony indywidualnej opartym na obowiązku stosowania Polskich Norm i obowiązkowej certyfikacji na znak B [4] a systemem europejskim opartym na dyrektywie 89/686/EWG [27].

System polski zostanie w niedługim czasie dostosowany do europejskiego w ramach przygotowań do wstąpienia.

Tabela 3.2 Różnice w wymaganiach obowiązujących na mocy ustawy między Polską a Unią Europejską w dziedzinie sprzętu ochronnego [26]

POLSKA (ustawa o normalizacji, ustawa o badaniach i certyfikacji)	UNIA EUROPEJSKA (dyrektywa 89/686/EWG)
Wymagania wobec środków ochrony indywidualnej określone są w normach technicznych (PN), które należy stosować obowiązkowo.	Zasadnicze wymagania określone są w akcie prawnym (dyrektywa i implementujące ją przepisy prawa krajowe go w państwach członkowskich). Uszczegółowienie wymagań oraz metody służące ich spełnieniu zawarte są w normach technicznych (EN), których stosowanie jest jednakże dobrowolne – producent ma prawo stosować się bezpośrednio do zasadniczych wymagań.
Zakres środków ochrony indywidualnej podlegających wymaganiom określony jest poprzez wyliczenie konkretnych grup (kategorii). Wyroby, które się w tych kategoriach „nie mieszczą”, nie podlegają żadnym wymaganiom ani procedurom certyfikacji, mimo iż ich używanie wiązać się może z ryzykiem. W wyniku nastawienia na ochronę pracownika wiele wyrobów do użytku prywatnego pozostaje poza systemem wymagań i certyfikacji.	Zakres środków ochrony indywidualnej podlegających wymaganiom określony jest poprzez odwołanie się do funkcji ochronnej wyrobu (każde urządzenie lub wyposażenie noszone lub trzymane przez osobę w celu ochrony przed zagrożeniami). Dzięki takiemu podejściu wymagania bezpieczeństwa odnoszą się w jednakowym stopniu do środków ochrony indywidualnej używanych przez pracowników w miejscu pracy, jak i używanych w celach prywatnych (rekreacyjno-sportowych, domowych).
Procedury oceny zgodności nie są zbyt wyczerpująco określone w obowiązującym prawie. Istniejące przepisy ograniczają się w zasadzie do wyliczenia, jakie elementy powinien zawierać wniosek o	Procedury oceny zgodności zapisane są w dyrektywie i dostosowane do stopnia zagrożenia (trzy kategorie wyrobów i odpowiadające im trzy „ścieżki” oceny zgodności). Tam, gdzie jest to możliwe, pozostawia się

cd Tabeli 3.2 Różnice w wymaganiach obowiązujących na mocy ustawy między Polską a Unią Europejską w dziedzinie sprzętu ochronnego [26]

certyfikację oraz certyfikat na znak bezpieczeństwa B. Producent musi skorzystać z usług krajowych jednostek certyfikujących (obecnie w odniesieniu do środków ochrony indywidualnej funkcjonuje tylko jedna jednostka o szerokim zakresie akredytacji).	producentowi możliwość wyboru procedury (w Kategorii III), pozwalając posłużyć się często istniejącym już wcześniej systemem jakości. Producent może wybrać usługi jednej z wielu jednostek notyfikowanych, z dowolnego państwa członkowskiego.
---	--

Przy próbie podsumowania powyższego zestawienia nasuwa się wniosek, że warto wprowadzić w Polsce system europejski nie tylko ze względu na nasze zobowiązania formalne związane z przygotowaniami do wstąpienia do Unii Europejskiej, ale również ze względu na jego zauważalną przewagę nad dotychczasowym systemem polskim (szczególnie z punktu widzenia producentów oraz użytkowników środków ochrony indywidualnej) [26].

Dzięki szerokiemu ujęciu zakresu wyrobów podlegających dyrektywie 89/686/EWG [27] (opartemu na generalnej definicji, a nie na wyliczeniu konkretnych kategorii), żaden wyrób który może mieć wpływ na bezpieczeństwo używającego go człowieka, nie pozostanie poza systemem wymagań i oceny zgodności z nimi tylko dlatego, że jest zbyt nietypowy lub nowatorski i nie znalazł się w żadnej z góry określonej kategorii. Takie podejście zapewnia wyższy poziom bezpieczeństwa wyrobów, szczególnie przeznaczonych do użytku prywatnego [26].

Istniejący obecnie w Polsce obowiązek stosowania wielu norm uniemożliwia wykorzystanie innych niż zapisane w tych normach rozwiązań technicznych, które mogłyby okazać się bardziej nowoczesne i zapewnić wyższy poziom bezpieczeństwa. Pełne dostosowanie do systemu europejskiego oznaczać będzie zniesienie obowiązku stosowania norm. Nie zmieni to jednak faktu, iż nadal zdecydowana większość producentów będzie posługiwała się normami zharmonizowanymi jako najlepszym narzędziem służącym do uzyskania zgodności wyrobu z zasadniczymi wymaganiami dyrektywy [27].

Procedury oceny zgodności zapisane w dyrektywie dają producentowi jasność co do sposobu, w jaki może być oceniona zgodność jego wyrobu z zasadniczymi wymaganiami. Nie bez znaczenia jest również

fakt, że producent może skorzystać z usług dowolnie wybranej jednostki notyfikowanej, nie tylko krajowej, lecz również zagranicznej.

Większość Polskich Norm z dziedziny środków ochrony indywidualnej, których stosowanie jest obecnie obowiązkowe, to odpowiedniki europejskich norm zharmonizowanych. Oznacza to, że z punktu widzenia konkretnych rozwiązań technicznych stosowanych przez producentów przejście na system europejski w wielu przypadkach nie będzie się wiązało z daleko idącą zmianą. Zmiany nastąpią natomiast w dziedzinie procedur oceny zgodności, rozszerzeniu ulegnie również zakres środków ochrony indywidualnej podlegających wymaganiom bezpieczeństwa [26].

3.16 Proces dostosowywania regulacji polskich do obowiązujących w Unii Europejskiej

Jednym z najistotniejszych warunków członkostwa Polski w Unii Europejskiej jest pełne dostosowanie prawa polskiego do prawa europejskiego. W wyniku prowadzonych przez Polskę od 1998 r. negocjacji w sprawie warunków przyszłego członkostwa będzie możliwe uzyskanie czasowych odstępstw od tej zasady (tzw. okresów przejściowych) tylko w bardzo nielicznych dziedzinach [26].

W swoim stanowisku negocjacyjnym Polska nie występowała o żaden okres przejściowy w stosunku do dyrektywy 89/686/EWG [27] o środkach ochrony indywidualnej (podobnie jak w przypadku pozostałych dyrektyw Nowego Podejścia).

W stanowisku negocjacyjnym dotyczącym obszaru „*Swobodny przepływ towarów*”, w którym umieszczona jest dyrektywa 89/686/EWG, Polska deklaruje, że doprowadzi do zgodności swojego prawa z prawem europejskim najpóźniej do 31 grudnia 2002 r., czyli deklarowanej przez rząd daty gotowości do członkostwa w UE, a tam gdzie się to okaże możliwe, nawet wcześniej. W stosunku do dyrektywy 89/686/EWG zapisana jest deklaracja, że jej pełne wdrożenie do polskiego prawa nastąpi w roku 2001 [27].

Ramy prawne do wprowadzenia w Polsce dyrektyw Nowego Podejścia stworzyła Ustawa z 28 kwietnia 2000 r. o systemie oceny zgodności, akredytacji oraz zmianie niektórych ustaw. Ustawa ta powołuje się bezpośrednio na dyrektywy Nowego Podejścia i definiuje takie charakterystyczne dla nich pojęcia jak zasadnicze wymagania, deklaracja zgodności, notyfikacja. System oceny zgodności określony w ustawie odnosi się przede wszystkim do oceny zgodności wyrobów z zasadniczymi wymaganiami zawartymi w dyrektywach Nowego Podejścia, chociaż

stwarza również możliwość określenia w rozporządzeniach wykonawczych wymagań zawartych w dyrektywach starego typu [26].

Ustawa ma charakter ramowy, zawiera opis podstawowych pojęć i mechanizmów, natomiast wdrażanie konkretnych dyrektyw pozostawia wydanym z jej upoważnienia rozporządzeniom Rady Ministrów lub odrębnym ustawom. W tych rozporządzeniach zawarte będzie to, co najistotniejsze z praktycznego punktu widzenia, czyli przede wszystkim zasadnicze wymagania i procedury oceny zgodności.

Wprowadzenie do polskiego prawa dyrektywy 89/686/EWG [27] o środkach ochrony indywidualnej ma nastąpić w postaci rozporządzenia Rady Ministrów wydanego na podstawie ustawy o systemie oceny zgodności. Mimo iż rozporządzenie to zostanie opublikowane w Dzienniku Ustaw prawdopodobnie w ciągu najbliższych miesięcy, jego wejście w życie planowane jest na dzień 1 stycznia 2003 r. Od tego momentu przestanie w Polsce obowiązywać system dopuszczania na rynek środków ochrony indywidualnej oparty na obowiązkowych Polskich Normach i certyfikacji na znak B, a rozpocznie funkcjonowanie system zgodny z europejskim Nowym Podejściem, oparty na dobrowolnych normach zharmonizowanych i oznaczeniu CE.

Jeżeli do tego czasu Polska wstąpi do Unii Europejskiej (lub zawrze z UE tzw. Europejskie Porozumienie o Ocenie Zgodności), polscy producenci będą podlegali takim samym zasadom, jak producenci funkcjonujący w obecnych państwach członkowskich Unii Europejskiej. Ocena zgodności przeprowadzona w Polsce, w oparciu o certyfikaty wydane przez polskie jednostki notyfikowane, będzie wystarczająca do swobodnego wprowadzenia wyrobu na rynek Unii Europejskiej. Również producenci z państw członkowskich UE będą mogli wprowadzać swoje wyroby na polski rynek bez żadnej dodatkowej weryfikacji [26].

3.17 Podsumowanie

W rozdziale położono nacisk na omówienie regulacji europejskiej jako tej, która docelowo obowiązywać będzie również w Polsce. Nie pominięto przy tym obecnie obowiązującego w kraju systemu przejściowego, opartego na obowiązkowych normach i certyfikacji na znak B. Przedstawione zostały także podstawowe różnice pomiędzy systemem obowiązującym w Unii Europejskiej i Polsce oraz dotychczasowego przebieg procesu dostosowawczego.

W Unii Europejskiej wymagania bezpieczeństwa i zasady dopuszczania na rynek środków ochrony indywidualnej zawarte są w dyrektywie 89/686/EWG [27], jednej z ponad dwudziestu dyrektyw tzw.

Nowego Podejścia do harmonizacji przepisów technicznych państw członkowskich UE.

Środki ochrony indywidualnej mogą być wprowadzone na rynek Unii Europejskiej wyłącznie po spełnieniu wszystkich wymagań dyrektywy i umieszczeniu na nich oznaczenia CE. Za spełnienie tych wymagań i umieszczenie na wyrobie oznaczenia CE odpowiedzialny jest jego producent, bez względu na to, czy ma swoją siedzibę na obszarze UE, czy pochodzi z państwa trzeciego, np. z Polski. Spełnienie zasadniczych wymagań musi zostać potwierdzone poprzez przeprowadzenie odpowiedniej procedury oceny zgodności. To, którą z trzech określonych w dyrektywie procedur należy zastosować, zależy od poziomu zagrożenia, przed którym ma chronić dany środek ochrony indywidualnej. Jedynie w przypadku wyrobów związanych z minimalnym ryzykiem producent może przeprowadzić ocenę zgodności samodzielnie, w pozostałych przypadkach konieczny jest udział jednostki notyfikowanej.

Mechanizmami, które motywują producentów do wprowadzania na rynek wyłącznie wyrobów bezpiecznych i spełniających wymagania dyrektywy, są: odpowiedzialność producenta za produkt niebezpieczny oraz nadzór rynku sprawowany przez odpowiednie władze państwowe.

W Polsce obecnie obowiązujące zasady zapewnienia bezpieczeństwa i dopuszczania na rynek środków ochrony indywidualnej mają charakter przejściowy i będą obowiązywały do czasu pełnego wprowadzenia systemu europejskiego opartego na powyższej dyrektywie. System polski oparty jest na podwójnym obowiązku: stosowania niektórych Polskich Norm oraz poddawania wyrobów certyfikacji na znak bezpieczeństwa B.

Najważniejsze różnice pomiędzy obecnym systemem polskim, a systemem europejskim opartym na powyższej dyrektywie polegają m.in. na tym, że normy techniczne są w Polsce obowiązkowe, a w UE dobrowolne oraz że w Polsce wiele wyrobów do użytku prywatnego pozostaje poza systemem regulacji, natomiast europejskiej dyrektywie podlegają wszelkie środki ochrony indywidualnej zabezpieczające człowieka w różnych okolicznościach, zarówno w pracy, jak i w życiu prywatnym.

W związku z dążeniem do uzyskania członkostwa w Unii Europejskiej, Polska w swoim stanowisku negocjacyjnym zadeklarowała doprowadzenie do zgodności swojego prawa z prawem europejskim w obszarze swobodnego przepływu towarów (do którego zalicza się dyrektywa 89/686/EWG) najpóźniej do 31 grudnia 2002 r. [27].

4 Charakterystyka sprzętu ochronnego i prac wykonywanych przy jego użyciu

4.1 Wstęp

Przy czynnościach łączeniowych, pomiarach wielkości elektrycznych, pracach konserwacyjnych itp., bezpieczne wykonanie tych czynności wymaga zastosowania specjalnego sprzętu ochronnego. Sprzęt ten ma za zadanie zabezpieczenie osób obsługujących urządzenia elektryczne przed porażeniem prądem elektrycznym, działaniem łuku elektrycznego oraz przed urazami mechanicznymi.

W poniższym rozdziale zostanie scharakteryzowany sprzęt ochronny stosowany przy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych. Zostaną również opisane poszczególne rodzaje czynności, przy których wymagane jest stosowanie sprzętu ochronnego.

4.2 Ogólna charakterystyka sprzętu ochronnego

4.2.1 Rodzaje sprzętu ochronnego

Podczas wykonywania prac związanych z obsługą, konserwacją, remontem i pomiarami, wysokiego, średniego i niskiego napięcia, pracownicy zobowiązani są posługiwać się odpowiednio sprzętem ochronnym, zabezpieczającym przed porażeniem prądem elektrycznym, działaniem łuku elektrycznego lub urazami mechanicznymi przy czynnych urządzeniach elektroenergetycznych.

W zależności od przeznaczenia sprzęt ochronny dzieli się na [1]:

1. Sprzęt izolacyjny, którego zadaniem jest ochrona przed przepływem przez ciało człowieka prądu elektrycznego. Do tej grupy sprzętu zalicza się:
 - drążki izolacyjne (manipulacyjne, pomiarowe i do zakładania uziemiaczy przenośnych),
 - kleszcze i uchwyty izolacyjne do bezpieczników,
 - półbuty i kalosze elektroizolacyjne, pomosty izolacyjne, dywaniki i chodniki gumowe, rękawice elektroizolacyjne i narzędzia izolowane.

2. Sprzęt do stwierdzania obecności lub braku napięcia. Są to wskaźniki wysokiego i niskiego napięcia oraz uzgadniacze faz.
3. Sprzęt chroniący przed pojawieniem się napięcia, do którego zalicza się: uziemiacze przenośne i zarzutki.
4. Sprzęt zabezpieczający przed działaniem łuku elektrycznego, produktów spalania i przed obrażeniami mechanicznymi. Do tej grupy sprzętu zalicza się: okulary ochronne przeciwdopryskowe, rękawice azbestowe, maski przeciwgazowe, pasy bezpieczeństwa, szelki bezpieczeństwa, drabiny, podnośniki i słupolazy.
5. Sprzęt pomocniczy: przenośne ogrodzenia i płyty izolacyjne, bariery i linki, nakładki izolacyjne, tablice ostrzegawcze i siatki ochronne.

4.2.2 Sprzęt izolacyjny

Sprzęt ochronny izolacyjny w zależności od wysokości napięcia dzieli się na: sprzęt zasadniczy i dodatkowy. Przy użyciu sprzętu zasadniczego można bezpiecznie dotykać elementów znajdujących się pod napięciem [1].

Tabela 4.1 Podział sprzętu izolacyjnego [1]

Rodzaj sprzętu	Napięcie powyżej 1 kV	Napięcie do 1 kV
Zasadniczy	Drażki, kleszcze i wskaźniki napięcia	Drażki, kleszcze i uchwyty izolacyjne, wskaźniki napięcia, rękawice elektroizolacyjne oraz narzędzia izolowane.
Dodatkowy	Rękawice elektroizolacyjne, półbuty elektroizolacyjne, dywaniki i chodniki gumowe, pomosty izolacyjne	Kalosze, półbuty elektroizolacyjne, dywaniki chodniki gumowe oraz pomosty izolacyjne

Sprzęt dodatkowy nie stanowi pełnego zabezpieczenia, ale użyty łącznie ze sprzętem zasadniczym zwiększa pewność bezpieczeństwa pracy.

Drażki izolacyjne zalicza się do sprzętu zasadniczego. Wykonywane są jako uniwersalne. Drażek może być stosowany do różnych celów, w zależności od rodzaju elementu roboczego np. przy użyciu zaczepu manewrowego typu ZO do odłączników, drażek służy do obsługi odłączników, a przy zastosowaniu zaczepu manewrowego typu ZU do uziemiaczy, ten sam drażek służy do zakładania uziemiaczy przenośnych [24].

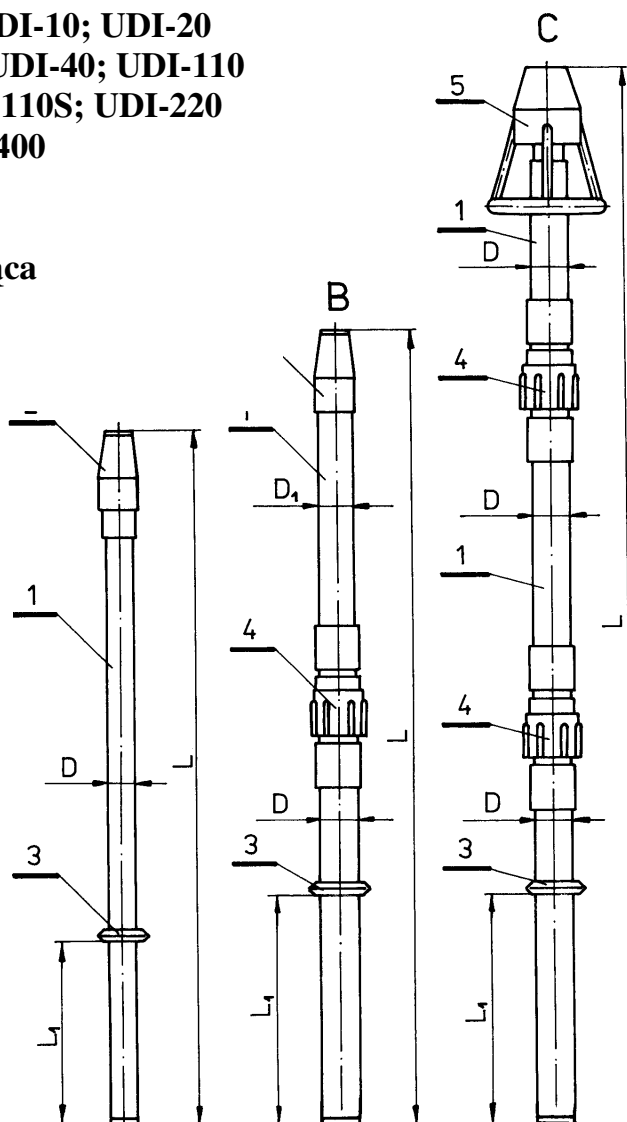
Tabela 4.2 Drażki izolacyjne – parametry [24]

Symbol drażka		Napięcie znamionowe drażka[kV]	Maksymalne napięcie znamionowe obsługiwanego urządzenia [kV]	Wymiary drażków				Liczba członów	Masa brutto [kg]
				L [mm]	L1 [mm]	D [mm]	D1 [mm]		
Drażki jednolite	UDI-1	1	1	500	150	Ø30	–	1	0,45
	UDI-10	10	10	900	300	Ø30	–		0,68
	UDI-20	20	20	1100	400	Ø30	–		0,78
	UDI-30	30	30	1160	400	Ø30	–		0,81
	UDI-40	40	40	1260	400	Ø30	–		0,83
	UDI-110	110	110	2100	900	Ø30	–		1,30
Drażki Wielocłonowe	UDI-110S	110	110	3250	900	Ø40	Ø35	2	3,20
	UDI-220	220	220	3650	1200	Ø40	–	2	3,65
	UDI-400	400	400	5200	1500	Ø40	–	3	7,90

- A – jednolity: UDI-1; UDI-10; UDI-20
UDI-30; UDI-40; UDI-110
B – dwuczłonowy: UDI-110S; UDI-220
C – trójczłonowy: UDI-400

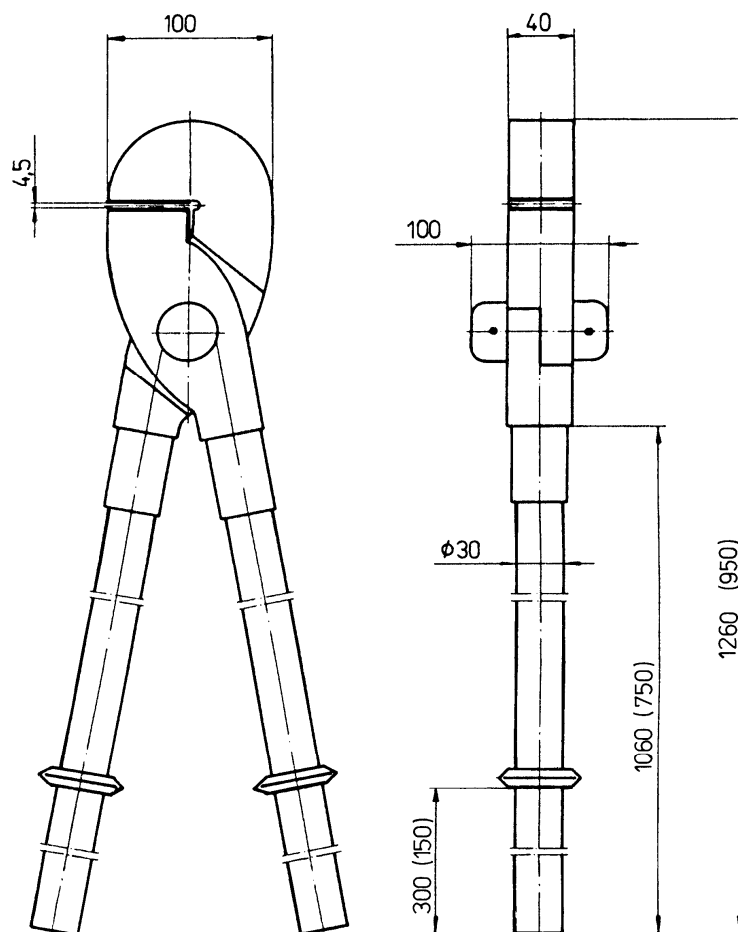
1. Rura izolacyjna
2. Głowica szybkomocująca
3. Ogranicznik uchwytu
4. Złącze
5. Głowica iskrowa

- L – długość całkowita drążka
L₁ – długość uchwytu drążka
D – średnica zewnętrzna rury
D₁ – średnica zewnętrzna rury



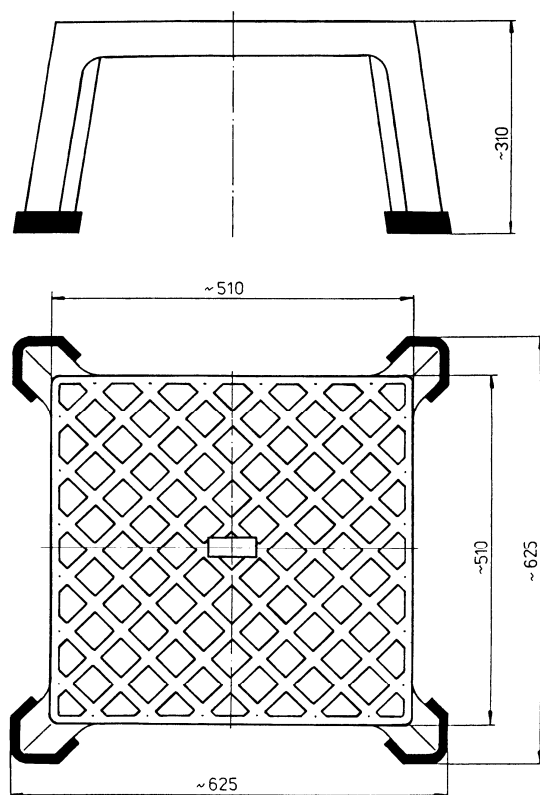
Rys. 4.1 Uniwersalny drążek izolacyjny UDI [24]

Kleszcze izolacyjne stanowią zasadniczy sprzęt ochronny. Składają się z części roboczej i połączonych z nią dwóch ramion izolacyjnych. Część robocza kleszczy jest wykonana z impregnowanego drewna bukowego, natomiast ramiona kleszczy są wykonywane z rur papierowo-bakelitowych z nałożonymi ogranicznikami uchwytu. Przeznaczone są do zakładania i wyjmowania wkładek bezpiecznikowych, nakładania osłon izolacyjnych itp. w urządzeniach elektroenergetycznych o napięciu znamionowym do 30 kV [1].



Rys. 4.2 Kleszcze izolacyjne boczne KIB [24]

Pomost izolacyjny jest stosowany jako dodatkowy sprzęt ochronny przy obsłudze urządzeń elektroenergetycznych o napięciu powyżej 1 kV.



Rys. 4.3 Pomost izolacyjny PI-45 [24]

Rękawice elektroizolacyjne wykonane są z elastomerów (kautczuku naturalnego). Stanowią zasadniczy sprzęt izolacyjny przy urządzeniach i napięciu do 1 kV oraz sprzęt dodatkowy przy urządzeniach o napięciu powyżej 1 kV [1].



Rys. 4.4 Rękawice elektroizolacyjne [24]

Tabela 4.3 Parametry techniczne rękawic elektroizolacyjnych stosowanych w pracy z urządzeniami SN na przykładzie rękawic ELSEC firmy SECURA [52]

Typ rękawic wg wysokości napięcia		1	2	3	4
Napięcie probiercze przemienne, wartość skuteczna	kV	10	15	20	30
Minimalne przemienne napięcie wytrzymywane, wartość skuteczna	kV	20	25	30	40
Maksymalne przemienne napięcie użytkowania, wartość skuteczna	kV	7,5	12	17	26,5
Maksymalne stałe napięcie użytkowania	kV	11,25	19	25,5	39,75
Maksymalny prąd upływu, wartość skuteczna	mA	4,0	5,0	6,0	8,0
Minimalna wytrzymałość na rozciąganie	Mpa	14	14	14	14
Minimalne wydłużenie względne w chwili zerwania	%	600	600	600	600

Kalosze i półbuty elektroizolacyjne są używane jako dodatkowy sprzęt ochronny izolujący od ziemi. Kalosze stosuje się przy urządzeniach o napięciu nie przekraczającym 1 kV, półbuty zaś przy dowolnej wartości napięcia.

Dywaniki i chodniki gumowe służą jako dodatkowy sprzęt ochronny, izolujący od ziemi przy urządzeniach elektroenergetycznych o dowolnym napięciu [1].

4.2.3 Sprzęt służący do stwierdzania obecności napięcia

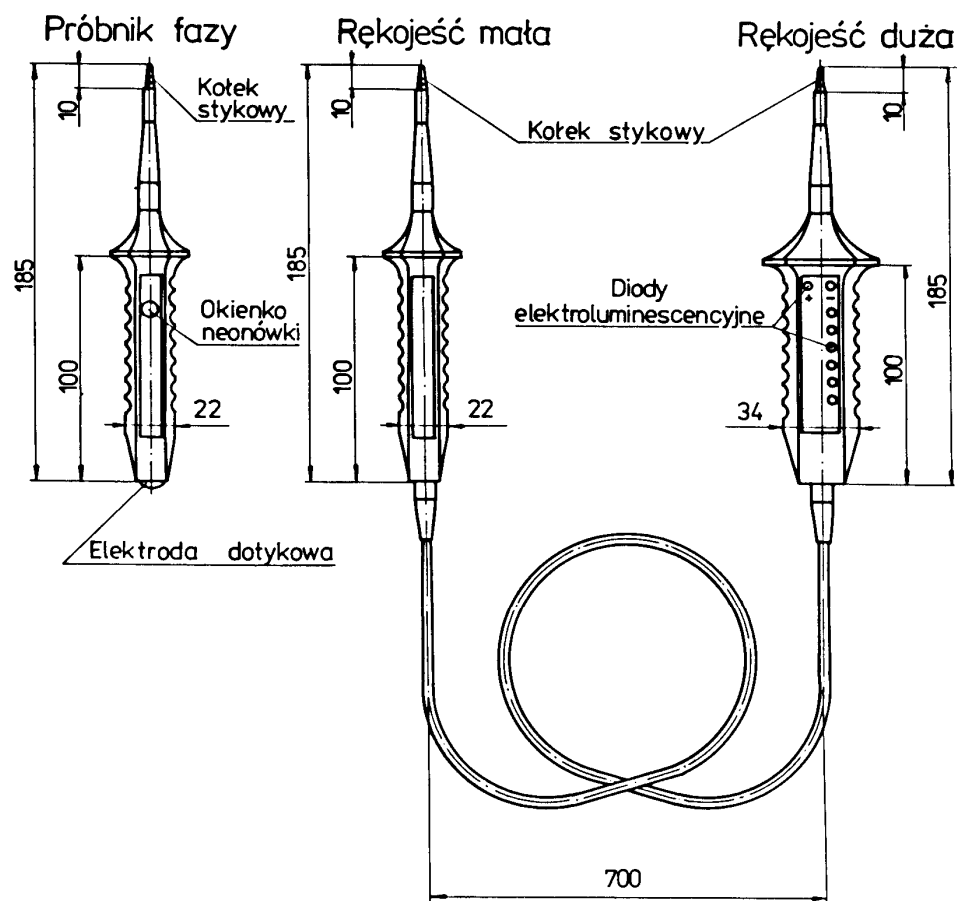
Wskaźniki napięcia zalicza się do sprzętu służącego do stwierdzania obecności napięcia. Można je podzielić na następujące grupy [1]:

- neonowe wskaźniki napięcia od 1 ÷ 750 kV,
- akustyczne wskaźniki napięcia od 1 ÷ 400 kV,
- akustyczno-optyczne wskaźniki napięcia od 1 ÷ 750 kV,
- jednobiegunowe wskaźniki napięcia do 250 V,
- dwubiegunowe wskaźniki napięcia do 750 V.

Neonowe wskaźniki napięcia są to przyrządy przeznaczone do optycznej sygnalizacji obecności (braku) napięcia w badanych częściach urządzeń elektrycznych. Napięcie jest sygnalizowane świeceniem neonówki przy dotknięciu kołka stykowego wskaźnika do przewodu lub urządzenia pod napięciem [1].

Tabela 4.4 Dane techniczne wskaźnika napięcia WNN-6 [24]

Zakres pomiarowy napięcia przemiennego, lub stałego dwubiegunowo [V]	50 – 500
Zakres pomiarowy napięcia przemiennego względem ziemi jednobiegunowo [V]	110 – 250
Wskazanie napięcia przemiennego diodami LED [V]	50 , 100 , 220 , 380 , 500
Wskazanie napięcia stałego diodami LED [V]	50, 100, 200, 300, 400, 500
Wskazanie biegunowości napięcia stałego	diody „+” lub „-”
Sygnalizacja napięcia zmiennego	diody „+” i „-”
Pobór prądu [mA]	nie większy niż 5,4
Dopuszczalny czas pracy [s]	30
Masa brutto [kg]	0,28
Długość przewodu łączącego [mb]	0,8



Rys. 4.5 Wskaźnik napięcia WNN-6 [24]

Akustyczne wskaźniki napięcia są to przyrządy przeznaczone do akustycznej sygnalizacji napięcia przemiennego w badanych częściach urządzeń elektrycznych. Napięcie jest sygnalizowane zmianą sygnału akustycznego wskaźnika z przerywanego na ciągły przy zetknięciu kołka stykowego wskaźnika z urządzeniem pod napięciem. Wskaźnik jest przystosowany do umocowania na drążku izolacyjnym [24].

Akustyczno-optyczne wskaźniki napięcia stanowią rozwiązanie łączące w sobie cechy obu wskaźników akustycznego i optycznego. Jednobiegunowe wskaźniki napięcia przeznaczone są do stwierdzania obecności napięcia między badaną częścią urządzenia a ziemią. Stosowane są przy urządzeniach elektroenergetycznych o napięciu znamionowym do 250 V [1].

W celu stwierdzenia obecności napięcia na urządzeniu elektrycznym należy grotem pomiarowym dotknąć urządzenia elektrycznego i jednocześnie ręką dotknąć kołka uziemiającego wskaźnika. Obecność napięcia spowoduje zaświecenie neonówki.

Dwubiegunowe wskaźniki napięcia są produkowane na napięcia znamionowe: 250, 380, 500 i 700 V.

W celu stwierdzenia również obecności napięcia w obwodzie elektrycznym grotem pomiarowym i grotem pomocniczym wskaźnika należy dotknąć do wyprowadzeń badanego obwodu. Obecność napięcia spowoduje zaświecenie neonówki.

Wkrętak ze wskaźnikiem neonowym należy do grupy sprzętu izolacyjnego zasadniczego stosowanego przy niskim napięciu. Służy on do prac elektro-monterskich przy urządzeniach w obwodach prądu przemiennego do 500V.

4.2.3.1 Krytyczna ocena stosowanych wskaźników napięcia

Właściwie działający wskaźnik musi się charakteryzować co najmniej następującymi właściwościami eksploatacyjnymi:

- a) dyspozycyjnością,
- b) jednoznacznością sygnału,
- c) komunikatywnością.

Ocenę wskaźników rozpoczniemy od najczęściej stosowanych wskaźników optycznych. Dyspozycyjność tych wskaźników, tj. gotowość do stwierdzenia braku lub obecności napięcia, jest natychmiastowa, bez względu na czas i miejsce oraz niezależnie od wpływu warunków przechowywania. Jednoznaczność sygnału sprawnego wskaźnika nie budzi

wątpliwości: brak świecenia - brak napięcia, świecenie - obecność napięcia. Jednocześnie, ze względu na możliwość niesprawności wskaźnika np. uszkodzenie lampy neonowej. Przepisy eksploatacyjne wymagają kontroli działania wskaźnika przed i po próbie sprawdzenia obecności napięcia, poprzez dotknięcie wskaźnikiem układu znajdującego się „bez wątpienia pod napięciem”. Wymóg ten jest dość poważnym mankamentem tych wskaźników, gdyż w pewnych przypadkach (np. w jednotorowych liniach napowietrznych oraz stacjach końcowych) dokonanie tej czynności staje się niemożliwe do zrealizowania [53].

Komunikatywność, tj. dostarczanie zmysłom posługującego się wskaźnikiem człowieka wymaganej informacji, w odniesieniu do wskaźników optycznych, dostarczających informację poprzez najbardziej czuły zmysł wzroku, jest optymalna. Komunikatywność wskaźników optycznych, doskonała w niezbyt jasnych pomieszczeniach i przy małej długości wskaźników. Znacznie się pogarsza w miarę wzrostu natężenia oświetlenia oraz zwiększania się długości części izolacyjnej wskaźnika. Powoduje to, że wskaźniki optyczne przy silnym oświetlaniu, np. w pełnym świetle słonecznym, jak i przy najwyższych napięciach (duża długość) są praktycznie nieprzydatne [53].

Wymienione wady wskaźników optycznych przyczyniły się do opracowania innych typów wskaźników, np. akustycznych, akustyczno-optycznych itp. Przechodząc do oceny tej grupy wskaźników można stwierdzić, że wszystkie te wskaźniki mogą być zaszeregowane do grupy wskaźników „elektronicznych”, których obwody muszą być zasilane z dodatkowego źródła napięcia, obecnie najczęściej są to akumulatory.

Dyspozycyjność tej grupy wskaźników, abstrahując od dużej podatności na uszkodzenia układów elektronicznych, jest głównie związana ze starym źródła napięcia zasilającego, a jak wiadomo chemiczne źródła napięcia ulegają szybko procesowi samorozładowania. Jednocześnie na skutek korozji pogarsza się kontakt na stykach. Z tego względu dyspozycyjność tej grupy wskaźników należy uznać za niską. W czasie badań okresowych przeprowadzonych w naszym laboratorium, około 30 do 40% wskaźników akustyczno-optycznych ulega dyskwalifikacji ze względu na uszkodzenia układu zasilania [53].

Jednoznaczność sygnału, w przypadku posługiwania się w danym zakładzie jednym typem wskaźników „elektronicznych”, nie budzi wątpliwości. Natomiast posługiwanie się różnymi typami wskaźników, o różniących się systemach sygnalizacji, może być źródłem pomyłek. Komunikatywność sygnałów akustycznych w cichych pomieszczeniach jest dobra, natomiast w rozdzielniach usytuowanych w pobliżu głośnych hal fabrycznych może być niedostateczna. Sygnały optyczne w postaci palących się, czy migających lampek, nawet w pomieszczeniach jasno oświetlonych, są dobrze widoczne.

Na podstawie przedstawionej analizy wad i zalet różnych typowych wskaźników uznano, że podstawowej wady wskaźników elektronicznych, tj. ich małej dyspozycyjności, nie da się w chwili obecnej wyeliminować. Ze względu na brak możliwości innego sposobu ich zasilania, zdecydowano się w Zakładzie Techniki Izolacyjnej Politechniki Częstochowskiej na zajęcie się modyfikacją wskaźników optycznych [53].

4.2.3.2 Zmodyfikowany optyczny wskaźnik napięcia

Bardzo poważną niedogodność eksploatacyjną wskaźników optycznych związaną z koniecznością każdorazowego sprawdzania działania wskaźnika na układzie znajdującym się „bez wątpienia pod napięciem”, zdołano usunąć przez rozwiązanie przedstawione poniżej. Opisano seryjnie obecnie produkowany, samosprawdzalny wskaźnik z wbudowanym piezoelektrycznym źródłem napięcia probierczego. Pozwala to w dowolnym miejscu i czasie przeprowadzić kontrolę działania wskaźnika, bez potrzeby korzystania z układu znajdującego się pod napięciem. W ten sposób została wyeliminowana jedna z poważniejszych wad wskaźników optycznych [53].

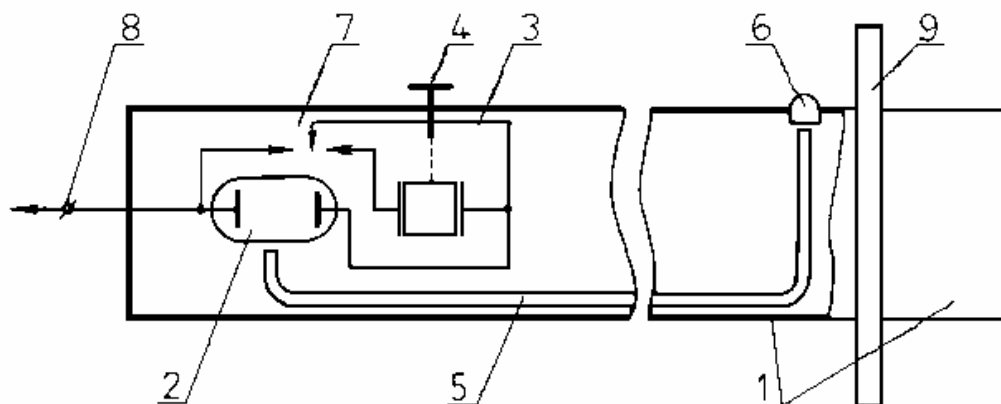
Następna ważna wada wskaźników optycznych, uniemożliwiająca wręcz w pewnych warunkach korzystanie z tych wskaźników, jest związana ze słabą lub złą widocznością światła neonówki. Należy tu podkreślić, że stosowane w niektórych rozwiązaniach odbłyśniki czy pryzmatyczne osłony nie dają w pełni zadowalających rezultatów.

Słabą widoczność świecenia lampki neonowej udało się wyeliminować poprzez przesłanie, za pomocą światłowodu, sygnału świetlnego neonówki do punktu umieszczonego tuż nad ogranicznikiem chwytu, a więc w pobliżu obserwatora. Dzięki umieszczeniu na końcu światłowodu odpowiedniej soczewki, nawet w jasnym pomieszczeniu świecenie neonówki jest dostatecznie rozpoznawalne. W ten sposób została usunięta druga istotna wada wskaźników optycznych [53].

Zastosowanie przedstawionych usprawnień umożliwiło budowę jednoczęściowego wskaźnika optycznego pozbawionego dotychczasowych wad. Należy przy tym zaznaczyć, że konstruowanie wieloczęściowych wskaźników jest raczej trudne, ze względu na konieczność stosowania skomplikowanych połączeń światłowodu.

Pewną modyfikacją wskaźnika optycznego jest drążek manipulacyjny o rozszerzonej funkcjonalności. Do wnętrza typowego drążka UDJ wprowadzono zmontowany na płycie szkło-epoksydowej układ, składający się z neonówki, wzбудnika piezoelektrycznego i światłowodu, z soczewką (rys. 4.12). Powstał w ten sposób drążek

manipulacyjny z zachowanymi dotychczasowymi możliwościami funkcjonalnymi, spełniający jednocześnie rolę samosprawdzalnego wskaźnika napięcia.

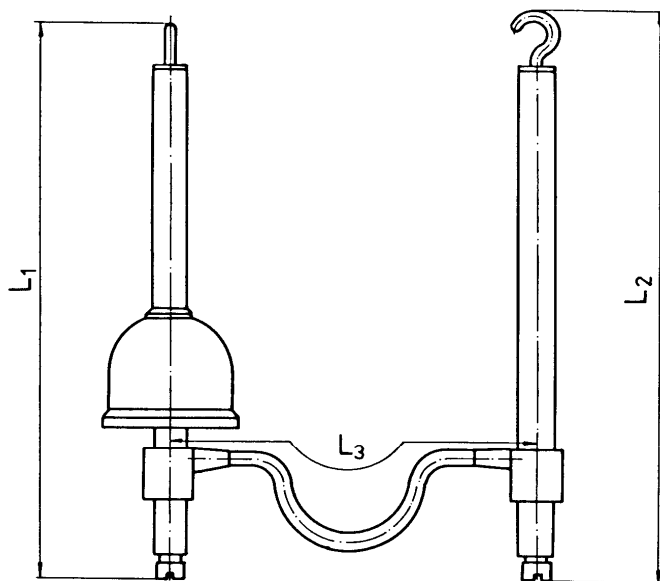


Rys. 4.6 Schemat drążka izolacyjnego z wmontowanym wskaźnikiem napięcia. 1-rura drążka, 2-lampa neonowa, 3-piezoelement, 4-dźwignia mechanizmu pobudzenia piezoelementu, 5-światłowód, 6-soczewka, 7-iskiernik trójelektrodowy, 8-część robocza drążka, 9-ogranicznik uchwytu [53]

Uzgadniacze faz są to przyrządy przeznaczone do sprawdzania zgodności (lub niezgodności) faz między dwoma obwodami elektroenergetycznymi znajdującymi się pod napięciem [1].

Tabela 4.5 Dane techniczne neonowego uzgadniacza faz NUF [24]

L.p.	Dane techniczne		Symbol uzgadniacza		
			NUF-2	NUF-3	NUF-4
1.	Napięcie znamionowe [kV]		6 - 10	15 – 20	30
2.	Napięcie probiercze [kV]		25	40	55
3.	Początkowe napięcie wyraźnego świecenia [kV]		2,4	4,0	8,0
4.	Wymiary [mm]	L1	282	324	408
		L2	271	334	397
		L3	500	650	700
5.	Masa brutto [kg]		0,55	0,60	0,70
6.	Symbol współpracującego uniwersalnego drążka izolacyjnego UDI		UDI-10	UDI-20	UDI-30



Rys. 4.7 Neonowy uzgadniasz faz NUF [24]

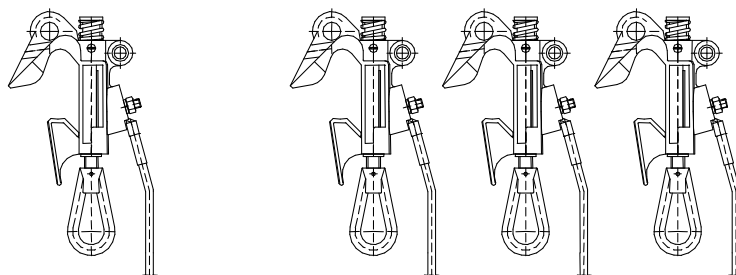
4.2.4 *Przenośne uziemiacze ochronne*

Do zabezpieczenia miejsca pracy przy elektroenergetycznych urządzeniach sieciowych i stacyjnych służą przenośne uziemiacze ochronne jedno i trójprzewodowe. Umożliwiają one połączenie z uziomem części urządzeń odizolowanych od ziemi - celów wyłączonych spod napięcia [1].

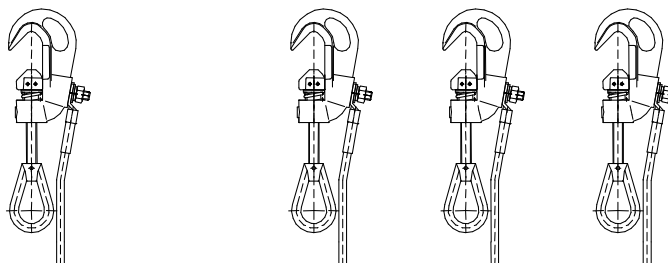
Uziemiacz nakłada się na urządzenie bezpośrednio po stwierdzeniu, że nic znajduje się ono pod napięciem.

Bezpieczne połączenie lub rozłączenie zacisków fazowych uziemiacza stosowanego w różnych miejscach układu elektroenergetycznego odbywa się za pomocą uniwersalnego drążka izolacyjnego zakończonego zaczepem manewrowym ZU, przeznaczonym do uziemiaczy przenośnych. W pierwszej kolejności przyłącza się końcówkę przewodu uziemiacza przenośnego do uziemienia, a następnie za pomocą drążka izolacyjnego nakłada się zaciski, na część urządzenia uziemianego w układzie elektroenergetycznym [1].

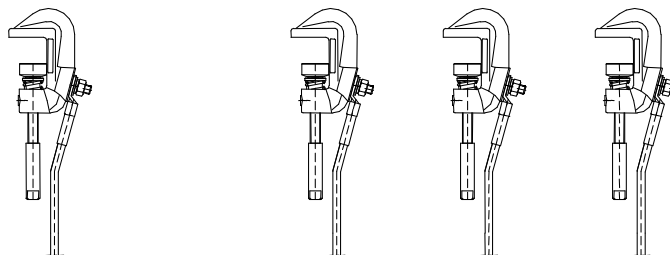
Zacisk
WT-3



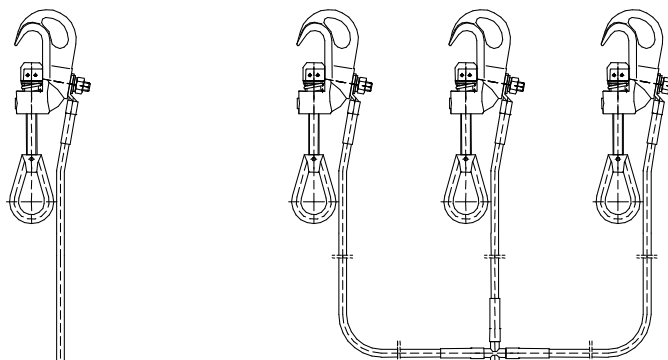
Zacisk
WT-2



Zacisk
WT-P



Zacisk
WT-1

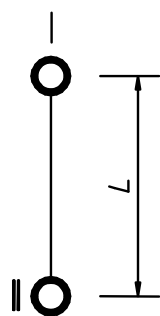


Zacisk
WR-2z

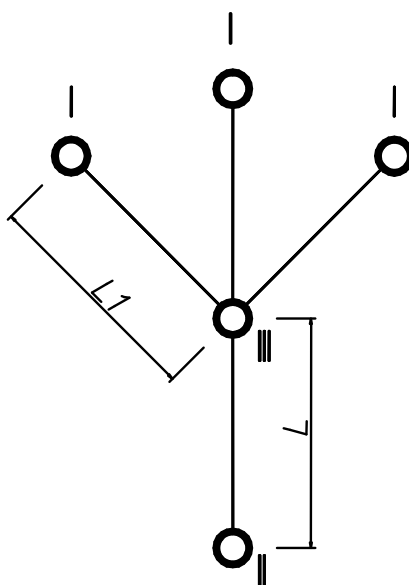


Rys. 4.8 Uziemiacz przenośny typu U1 i U3 [24]

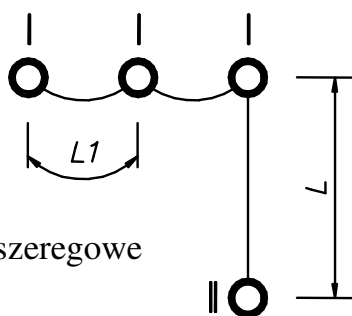
- I – Zacisk fazowy
- II – Zacisk uziomowy
- III – Złącze środkowe



Typ U1

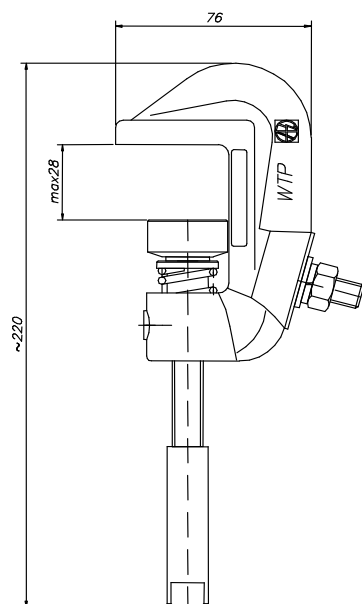


Typ U3 – wykonanie równoległe

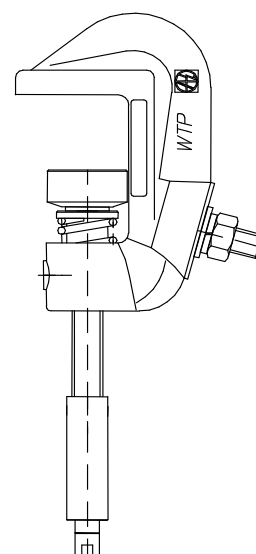
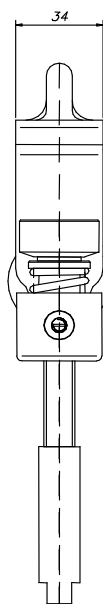


Typ U3 – wykonanie szeregowe

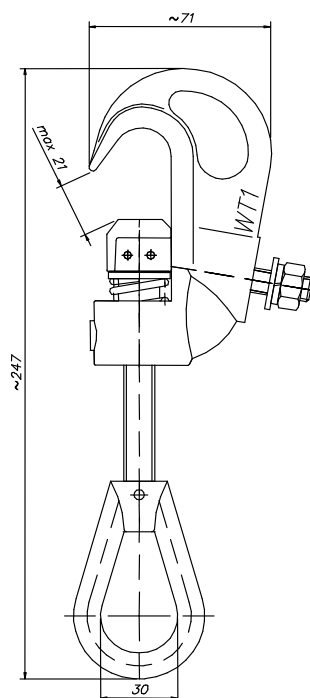
Rys. 4.9 Schematy uziemiacza przenośnego typu U1 i U3 [24]



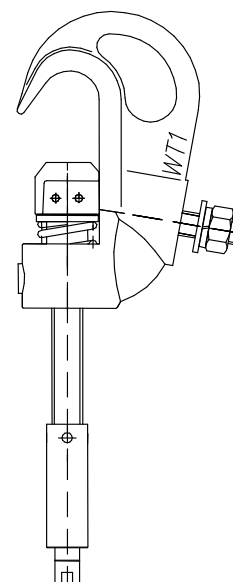
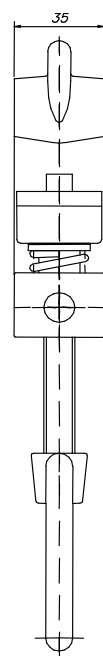
Zacisk fazowy typu WT-P
(do szyn płaskich)
Wykonanie podstawowe



Zacisk fazowy typu WT-P/A
(do zamocowania w zatrzasku
główicy drążka UDI)
Wykonanie „A”



Zacisk fazowy typu WT-1
(do przewodów okrągłych)
Wykonanie podstawowe



Zacisk fazowy typu WT-1/A
(do mocowania w zatrzasku
główicy drążka UDI)
Wykonanie „A”

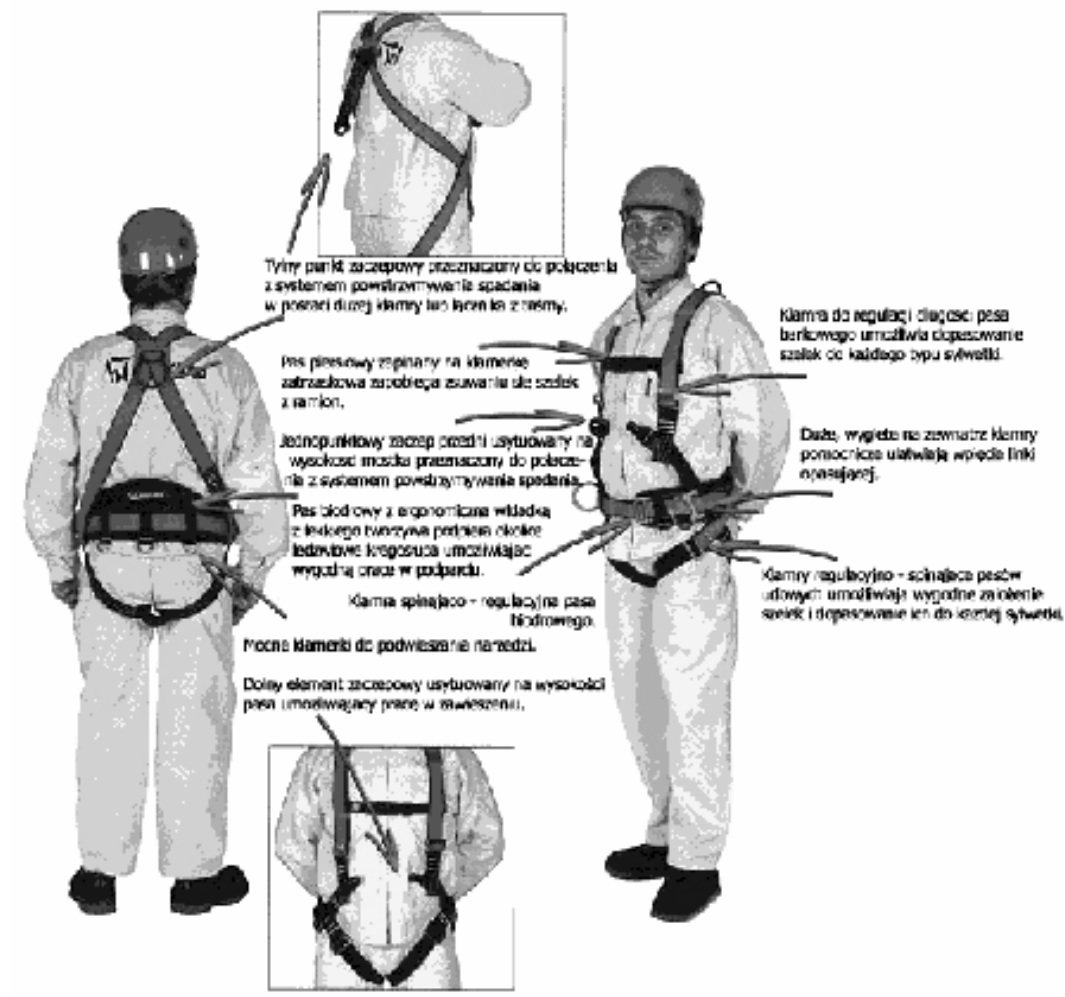
Rys. 4.10 Zaciski uziemiacza przenośnego typu U1 i U3 [24]

4.2.5 *Sprzęt zabezpieczający przed upadkiem z wysokości*

Do tej grupy sprzętu zalicza się: okulary ochronne przeciwdopryskowe, rękawice azbestowe, maski przeciwgazowe, pasy bezpieczeństwa, szelki bezpieczeństwa, drabiny, podnośniki i słupolazy.

Najważniejszym elementem zabezpieczenia na wysokości są szelki bezpieczeństwa i stanowią bardzo istotny element wyposażenia osobistego każdego pracownika wysokościowego. Od ich właściwego doboru zależy bezpieczeństwo użytkownika oraz wygoda i komfort w czasie pracy. Zalicza się do nich szelki bezpieczeństwa, pasy biodrowe, linki bezpieczeństwa regulowane, linki opasujące, amortyzatory włókiennicze, zatrzaśniki, zaczepy, liny zaczepowe, urządzenia samozaciskowe przesuwne po linie poliamidowej i stalowej, szyny asekuracyjne i szynodrabiny, urządzenia samohamowne, urządzenia do ewakuacji z wysokości.

Wytrzymałość elementów składowych szelek jest powyżej 20 kN (2000 kG). Powinny być użytkowane razem z podzespołem łącząco-amortyzującym np.: linką bezpieczeństwa i amortyzatorem włókienniczym.



Rys. 4.11 Szelki bezpieczeństwa firmy Assecuro [55]

Nowoczesne szelki charakteryzują się:

- obrotowym pasem biodrowym,
- szeroką, ergonomiczną wkładką z lekkiego tworzywa,
- dwoma wygiętymi na zewnątrz klamrami bocznymi,
- pięcioma klamerkami do podwieszenia narzędzi,
- małym ciężarem własnym.

Włókienniczy amortyzator bezpieczeństwa ABW wraz z linką i szelkami bezpieczeństwa stanowi najprostszy system powstrzymania spadania, który zabezpiecza pracownika przed upadkiem z wysokości, ale nie zabezpiecza przed zaistnieniem spadania. Cecha ta odróżnia go od

wszystkich innych rodzajów sprzętu zabezpieczającego przed upadkiem z wysokości..

Dzięki specjalnej konstrukcji amortyzator pochłania energię kinetyczną związaną z hamowaniem swobodnego spadania. W czasie powstrzymywania spadania dochodzi do rozrywania taśmy amortyzatora dzięki czemu siła hamowania zostaje zredukowana do wartości bezpiecznych dla użytkownika.

Pochłanianie przez amortyzator energii kinetycznej wiąże się zawsze z jego wydłużeniem nawet o 75% jego pierwotnej długości

Amortyzator ABW i ABW-L może być użyty wyłącznie na takich stanowiskach pracy, na których punkt kotwiczący dla amortyzatora znajduje się na wysokości większej niż 6m nad podłożem (tj. powierzchnią ziemi, platformą, stropem, rys. 2.17, itp.). Jeśli spełnienie tego warunku jest niemożliwe, to użycie amortyzatora jest zabronione.

Amortyzator ABW i ABW-L powinien być stosowany wyłącznie na takich stanowiskach pracy, gdzie nie ma możliwości zastosowania urządzenia samohamownego lub samozaciskowego, ponieważ punkt kotwiczący konstrukcji znajduje się poniżej klamry zaczepowej szelek bezpieczeństwa (jak na zdjęciu 2.18).



Rys. 4.12 Praca na wysokości z zastosowaniem amortyzatora [55]

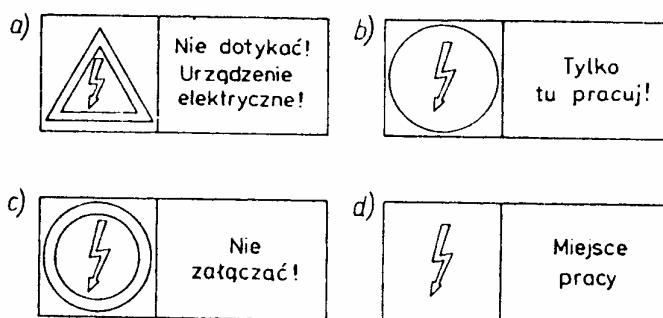
4.2.6 Znaki i tablice bezpieczeństwa

Zgodnie z normą [38] znaki i tablice bezpieczeństwa ze względu na ich funkcję dzieli się na:

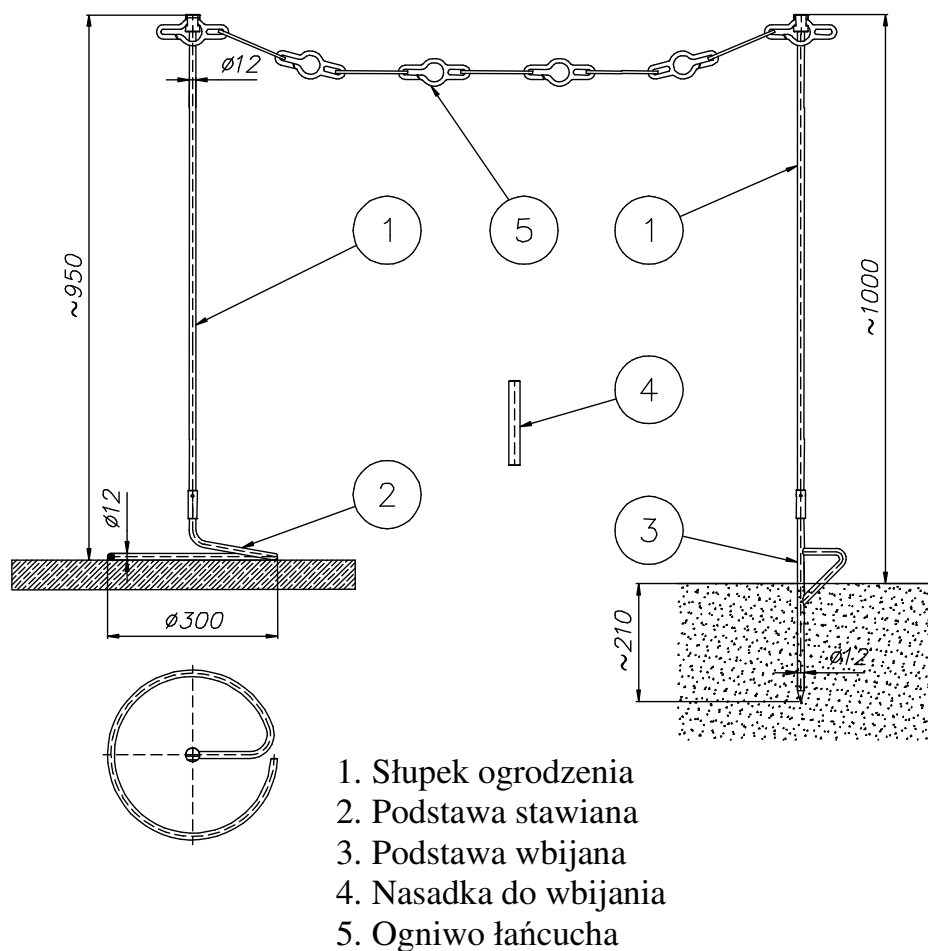
- ostrzegawcze (rys. 4.10a), przeznaczone do ostrzegania o bezpośrednim istniejącym lub mogącym powstać zagrożeniu, jeżeli łączy się ono z przewidywaną do wykonania czynnością, np. w rozdzielni, stacji na słupach linii napowietrznych i oświetlenia ulicznego, ogrodzeniach itp.,
- nakazu (rys. 4.10b), przeznaczone do ostrzegania przed następstwami zagrożenia lub do wydawania polecenia przy wykonywaniu określonej czynności, np. na łącznikach w celkach, silnikach, pulpitych itp.,
- zakazu (rys. 4.10c), przeznaczone do niedopuszczania czynności, która jest w danej sytuacji niebezpieczna, nieprawidłowa lub niezgodna z przepisami i stwarzałaaby zagrożenie porażenia lub poparzenia np. na drzwiach celek rozdzielni, stacji transformatorowych itp.,
- informacyjne (rys. 4.10d), przeznaczone do informowania o stanie bezpieczeństwa i stanie urządzeń np. przy organizowaniu miejsca pracy oznaczeniu stanu urządzeń itp.,
- różne.

Ze względu na sposób umocowania różnią się tablice i znaki bezpieczeństwa stałe (umocowane na stałe) i przenośne (umocowane na okres przejściowy).

Tablice i znaki bezpieczeństwa powinny być umieszczone na widocznym miejscu i wszędzie tam, gdzie może grozić niebezpieczeństwo.



Rys. 4.13 Znaki i tablice: a) ostrzegawcze, b) nakazu, c) zakazu, d) informacyjne [38]



Rys. 4.14 Ogrodzenie przenośne OPL [24]

4.2.7 Próby okresowe sprzętu ochronnego

Izolacyjny sprzęt ochronny należy poddawać okresowo badaniom kontrolnym, polegającym na sprawdzianach prób wytrzymałości elektrycznej, niezależnie od oględzin poprzedzających każde użycie sprzętu [1].

Próbowi tym podlega sprzęt zarówno użytkowy, jak i sprzęt zapasowy (w magazynie). Próby kontrolne przeprowadzają laboratoria upoważnionych instytucji lub zakładów, w terminach ustalonych w przedmiotowych normach (patrz tabela 4.5) sprzęt, którego terminu ważności próby okresowej został przekroczony, nie może być stosowany i należy go wycofać z użycia [1].

Narzędzia izolowane należy co najmniej raz na sześć miesięcy poddać szczegółowym oględzinom zewnętrznym przez odpowiednio wykwalifikowany personel w zakładzie.

Nie wolno poddawać próbom wytrzymałości mechanicznej sprzętu ochronnego będącego w użytkowaniu, a więc:

- pasów bezpieczeństwa,
- szelek bezpieczeństwa,
- słupolazów,
- drabin i podnośników.

Sprzęt ochronny uznawany za niezdatny do użytku i do naprawy należy złomować.

Tabela 4.6 Terminy badań okresowych izolacyjnego sprzętu ochronnego [1]

Nazwa sprzętu ochronnego	Terminy badań okresowych
Rękawice, półbuty i kalosze dielektryczne, wskaźniki napięcia, drążki izolacyjne, pomiarowe	co 6 miesięcy
Drążki izolacyjne (z wyjątkiem pomiarowych), kleszcze i uchwyty izolacyjne, dywaniki i chodniki gumowe	co 2 lata
Pomosty izolacyjne	co 3 lata

4.3 Charakterystyka prac z wykorzystaniem sprzętu ochronnego

4.3.1 Czynności łączeniowe [6]

4.3.1.1 Wymagany sprzęt ochronny

Drążki izolacyjne użyte do manipulacji odłącznikami bez własnych napędów powinny być dostosowane do napięcia znamionowego tego urządzenia.

Przy czynnościach łączeniowych należy w razie potrzeby stosować odpowiednie okulary ochronne, a przy zagrożeniach mechanicznych zaleca się używania hełmów ochronnych.

Do manipulacji nieizolowanymi dźwigniami napędów łączników należy stosować rękawice elektroizolacyjne. W przypadku wykonywania czynności łączeniowych odłącznikami słupowymi zaleca się stosowanie półbutów elektroizolacyjnych.

Przy odłącznikach słupowych dla zapewnienia stabilnej pozycji pracownika na wysokości należy stosować pas bezpieczeństwa, dobrze umocowaną drabinę lub słupolazy [6].

4.3.1.2 Wykonywanie czynności łączeniowych przy użyciu sprzętu ochronnego

Przy wykonywaniu czynności łączeniowych drążkami izolacyjnymi lub napędami ręcznymi należy przestrzegać następujących zasad:

- a) niedopuszczalne jest trzymanie drążków izolacyjnych poza ogranicznikiem uchwytu,
- b) styki odłącznika powinny być zamykane i otwierane ruchem szybkim i zdecydowanym.

4.3.2 *Sprawdzanie braku napięcia [6]*

4.3.2.1 Wskaźniki napięcia

Sprzęt ochronny służący do sprawdzenia braku napięcia obejmuje następujące rodzaje:

- a) wskaźniki izolacyjne niskiego napięcia,
- b) wskaźniki drążkowe niskiego i wysokiego napięcia,
- c) wskaźniki wysokiego napięcia współpracujące z drążkiem izolacyjnym (przy urządzeniach wysokiego napięcia zaleca się stosowanie akustycznych lub akustyczno-optycznych wskaźników napięcia z samokontrolą działania).

Na liniach promieniowych oraz wyodrębnionych obiektach i urządzeniach pozbawionych napięcia należy stosować jedynie wskaźniki.

Wskaźniki bez samokontroli mogą być stosowane tylko, gdy istnieje możliwość kontroli ich działania bezpośrednio przed i po użyciu na urządzeniach pod napięciem.

Sprawdzenie braku napięcia nie może być oparte tylko na podstawie działania wskaźników stałych (np. wskaźników szynowych) lub odczytu przyrządów pomiarowych.

4.3.2.2 Zasady sprawdzania braku napięcia

Wskaźniki napięcia powinny być używane tylko przy urządzeniach, których napięcie znamionowe odpowiada znamionowemu zakresowi napięcia wskaźnika.

Wskaźniki wysokiego napięcia powinny być mocowane na drążkach izolacyjnych o odpowiednim napięciu znamionowym. Wskaźników instalacyjnych i drążkowych nie należy trzymać poza ogranicznikiem uchwytu. Posługując się wskaźnikami napięcia umocowanymi na drążkach nie należy trzymać drążka izolacyjnego poza ogranicznikiem uchwytu.

Brak napięcia należy sprawdzać we wszystkich fazach, a w liniach do 1 kV również w przewodzie oświetlenia ulicznego.

Stosowanie wskaźników napięcia przy urządzeniach napowietrznych powyżej 1 kV w niekorzystnych warunkach atmosferycznych (mgła, mżawka) wymaga użycia rękawic elektroizolacyjnych.

4.3.3 *Zakładanie i zdejmowanie uziemiaczy przenośnych i zwieraczy [6]*

4.3.3.1 Zasady ogólne

Uziemiania i zwierania należy dokonywać bezpośrednio po sprawdzeniu braku napięcia.

Miejsce pracy należy uziemiać zawsze obustronnie, przy czym co najmniej jeden uziemiacz winien być widoczny z miejsca pracy. W razie zasilania urządzenia w miejscu pracy z wielu linii należy uziemiać wszystkie linie zasilające.

Zaciski uziemiaczy i zwieraczy powinny być dostosowane do kształtu i przekroju uziemianych lub zwieranych przewodów.

Nie wolno uziemiać miejsca pracy poprzez odłączniki i bezpieczniki.

Należy uziemiać wszystkie fazy urządzenia, nawet gdy praca ma być wykonywana tylko na jednym przewodzie (np. przewodzie oświetlenia ulicznego) [6].

Nie wolno zakładać i przykręcać zacisków fazowych bezpośrednio rękami.

Dopuszcza się zakładanie zacisków fazowych na przewody winny sposób niż za pomocą drążków izolacyjnych, jeśli zastosowana technologia zapewnia bezpieczeństwo pracy.

Przy uziemianiu i zwieraniu należy wykorzystywać istniejące naturalne uziomy, uziemienia zbrojenia lub konstrukcji słupów. W razie konieczności stosować sondy uziemiające. Sondę należy wbijać na głębokość 1 m w odległości większej niż 2 m od miejsca pracy.

Przy uziemianiu uziemiaczami przenośnymi należy w pierwszej kolejności dokręcić zacisk uziomu do uziomu (zbrojenie słupa, sonda lub taśma uziemiająca), a następnie za pomocą drążka izolacyjnego założyć zaciski fazowe na szyny lub przewody zapewniając pewny styk.

Przy zdejmowaniu należy zachować kolejność odwrotną niż przy zakładaniu, tj. najpierw odkręcić i zdjąć za pomocą drążka zaciski fazowe, a następnie odkręcić zacisk uziomowy.

Przy zakładaniu uziemiaczy w urządzeniach powyżej 1 kV powinno się stosować okulary i hełmy ochronne.

Przed każdym użyciem uziemiacza, przedłużacza, zwieracza należy dokonać ich oględzin. Uziemiacz, przedłużacz lub zwieracz należy wycofać z eksploatacji, jeżeli [6]:

- a) powierzchnia styku zacisku uziemiacza lub zawieracza, płytki łączowej lub zacisku uziomowego przedłużacza jest uszkodzona,
- b) stwierdzi się uszkodzenie 10% drutów przewodów uziemiacza, zawieracza lub przedłużacza lub uszkodzenie połączeń lub elementu dociskającego,
- c) przez uziemiacz, zwieracz lub przedłużacz płynął prąd zwarcia zbliżony do znamionowej wytrzymałości termicznej.

4.3.3.2 Stosowanie uziemiaczy i zwieraczy w sieciach i instalacjach do 1 kV

W sieciach i instalacjach do 1 kV dopuszcza się stosowanie uziemiaczy przenośnych lekkich, jeżeli w miejscu wyłączenia zastosowano uziemiacz przenośny lub zdemontowano przęsło linii od strony zasilania.

Dopuszcza się stosowanie zwieraczy zamiast uziemiaczy pod warunkiem, że przewód neutralny jest trwale uziemiony. Przy posługiwaniu się zwieraczem pierwszy zacisk zakładany jest na przewód neutralny. W każdym przypadku należy zwierać wszystkie fazy urządzenia wraz z przewodem uziemiającym neutralnym lub zerującym, w tym również przewód oświetlenia ulicznego.

Na przyłączach oraz w instalacjach odbiorczych dopuszcza się stosowanie zwieraczy lekkich [6].

4.3.3.3 Stosowanie uziemiaczy w urządzeniach stacyjnych

Uziemiacze przenośne należy zakładać tylko w miejscach do tego wyznaczonych, tj. dobrze oczyszczonych i widocznie oznakowanych. W przypadku braku takich miejsc uziemiacze przenośne należy zakładać na gołe, nie izolowane i nie malowane części urządzeń, zapewniając pewny styk.

W rozdzielniach wyposażonych w uziemniki stałe, jeżeli miejsce pracy po zamknięciu uziemników jest dwustronnie uziemione, w miejscu pracy dopuszcza się zastosowanie uziemiacza przenośnego lekkiego [6].

4.3.3.4 Stosowanie uziemiaczy w liniach napowietrznych powyżej 1kV do 110kV

W liniach promieniowych dopuszcza się zabezpieczenie miejsca pracy przez zastosowanie uziemiaczy przenośnych lekkich, jeżeli w miejscu wyłączenia uziemiono linię uziemnikiem lub zastosowano uziemiacz przenośny.

W liniach o możliwości podania napięcia z dwóch lub więcej źródeł poprzez zamknięcie łączników, dopuszcza się zabezpieczenie miejsca pracy przez zastosowanie uziemiaczy przenośnych lekkich, jeżeli w miejscach wyłączeń uziemiono linię uziemnikami lub zastosowano uziemienie przenośne [6].

Linie napowietrzne 110, 220, 400 kV powinny być uziemiane w miejscach ich wyłączenia uziemnikami stałymi lub uziemiaczami przenośnymi. Miejsce pracy na linii należy uziemić za pomocą uziemiaczy przenośnych lekkich zakładanych na najbliższych słupach. Przy pracach wykonywanych tylko na jednym słupie wsporczym dopuszcza się uziemienie miejsca pracy uziemiaczami przenośnymi lekkimi zakładanymi na słupie, na którym odbywa się praca.

W napowietrznych liniach dwutorowych 110, 220 i 400 kV przy wyłączonym jednym torze linii oraz przy pracach na wyłączonych liniach napowietrznych biegnących w zbliżeniu z liniami 110, 220 i 400 kV, niezależnie od zasad uziemienia podanych wyżej, należy założyć dodatkowo uziemiacze przenośne lekkie [6]:

- a) na przewody robocze na każdym słupie, na którym wykonywane są prace wymagające dotykania przewodów roboczych,
- b) po obu stronach mostka przewodu roboczego przy jego rozpinaniu lub spinaniu,

- c) na przewód odgromowy w miejscu wykonywania na nim pracy w warunkach przerwania metalicznego połączenia przewodu odgromowego z konstrukcją słupa (przewodem uziemiającym).

4.3.4 *Zakładanie i wyjmowanie wkładek bezpiecznikowych [6]*

4.3.4.1 Urządzenia o napięciu powyżej 1 kV

W stacjach wewnętrznych do wymiany wkładek należy stosować kleszcze izolacyjne lub chwytak manewrowy. Zaleca się użycie okularów ochronnych.

W przypadkach, gdy użycie kleszczy izolacyjnych jest utrudnione lub niemożliwe, np. w stacjach słupowych, przed wymianą wkładek należy wyłączyć napięcie i obustronnie uziemić miejsce pracy [6].

4.3.4.2 Urządzenia o napięciu do 1 kV

Wymiany bezpieczników można dokonać bez użycia sprzętu ochronnego pod warunkiem, że ich obudowy zewnętrzne są nieuszkodzone.

Wymiany wkładek bezpiecznikowych dużej mocy należy dokonywać za pomocą uchwyty bezpiecznikowego. W razie potrzeby zaleca się użycie okularów ochronnych i rękawic elektroizolacyjnych.

Wymiana wkładek bezpiecznikowych powinna być wykonywana po wyłączeniu napięcia w obwodzie, względnie po sprawdzeniu braku obciążenia obwodu [6].

4.3.5 *Uzgadnianie faz*

4.3.5.1 Zasady ogólne

Każdy uzgadniacz faz może być użyty wyłącznie przy urządzeniu o napięciu równym napięciu znamionowemu uzgadniacza. Podczas uzgadniania faz należy zachować minimalną odległość linki łączącej od części znajdujących się pod napięciem oraz od ciała człowieka. Odległość ta powinna wynosić 0,5m.

Uzgadnianie faz przy urządzeniach powyżej 1 kV należy przeprowadzać w rękawicach elektroizolacyjnych [6].

4.3.5.2 Sposób uzgadniania

Przed uzgadnianiem faz należy sprawdzić działanie uzgadniacza przez dotknięcie końcówką członu wskaźnikowego do części będącej pod napięciem - wskaźnik powinien sygnalizować obecność napięcia.

Przy uzgadnianiu fazy należy w pierwszej kolejności dotknąć drążkiem oporowym jedną z szyn (lub część urządzenia), a następnie dotknąć innej szyny (lub innej części urządzenia):

- a) sygnalizacja obecności napięcia oznacza istnienie różnicy potencjałów,
- b) sygnalizacja braku napięcia oznacza, że potencjały badanych faz są równe.

Uzgadniacz faz nie powinien pozostawać pod napięciem dłużej niż 15 sekund [6].

4.3.6 Wygradzanie i osłanianie części znajdujących się pod napięciem [6]

4.3.6.1 Wygradzanie miejsca pracy

Urządzenia elektroenergetyczne lub ich części pozostające pod napięciem i znajdujące się w pobliżu miejsca pracy należy wygradzać oraz zaopatrzyć w tablice ostrzegawcze.

Tabela 4.7 Odstępy pomiędzy ogrodzeniami a nie osłoniętymi częściami urządzeń pozostających pod napięciem [6]

Urządzenia	Odległości	
	minimalne	zalecane
Wewnętrzne do 1 kV	nie normuje się	
Linie napowietrzne do 1 kV	0,3 m	1,65 m
Powyżej 1 do 30 kV	0,65 m	2,0 m
Powyżej 30 do 110 kV	1,8 m	3,3 m
220 kV	2,5 m	4,0 m
400 kV	3,5 m	5,0 m
750 kV	4,6 m	7,0 m

4.3.6.2 Oslanianie części pod napięciem

Sprzęt służący do osłaniania części urządzeń pozostających pod napięciem powinien mieć wytrzymałość elektryczną i mechaniczną odpowiadającą warunkom w miejscu jego użycia.

Przegrody mechaniczne z materiałów izolacyjnych, służące do zakładania między styki otwartych odłączników w rozdzielniach wewnętrznych do 20 kV, powinny być zakładane za pomocą uchwytów na drążkach izolacyjnych lub kleszczy izolacyjnych. W innych przypadkach urządzenie należy wyłączyć spod napięcia i uziemić na czas zakładania przegrody.

Szerokość przegród mechanicznych w celkach rozdzielni wewnętrznych powinna odpowiadać szerokości tych celek.

4.3.7 *Pomiary przyrządami na drążkach izolacyjnych [6]*

4.3.7.1 Sprawdzanie izolatorów kołpakowych

Drążki izolacyjne, na których umieszcza się głowice pomiarowe, powinny być dostosowane do napięcia znamionowego linii. Sposób wykonywania pomiaru powinien być określony w instrukcji szczegółowej zgodnie z ramową instrukcją eksploatacji.

W czasie wykonywania pomiaru należy stosować rękawice elektroizolacyjne [6].

4.3.7.2 Pomiar prądu amperomierzem cęgowym

Przyrządy pomiarowe powinny być umieszczone na uchwytach izolacyjnych dostosowanych do napięcia znamionowego urządzeń. Przy wykonywaniu pomiaru należy stosować rękawice elektroizolacyjne i okulary ochronne.

4.3.8 *Prace kablowe - przecinanie kabli [6]*

W ramach przygotowania miejsca pracy przecinanie kabli powinno być poprzedzone przebiciem i zwarcie żył kabla. Metodę przecinania kabli powinna określić instrukcja szczegółowa.

4.3.9 *Prace w miejscach o przekroczonych napięciach rażenia*

Na terenie rozdzielni o napięciu 110 kV i wyższym miejsca i elementy o przekroczonych napięciach rażenia powinny być oznakowane.

W razie konieczności długotrwałego przebywania w tych miejscach lub pracy na elementach oznakowanych należy używać - w zależności od rodzaju zagrożenia - półbutów elektroizolacyjnych lub rękawic elektroizolacyjnych [6].

4.4 Podsumowanie

Przy czynnościach łączeniowych, sprawdzaniu braku napięcia, zakładaniu i zdejmowaniu uziemiaczy, wymianie wkładek bezpiecznikowych, uzgadnianiu kolejności faz, pomiarach wielkości elektrycznych, pracach konserwacyjnych itp., bezpieczne wykonanie tych czynności wymaga zastosowania specjalnego sprzętu ochronnego. Sprzęt ten ma za zadanie zabezpieczenie osób obsługujących urządzenia elektryczne przed porażeniem prądem elektrycznym, działaniem łuku elektrycznego oraz przed urazami mechanicznymi.

Sprzęt ochronny stosowany przy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych powinien być utrzymany w należytym stanie technicznym, gwarantującym pełne bezpieczeństwo zdrowia i życia ludzkiego. Prawidłowo wykorzystywany w pracy przy urządzeniach elektroenergetycznych zapewnia użytkownikowi bezpieczeństwo pracy. Sprzęt ochronny jak każde urządzenie wymaga modyfikacji i usprawnień. Nigdy nie zostanie przerwana praca polegająca na jego udoskonalaniu, usuwaniu wad i wprowadzaniu nowych pożytecznych zalet. Zaprezentowane nowinki techniczne tj. cyfrowy uzgadniacz faz, amortyzatory, zmodyfikowany wskaźnik napięcia zmniejszają prawdopodobieństwo wypadku, eliminując czynnik ludzi jako jego najsłabsze ogniwo.

5 Modelowanie matematyczne wypadku elektrycznego dla potrzeb analizy i oceny ryzyka zawodowego

5.1 Wstęp

Wymagania odnośnie analizy ryzyka i jego matematycznego opisu wynikają z norm obowiązujących w Polsce i Unii Europejskiej.

W rozdziale przedstawiono spotykane modele matematyczne wypadku podczas pracy przy urządzeniach elektroenergetycznych w aspekcie potrzeb oceny ryzyka zawodowego. Zwrócono uwagę na normalizację w tym zakresie, a następnie przeprowadzono analizę modelu matematycznego. Pokazano istotę matematycznego odwzorowywania wypadku przy urządzeniach elektrycznych.

Zaprezentowany został zmodyfikowany model matematyczny wypadku przygotowany pod kierownictwem prof. W.Korniluka, szczególnie zwracający uwagę na sprzęt ochronny stosowany przy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych.

Przedstawione będą metody analizy, podstawowe koncepcje, reguły i przykłady zastosowania teorii matematycznych używanych do analizy niezawodności. Przeanalizowano możliwość wystąpienia wypadku porażenia prądem elektrycznym na poziomie wysokiego i niskiego napięcia, matematycznym jego opisem, wyznaczono zdarzenia, które w największym stopniu wpływają na bezpieczeństwo pracy.

5.2 Przegląd metod analizy ryzyka wypadku

5.2.1 Wstęp

Zarządzania ryzykiem obejmuje wiele różnych elementów, począwszy od wstępnej identyfikacji i analizy ryzyka po ocenę możliwości jego zaakceptowania i identyfikację potencjalnych możliwości zmniejszania ryzyka w wyniku wyboru, zastosowania i monitorowania odpowiednich przedsięwzięć kontrolnych i ograniczających, aż w ostatecznym kroku stworzenia modeli matematycznych odwzorowujących poziom ryzyka.

Odzwierciedlone poniżej zostały techniki analizy poziomu bezpieczeństwa, co do których nie ma wątpliwości iż są prawidłowe. Wszystkie inne, z którymi możemy się spotkać są dopiero na poziomie ewoluujących koncepcji, co do których nie osiągnięto wśród specjalistów w tej branży jednomyślności.

Wszystkie wymagania zostały zaprezentowane na przykładzie normy PN-IEC 60300-3-9 [15] będącej bezpośrednim tłumaczeniem angielskiej wersji normy międzynarodowej IEC 300-3-8:1995.

5.2.2 Definicje [15]

Szkoda: Uraz fizyczny lub uszczerbek na zdrowiu, uszkodzenie mienia lub degradacja środowiska.

Zagrożenie: Źródło potencjalnej szkody lub okoliczności potencjalnie szkodliwe.

Zdarzenie niebezpieczne: Zdarzenie, które może powodować szkodę.

Identyfikacja zagrożenia: Proces rozpoznawania, czy zagrożenie istnieje oraz definiowanie jego charakterystyk.

Ryzyko: Kombinacja częstości lub prawdopodobieństwa wystąpienia określonego zdarzenia niebezpiecznego i konsekwencji związanych z tym zdarzeniem.

Analiza ryzyka: Systematyczne stosowanie dostępnych informacji do zidentyfikowania zagrożenia i do oszacowania ryzyka dotyczącego osób, populacji, mienia lub środowiska. Analiza ryzyka jest czasami określana jako probabilistyczna analiza bezpieczeństwa, probabilistyczna analiza ryzyka, ilościowa analiza bezpieczeństwa i ilościowa analiza ryzyka.

Ocena ryzyka: Pełny proces analizowania ryzyka i wyznaczania dopuszczalności ryzyka.

Sterowanie ryzykiem: Proces podejmowania decyzji mających na celu zarządzanie ryzykiem i/lub zmniejszanie ryzyka: jego zastosowanie, usprawnianie i okresowo. Ponowne wyznaczanie, z wykorzystaniem wyników oceny ryzyka jako danych wejściowych.

Oszacowanie ryzyka: Proces stosowany do stworzenia miary poziomu analizowanego ryzyka. Oszacowanie ryzyka składa się z następujących kroków: analizy częstości, analizy konsekwencji i ich połączenia.

Wyznaczanie ryzyka: Proces, w którym na podstawie analizy ryzyka przeprowadza się oceny dopuszczalności ryzyka i rozpatruje się takie czynniki, jak aspekty socjoekonomiczne i środowiskowe.

Zarządzanie ryzykiem: Systematyczne wprowadzanie polityki zarządzania, procedur, praktyk do zadań analizowania, wyznaczania i sterowania ryzykiem.

System: Uporządkowany zbiór o dowolnym poziomie złożoności, w skład którego wchodzi: personel, procedury, materiały, narzędzia, wyposażenie, środki i oprogramowanie. Elementy tego uporządkowanego zbioru są używane łącznie w przewidywanym środowisku roboczym lub wspierającym działanie w celu wykonania danego zadania lub osiągnięcia określonego celu.

5.2.3 *Cel i podstawowe koncepcje metod analizy ryzyka*

Ryzyko towarzyszy każdej ludzkiej działalności, może odnosić się do zdrowia i bezpieczeństwa (obejmując, na przykład, zarówno natychmiastowe, jak i długoterminowe skutki zdrowotne), gospodarki (powodując, na przykład, zniszczenie wyposażenia i utratę produkcji na skutek pożarów, eksplozji lub innych wypadków) lub oddziaływania na środowisko (pożar, wyciek oleju transformatorowego itp.) [15]. Celem zarządzania ryzykiem jest sterowanie, zapobieganie lub ograniczenie możliwości utraty życia, choroby lub urazu, zniszczenia mienia i wynikających z tego strat oraz oddziaływania na środowisko.

Przed przystąpieniem do efektywnej analizy ryzyka oraz do tworzenia modelu matematycznego zaleca się przeanalizowanie :

- a) różnych rodzajów ryzyka i sposobów podejścia do rozwiązywania problemów z nim związanych,
- b) zapewnienia obiektywnych informacji potrzebnych do podejmowania decyzji,
- c) spełniania wymagań wynikających z przepisów,
- d) zapoznanie się z danymi statystycznymi.

Wyniki analizy mogą być wykorzystane, przez podejmującego decyzje, jako pomoc przy ocenie dopuszczalnego poziomu ryzyka i jako środek pomocny w wyborze między środkami zmierzającymi do zmniejszenia potencjalnego ryzyka lub uniknięcia wypadku przy pracy. Do

zasadniczych korzyści z punktu widzenia podejmującego decyzję, zalicza się [15]:

- a) systematyczną identyfikację potencjalnych zagrożeń,
- b) systematyczną, identyfikację potencjalnych rodzajów uszkodzeń, wypadków,
- c) ilościowe ustalenia lub ranking zagrożeń (ważność),
- d) wyznaczenie możliwych modyfikacji mających na celu zmniejszenie prawdopodobieństwa wypadku lub uzyskanie wyższych poziomów niezawodności,
- e) identyfikację ważnych czynników wpływających na ryzyko wypadku i słabych ogniw w systemie (analiza niezawodnościowa – parametry ilościowe – ważność),
- f) lepsze zrozumienie systemu i mechanizmów działania w danym analizowanym przypadku,
- g) porównanie poziomów bezpieczeństwa w różnych wariantach badanego systemu,
- h) identyfikację i komunikowanie o wystąpieniu zagrożenia, o wypadku i o niepewności dalszych działań,
- i) pomoc w ustalaniu priorytetów w przypadku podnoszenia poziomu zdrowotności i bezpieczeństwa,
- j) powypadkowe badania i zapobieganie podobnym zdarzeniom,
- k) skrupulatne wypełnianie kart powypadkowych,
- l) wybór spośród wariantów, takich które środków ochrony zmniejszające ryzyko.

Wszystkie one odgrywają istotną rolę w efektywnym zarządzaniu bezpieczeństwem, niezależnie od tego, czy celem jest poprawa warunków związanych ze zdrowiem, zapobieganie stratom ekonomicznym, czy zgodność z przepisami prawnymi [15].

5.2.4 *Proces analizy ryzyka*

W celu zwiększenia efektywności i obiektywności analizy oraz ułatwienia porównań z innymi analizami ryzyka i odwzorowujących go modeli zaleca się postępowanie według ogólnych zasad. Zaleca się przeprowadzanie procesu w określonej niżej kolejności kroków [15]:

- a) postawienie sobie zakresu i celu analizy,
- b) identyfikacja możliwych do wystąpienia zagrożeń i wstępne wyznaczenie konsekwencji (możliwych scenariuszy potencjalnych wypadków),
- c) oszacowanie prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia niepożądanego (wolny wybór przyjętej metody),
- d) weryfikacja otrzymanych wyników z danymi statystycznymi, bądź innymi przyjętymi za prawidłowe modelami matematycznymi,
- e) dokumentowanie całej procedury,
- f) uaktualnianie analizy i modelu wraz z pojawieniem się nowych okoliczności, metod analizy itp.

Oszacowanie badanego scenariusza w modelu obejmuje analizę częstości i następstw. Chociaż dokumentowanie przedstawiono jako osobny element, to jest ono prowadzone na każdym etapie omawianego procesu. W zależności od obszaru zastosowania może być potrzebne rozważenie tylko pewnych elementów przedstawionego procesu. Na przykład w pewnych przypadkach, może być potrzebne wychodzenie poza wstępną analizę zagrożeń i konsekwencji (dalsza modyfikacja modelu) [15].

5.2.5 *Metody analizy ryzyka*

Zaleca się w ogólności, aby odpowiednia metoda charakteryzowała się [15]:

- a) możliwością obrony z naukowego punktu widzenia i adekwatnością do rozważanego systemu,
- b) zapewnieniem wyników w formie, która podkreśla zrozumienie istoty pojawiającego się zagrożenia wypadkowego i sposób w jaki można nim sterować,
- c) możliwością prześledzenia, powtórzenia i zweryfikowania przez różne stosujące ją osoby.

Zaleca się przedstawienie powodów, dla których wybrano dane metody, z uwzględnieniem odpowiedniości przydatności. Jeśli występują jakieś wątpliwości dotyczące odpowiedniości i przydatności, zaleca się użycie metod wariantowych i porównanie wyników. Gdy integruje się wyniki pochodzące z różnych badań, to zaleca się, aby metodyki i wyniki były kompatybilne między sobą.

Jeśli podjęta została decyzja o wykonaniu analizy i określone zostały jej zakres i cele, zaleca się wybór metody lub metod, wykorzystując odpowiednie czynniki takie jak:

- a) faza rozwoju modelu. We wczesnym okresie rozwoju modelu mogą być stosowane metody mniej szczegółowe: zaleca się ich udoskonalenie, gdy dostępna stanie się większa liczba informacji,
- b) cele badania. Cele analizy bezpośrednio wpływają na zastosowane metody. Na przykład, gdy podejmowane jest studium porównawcze różnych możliwości może okazać się możliwe do zaakceptowania użycie zupełnie prostych modeli konsekwencji dla tych części systemu, na które różnica ta nie ma wpływu,
- c) typ analizowanego zagrożenia i wykorzystywanego systemu,
- d) potencjalny poziom ważności. Decyzja o głębokości, do której prowadzona jest analiza powinna odzwierciedlać wstępne postrzeganie konsekwencji (choć może wystąpić konieczność ich zmodyfikowania, po wykonaniu wstępnego wyznaczenia),
- e) wymagania dotyczące zasobów ludzkich, stopień ekspertyzy i wymagania dotyczące środków. Prosta metoda, właściwie zastosowana, tak długo jak odpowiada celom i zakresowi analizy, może przynieść lepsze wyniki niż źle wykonana skomplikowana procedura. Zazwyczaj wielkość nakładu pracy włożonego w analizę powinna odpowiadać potencjalnemu poziomowi analizowanego ryzyka,
- f) dostępność danych i informacji. Pewne metody wymagają większej liczby informacji i danych niż inne,
- g) potrzeba modyfikacji, uaktualnienia analizy. Analiza może w przyszłości wymagać modyfikacji lub uaktualnienia, a pewne metody są bardziej podatne od innych pod tym względem,
- h) wymagania wynikające z uregulowań prawnych i umów.

Tabela 5.1 Metody stosowane w analizie ryzyka [15]

a) metody najczęściej stosowane

Metoda	Opis i stosowanie
Analiza drzewa zdarzeń (Event Tree)	Technika identyfikacji zagrożeń i analizowania częstości, w której stosuje się rozumowanie indukcyjne służące do przełożenia różnych zdarzeń inicjujących na możliwe rezultaty (przyczyny na zagrożenie)
Analiza rodzajów i skutków niezdatności oraz analiza rodzajów i skutków krytyczności niezdatności	Podstawowa technika identyfikacji zagrożeń i analizowania częstości, w której poddaje się analizie wszystkie rodzaje niezdatności danego obiektu wyposażenia pod kątem ich wpływu na inne elementy składowe i cały system
Analiza drzewa niezdatności (Fault Tree)	Technika identyfikacji zagrożeń i analizowania częstości, w której rozpoczyna się od niepożądanego zdarzenia i wyznacza się wszystkie sposoby jego pojawienia się. Przedstawia się je w sposób graficzny
Badanie zagrożeń i gotowości operacyjnej	Podstawowa technika identyfikacji zagrożeń, w której w sposób systematyczny ocenia się każdą część systemu w celu przedstawienia sposobu pojawiania się odstępstw od zamysłu projektowego, projektowego uwzględnieniem możliwości wywołania komplikacji
Analiza niezawodności człowieka	Technika analizowania częstości, która zajmuje się wpływem ludzi na działanie systemu i ocenia wpływ błędów ludzkich na nieuszkodzalność
Wstępna analiza zagrożeń	Technika identyfikacji zagrożeń i analizowania częstości, która może być stosowana we wczesnym stadium projektowania do identyfikacji zagrożeń i oceny ich krytyczności
Schemat blokowy niezawodności	Technika analizowania częstości, która tworzy model systemu i jego redundancji w celu oceny nieuszkodzalności całego systemu

cd Tabeli 5.1 Metody stosowane w analizie ryzyka [15]

b) metody dodatkowe

Metoda	Opis i stosowanie
Stopniowanie kategorii	Sposób stopniowania ryzyka na podstawie kategorii, do której zalicza się określone ryzyko w celu ustalenia priorytetowych grup ryzyka
Listy sprawdzeń	Technika identyfikacji zagrożeń, dzięki której uzyskuje się listy typowych zagrożeń lub potencjalnych źródeł wypadków, które powinny być wzięte pod uwagę. Tą techniką można ocenić zgodność z przepisami i normami
Analiza uszkodzeń jednakowego rodzaju	Metoda oceny możliwości jednoczesnego wystąpienia uszkodzeń pewnej liczby różnych części i składników w systemie i prawdopodobnego całkowitego efektu
Modele następstw	Oszacowanie wpływu zdarzenia na ludzi, majątek lub środowisko. Dostępne są zarówno uproszczone podejścia analityczne, jak i złożone modele komputerowe
Metoda delfijska	Sposób łączenia opinii ekspertów, które mogą wspomagać analizę częstości, modelowanie następstw lub szacowanie ryzyka
Wskaźniki zagrożeń	Technika identyfikacji i wyznaczania zagrożeń, która może być użyta do uszeregowania różnych opcji systemu i zidentyfikowania opcji mniej zagrażających
Symulacja Monte-Carlo i inne techniki symulacyjne	Technika analizowania częstości, w której wykorzystuje się model systemu do wyznaczania zmienności warunków wejściowych i zagrożeń
Porównania w parach	Sposób oszacowania i rankingu zbioru ryzyka w wyniku rozpatrzenia par ryzyka i jednoczesnej oceny par
Przegląd danych z retrospekcji	Technika identyfikacji zagrożeń, która może być użyta do zidentyfikowania obszarów potencjalnych problemów, zapewniająca również dane wejściowe do analizy częstości, oparta na danych o wypadkach
Analiza śledząca	Metoda identyfikowania ukrytych ścieżek, które mogą spowodować wystąpienie nieprzewidzianych zdarzeń

5.2.6 *Metoda FMEA*

Analiza FMEA jest techniką przede wszystkim jakościową. Za jej pomocą mogą być w sposób systematyczny identyfikowane wyniki lub następstwa każdego rodzaju niezdatności pojedynczego elementu składowego. Jest to technika indukcyjna, której podstawą jest pytanie "co stanie się, gdy...?". Podstawową cechą każdej analizy FMEA jest rozważenie każdej głównej części elementu składowego systemu pod kątem tego jak staje się on niezdatny (rodzaj niezdatności) i jaki będzie skutek tego rodzaju niezdatności dla systemu (skutek rodzaju niezdatności). Zazwyczaj analiza jest opisowa i zorganizowana przez tworzenie tablicy lub formularza dla informacji. Analiza FMEA przejrzysto wiąże rodzaje niezdatności elementów składowych, ich czynników sprawczych i skutków dla systemu i przedstawia je w łatwo czytelnej formie [15].

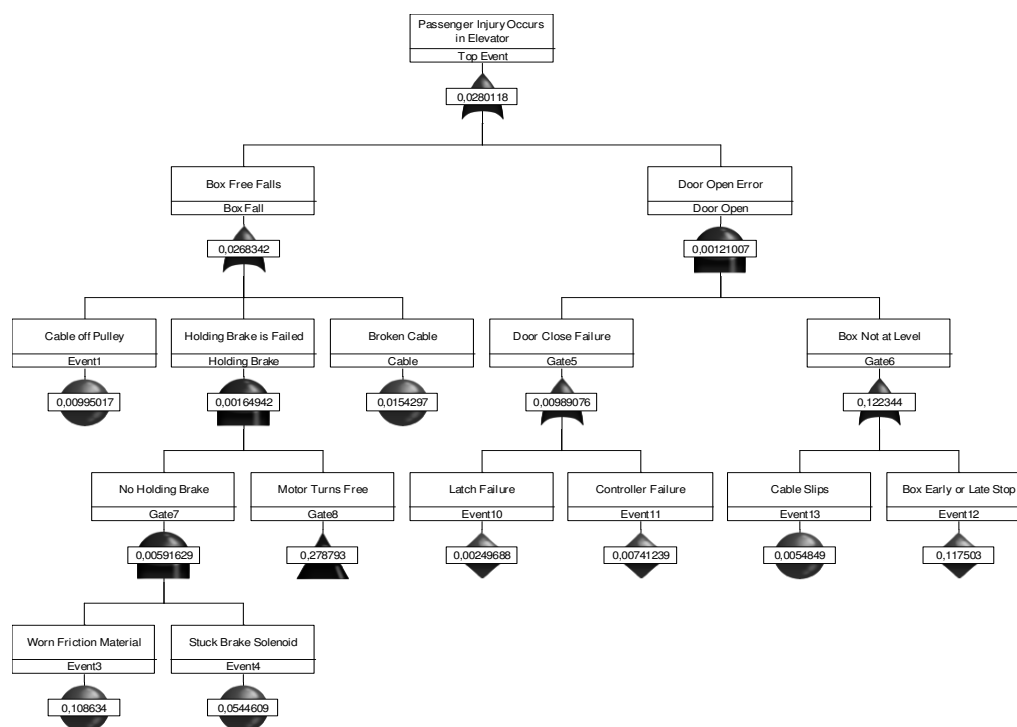
Analiza FMEA jest podejściem "od dołu do góry", rozważa się w niej pojedynczo konsekwencje rodzajów niezdatności elementów składowych. Metoda dopuszcza, zatem niewielką redundancję, gdyż w przypadkach bardziej rozbudowanej redundancji, stosowanie jej staje się kłopotliwe. Ponadto wyniki mogą być szybko zweryfikowane przez inną osobę znającą system.

Zasadniczą wadą tej techniki są trudności, które występują w przypadku zajmowania się redundancją i wprowadzania działań naprawczych, jak również skupienia się na uszkodzeniach pojedynczego elementu składowego.

Analiza FMEA może być rozszerzona do wykonania tak zwanej analizy rodzajów skutków i krytyczności niezdatności (FMECA). W analizie FMECA każdy zidentyfikowany rodzaj niezdatności jest uszeregowywany według połączonego wpływu prawdopodobieństwa jego pojawienia się oraz znaczenia jego konsekwencji. Analizy FMEA i FMECA dostarczają danych wejściowych do takiego rodzaju analiz, jak analizy drzew niezdatności. Mogą być one stosowane do zajmowania się błędami ludzkimi, jak i elementami składowymi systemu. Mogą one być stosowane do identyfikacji zagrożeń i oszacowania prawdopodobieństwa. Dalsze szczegóły dotyczące zarówno analizy FMEA, jak i analizy FMECA przedstawiono w normie IEC 812 [15].

5.2.7 Metoda drzewa niezdatności (FTA) – Fault Tree Analysis

Analiza FTA jest techniką, która może być albo jakościową albo ilościową, za pomocą której drogą dedukcji są identyfikowane, organizowane w logiczny sposób i przedstawiane poglądowo warunki i czynniki przyczyniające się do określonego zdarzenia niepożądanego (nazywanego zdarzeniem szczytowym). Niezdatności zidentyfikowane w drzewie mogą być zdarzeniami, które odnoszą się do odpowiednich niezdatności elementów składowych sprzętu, błędów ludzkich lub wszystkich innych zdarzeń związanych, mogących prowadzić do niepożądanego zdarzenia. Poczynając od szczytowego zdarzenia, identyfikowane są możliwe przyczyny lub rodzaje niezdatności na następnym niższym poziomie funkcjonalnym systemu. Wykonywanie kolejnych kroków identyfikacji niepożądanego działania systemu, w wyniku schodzenia do następnych niższych poziomów systemu, doprowadzi do osiągnięcia pożądanego poziomu, którym jest zazwyczaj rodzaj niezdatności elementu składowego. Przykład drzewa niezdatności, dotyczącego generatora awaryjnego, przedstawiony jest na rysunku poniżej [15].



Rys. 5.1 Przykład drzewa niezdatności

Analiza FTA dostarcza uporządkowanego sposobu podejścia, który jest wysoko usystematyzowany, ale równocześnie wystarczająco elastyczny, aby umożliwić analizę różnorodnych czynników, w tym interakcji międzyludzkich i zjawisk fizycznych. Zastosowanie podejścia "z góry na dół", związanego z tą techniką, koncentruje uwagę na tych skutkach niezdatności, które są bezpośrednio związane ze zdarzeniem szczytowym. Jest to wyraźną zaletą, aczkolwiek może również prowadzić do pominięcia skutków, które są ważne gdzie indziej. Analiza FTA jest szczególnie użyteczna do analizowania systemów z wieloma interfejsami i interakcjami. Przedstawienie obrazowe umożliwia łatwe zrozumienie zachowania systemu i uwzględnionych czynników, ale ponieważ często drzewa są duże przetwarzanie drzew niezdatności może wymagać zastosowania systemów komputerowych. Cecha ta powoduje również trudności weryfikacji drzewa niezdatności [15].

Analiza FTA może być użyta do identyfikacji zagrożeń, chociaż jest zasadniczo używana w ocenie ryzyka, jako narzędzie za pomocą, którego uzyskuje się oszacowania prawdopodobieństwa uszkodzeń lub ich częstotliwości. Dalsze szczegóły dotyczące analizy FTA przedstawiono w normie IEC-1025.

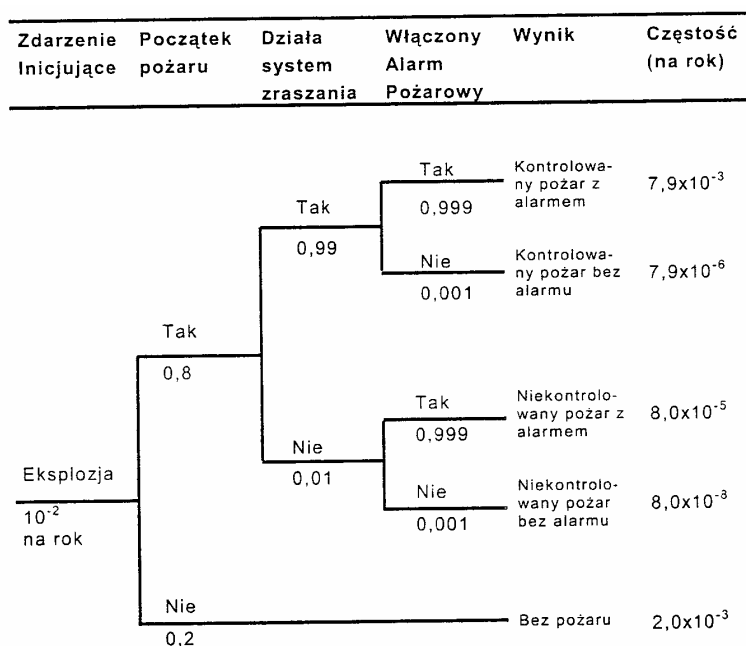
5.2.8 *Metoda drzewa zdarzeń (ETA) – Event Tree Analysis*

Analiza ETA jest technika jakościową albo ilościową, która używana jest do identyfikowania możliwych danych wyjściowych i jeśli jest to wymagane, ich prawdopodobieństw przy danym wystąpieniu zdarzenia inicjującego. Analiza ETA jest szeroko stosowana, w przypadku urządzeń mających techniczne własności łagodzenia skutków wypadków, do identyfikowania sekwencji zdarzeń, która prowadzi do wystąpienia określonych konsekwencji, jakie pociąga wystąpienie zdarzenia inicjującego. Ogólnie zakłada się, że każde zdarzenie w sekwencji jest albo sukcesem, albo niepowodzeniem. Prosty przykład drzewa zdarzeń dotyczącego eksplozji pyłu przedstawiony jest na rysunku. Należy zauważyć, że prawdopodobieństwa występujące na drzewach zdarzeń są prawdopodobieństwami warunkowymi, na przykład prawdopodobieństwo działania zraszaczy nie jest prawdopodobieństwem uzyskanym w wyniku badań w normalnych warunkach, ale prawdopodobieństwem działania w warunkach pożaru wywołanego eksplozją [15].

Analiza ETA jest analiza typu indukcyjnego, w której podstawowe pytanie odnosi się do tego "co stanie się, gdy...?" Określa ona w czytelny sposób, zależności zachodzące między funkcjonowaniem lub uszkodzeniem różnych systemów łagodzących skutki, a ostatecznie

zagrożającym zdarzeniem wywołanym wystąpieniem pojedynczego zdarzenia inicjującego. Analiza ETA jest bardzo użyteczna do identyfikowania zdarzeń, które wymagają dalszej analizy z wykorzystaniem analizy FTA (tzn. zdarzeń szczytowych w drzewach niezdatności). W celu umożliwienia wszechstronnej oceny ryzyka należy zidentyfikować wszystkie zdarzenia inicjujące. Jednakże, przy stosowaniu tej techniki, zawsze istnieje potencjalna możliwość pominięcia ważnego zdarzenia inicjującego. Co więcej, w przypadku drzew zdarzeń rozpatrywane są wyłącznie stany uważane za sukces lub niepowodzenie systemu, co powoduje trudności przy włączaniu do analizy zdarzeń będących sukcesami oddalonymi w czasie lub zdarzeń przywracających stan poprzedni.

Analiza ETA może być wykorzystywana zarówno do identyfikacji zagrożeń, jak i oszacowania prawdopodobieństwa sekwencji zdarzeń prowadzących do sytuacji zagrożających [15].



Rys. 5.2 Przykład drzewa zdarzeń dotyczący wypadku eksplozji pyłu [15]

5.2.9 Metoda PHA - wstępna analiza zagrożenia

Analiza PHA jest indukcyjną metodą analizowania, która ma na celu zidentyfikowanie zagrożeń, sytuacji zagrożających i zdarzeń, które mogą

spowodować szkodę dotyczącą działalności, urządzenia lub systemu. Jest ona najczęściej przeprowadzana wcześniej, w fazie rozwijania projektu, gdy jest niewiele informacji dotyczących szczegółów projektowych lub procedur działania i często może być prekursorem dalszych badań. Może być również użyteczna w przypadku analizowania istniejących systemów lub do określania priorytetowych zagrożeń, gdy okoliczności nie pozwalają na użycie bardziej rozbudowanej techniki [15].

Analiza PHA formułuje listę zagrożeń i podstawowych sytuacji zagrażających przez rozważenie takich charakterystyk, jak [15]:

- a) materiały użyte lub produkowane i ich reaktywność,
- b) zastosowane wyposażenie,
- c) środowisko działania,
- d) sposób organizacji,
- e) interfejsy między elementami składowymi systemu itd.

Wynikiem metody jest zidentyfikowanie prawdopodobieństwa zajścia wypadku, jakościowe wyznaczenie zasięgu prawdopodobnych obrażeń lub uszczerbków na zdrowiu, które wypadek powoduje i zidentyfikowanie środków zaradczych. Zaleca się uaktualnianie analizy PHA w poszczególnych fazach projektowania, budowy i testowania w celu wykrycia nowych zagrożeń i wykonania poprawek, jeśli jest to niezbędne. Uzyskane wyniki mogą być przedstawiane na różne sposoby, takie jak tablice i drzewa [15].

5.2.10 Ocena niezawodności człowieka (HRA) – Human Reliability Analysis

Ocena niezawodności człowieka (HRA) dotyczy wpływu operatorów i personelu obsługującego na działanie systemu: może być ona wykorzystana do wyznaczenia wpływów błędów ludzkich na bezpieczeństwo i wysokość produkcji [15].

W wielu procesach mogą potencjalnie występować błędy ludzkie, w szczególności, gdy czas jaki ma operator na podjęcie decyzji, jest krótki. Często małe jest prawdopodobieństwo, że problemy rozwiną się na tyle dalece, aby stały się poważne. Jednakże czasami działanie człowieka

będzie jedynym środkiem zapobiegającym niezdatnościom inicjującym, zmierzającym w stronę wypadku [15].

Ocena HRA identyfikuje różnorodne rodzaje błędnych działań, które mogą się pojawić, a mianowicie [15]:

- a) błąd pominięcia, niewykonanie wymaganego działania,
- b) błąd wykonania, który może obejmować następujące,
- c) niepowodzenie w przeprowadzeniu wymaganego działania,
- d) działanie przeprowadzone ze zbyt dużą lub zbyt małą siłą lub bez wymaganej dokładności,
- e) działanie wykonane w niewłaściwym czasie,
- f) działanie (lub działania) wykonane w nieprawidłowej kolejności,
- g) działanie nadprogramowe, nie wymagane działanie wykonane zamiast lub jako dodatkowe w stosunku do działania wymaganego.

Ocena HRA identyfikuje również możliwości odwrócenia błędu, tzn. działania, które mogą odwrócić wcześniej popełnione błędy.

Ocena HRA jest metodą interdyscyplinarna, w której badacze i praktycy na ogół wywodzą się z różnych dziedzin, zarówno inżynierii niezawodności, jak psychologii i czynników ludzkich.

O ważności oceny HRA świadczy wiele wypadków, w których krytyczne błędy ludzkie przyczyniły się do katastroficznej sekwencji zdarzeń. Tego rodzaju wypadki są ostrzeżeniami przed takimi ocenami ryzyka, które skupiają się wyłącznie na sprzęcie i oprogramowaniu systemu. Ilustruje one niebezpieczeństwo ignorowania możliwości udziału błędu ludzkiego. Co więcej, ocena HRA jest użyteczna w uwypuklaniu tych błędów, które mogą pogarszać produktywność, i w ujawnianiu sposobów, dzięki którym tego rodzaju błędy i inne niezdatności (sprzętu i oprogramowania) mogą być „uzdrawiane” przez ludzi operatorów i personel obsługowy. Ocena HRA może obejmować następujące kroki [15]:

1. Analizę zadania.
2. Identyfikację błędu ludzkiego.
3. Ocenę ilościową niezawodności człowieka.

Zaleca się, aby analizę zadania i identyfikację błędu ludzkiego rozpoczynać w fazie koncepcji i definiowania lub wcześniej w fazie projektowania i rozwoju. Zaleca się ich doskonalenie i uaktualnianie w późniejszych stadiach systemu. Dalsze szczegóły dotyczące HRA przedstawiono w przyszłej normie IEC 300-3-8 (w opracowaniu) [15].

5.3 *Niezawodność człowieka*

Człowiek jest elementem systemu C-T-O, mającym szczególne właściwości. Jest elementem bardzo elastycznym, tzn. [56]:

- potrafi wykonywać różnorodne funkcje, również nowe, wcześniej nie przewidziane,
- ma zdolność przystosowywania siebie i wykonywanych przez siebie funkcji do zmieniających się warunków.

Najważniejsze jest jednak to, że człowiek w wielu systemach C-T-O jest elementem sterującym, a więc wykonującym najbardziej odpowiedzialne funkcje. Jego niesprawności mogą więc prowadzić do szczególnie dużych strat. Człowiek jest przy tym elementem znacznie bardziej zawodnym niż element techniki. Dane statystyczne wskazują, że błędy w działaniu ludzi w takich systemach są przyczyną 60-95% wszystkich ich wypadków. Z wymienionych powodów wiedza o niezawodności człowieka w różnych warunkach jego funkcjonowania jest tak bardzo istotna [18].

Błędy człowieka to błędy popełniane przy odbiorze i przetwarzaniu informacji oraz podejmowaniu i wykonywaniu decyzji. Czynniki wywierające wpływ na poziom niezawodności człowieka przy wykonywaniu zadań można podzielić na kilka grup [56]:

1. Ergonomiczne - stopień dostosowania obiektu technicznego do psychofizjologicznych możliwości człowieka.
2. Stopień przygotowania zawodowego (do pracy w sytuacjach normalnych i ekstremalnych).
3. Indywidualne możliwości psychofizjologiczne (cechy procesów percepcyjnych, umysłowych, wykonawczych itp.).
4. Kultura bezpieczeństwa.

Pierwsza grupa dotyczy warunków współdziałania człowieka i obiektu technicznego, natomiast pozostałe są związane bezpośrednio z człowiekiem jako elementem systemu C-T-O. Badania doświadczalne i analizy jakościowe pozwoliły na określenie charakteru wpływu tych czynników na niezawodność człowieka i sformułowanie pewnych ogólnych zasad projektowania systemów C-T-O w celu zwiększenia niezawodności działania człowieka w takich systemach. Wynikające z tych zasad jakościowe działania, ukierunkowane bezpośrednio na człowieka, polegają m.in. na [18]:

- odpowiednim doborze,
- kształceniu,
- treningu,
- regenerowaniu fizycznym i psychicznym ludzi współdziałających z obiektem technicznym.

Wpływ tych działań na niezawodność człowieka w sytuacjach normalnych, a także w sytuacjach trudnych i zagrożenia, oraz uzasadnienie tych działań są przedstawione w literaturze, głównie z zakresu psychologii i ergonomii.

Stwierdzono, że w przypadku niektórych systemów C-T-O bardzo istotne są cechy ludzi dobieranych do współdziałania z obiektem technicznym, zwłaszcza operatorów. Chodzi zarówno o cechy fizjologiczne, jak i psychiczne. Niektórzy specjaliści z zakresu psychologii inżynierskiej uważają, że są ludzie, którzy mają predyspozycje do inercyjnych form zachowania i trudno jest im przystosować się do nieoczekiwanej zmieniającej się sytuacji. Należą oni do typu pechowców, ludzi szczególnie predysponowanych do wywoływania awarii. Człowiek współdziałający z obiektem technicznym, w szczególności operator, nie może mieć oczywiście takiej osobowości, a powinien się cechować umiejętnością szybkiego podejmowania decyzji, zdolnością do koncentracji, przekonaniem do własnej fachowości [56].

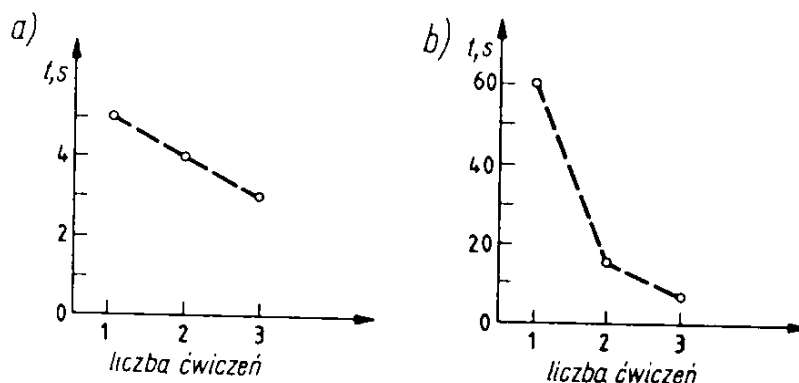
Przy doborze człowieka do wykonywania określonych funkcji w systemie C-T-O należy oczywiście brać pod uwagę także i inne jego cechy. Jedną z nich jest stosunek do ryzyka. Przyczyną wielu błędów człowieka jest tzw. ryzykanctwo, objawiające się demonstrowaniem „odwagi” w sytuacjach zagrożenia. Jest to jeden z czynników kultury bezpieczeństwa. Do tej grupy czynników należą również i inne, np. wynikające ze społecznych wzorców postępowania. Jednym z takich wzorców, powstałych w Polsce po II wojnie światowej z powodów społeczno-politycznych, jest omijanie lub naruszanie przepisów. Jest to jedna z bardziej poważnych przyczyn znacznie większej zawodności człowieka w Polsce i znacznie mniejszego bezpieczeństwa w różnych sferach jego działalności i życia w porównaniu z krajami zachodnioeuropejskimi [18].

Wykresy przedstawione na rys. 4.38 obrazują rolę treningu jako jednego z jakościowych działań na rzecz niezdatności człowieka. Przedstawiają one wzrost efektywności działania pilota podczas awarii silnika samolotu pod wpływem treningu. Trening kształtuje nie tylko fizjologiczne mechanizmy działania operatora, lecz także odporność psychiczną na stres, wyrabia też poczucie wiary w siebie w sytuacjach zagrożenia (niebezpiecznych). Poczucie panowania nad sytuacją jest

według psychologów bardzo istotną pozytywną emocją operatora, znacznie zwiększającą niezawodność człowieka.

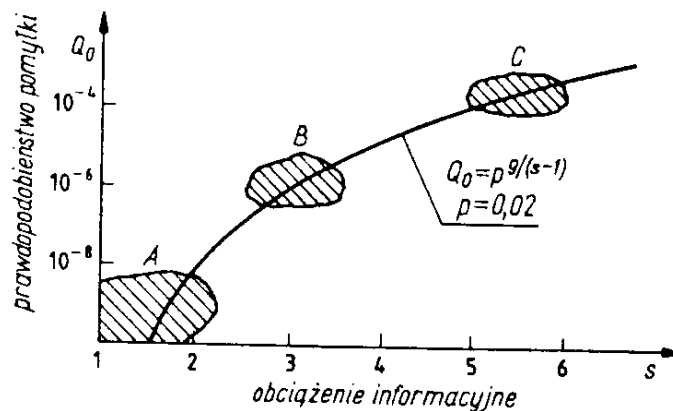
Jakościowe działania na rzecz niezawodności człowieka ukierunkowane na ulepszanie warunków współdziałania człowieka i obiektu technicznego polegają na [56]:

- racjonalizacji liczby i rozmieszczenia wskaźników, przyrządów i zabezpieczeń,
- geometrycznej i estetycznej racjonalizacji przestrzeni operowania człowieka,
- prawidłowym podziale funkcji między człowieka i układ automatycznego sterowania, itd.



Rys. 5.3 Wpływ liczby ćwiczeń na czas: a) wykrywania awarii silnika, b) rozpoznawania awarii silnika [56]

Te i inne podobne zagadnienia są rozwiązywane głównie przez psychologię inżynierską i ergonomię. Możliwości, jakie tkwią w niektórych z tych działań, ilustruje wykres zamieszczony na rys. 5.4.



Rys. 5.4 Wpływ obciążenia informacyjnego na prawdopodobieństwo popełnienia pomyłki przez operatora: A - wypadki na autostradach. B - wypadki przy lądowaniu samolotów cywilnych. C - wypadki przy lądowaniu na lotniskowcach [56]

Wykres na rys. 5.4 przedstawia negatywny wpływ nadmiaru informacji potrzebnych do podjęcia decyzji, odbieranych przez operatora na przykład ze wskaźników i przez niego przetwarzanych. Na wykresie tym są również zaznaczone wyniki statystyk niektórych grup wypadków. Widać, że prawdopodobieństwo Q_0 powstania wypadku z winy operatora rośnie bardzo szybko wraz ze wzrostem ilości informacji, które operator obiektu technicznego musi odebrać i przetworzyć przy wykonywaniu określonej czynności [56].

Ilość informacji, jakimi dysponuje operator, nie może być jednak zbyt mała, gdyż wówczas operator traci poczucie panowania nad sytuacją, co gwałtownie zwiększa prawdopodobieństwo popełnienia przez niego pomyłki.

Przedstawione powyżej wybrane wyniki badań, oraz inne podobne, mogą być podstawą do jakościowych działań mających na celu poprawę niezawodności człowieka. Obecnie problemami niezawodności człowieka zajmuje się wiele ośrodków naukowych na świecie. Zostały opracowane i są wykorzystywane w praktyce znacznie bardziej zaawansowane metody i procedury działań na rzecz niezawodności człowieka w systemach C-T-O. Ich przegląd jest przedstawiony w pracy.

Szczególnie duże znaczenie mają jednak ilościowe metody badań i oceny niezawodności człowieka, bo pozwalają one na bardziej racjonalne działania na rzecz niezawodności człowieka, już w fazie projektowania systemu C-T-O. Opierają się one na matematycznych modelach niezawodności człowieka, tworzonych głównie na podstawie obserwacji zachowań człowieka (głównie operatora) w różnych sytuacjach. Ponieważ

niezawodność człowieka zależy od wielu różnych i powiązanych ze sobą czynników, nie udało się dotychczas utworzyć uniwersalnego modelu niezawodności człowieka. Jednakże istniejące już modele dostarczają wielu ciekawych informacji o cząstkowych wpływach różnych czynników na tę niezawodność.

Jednym z pierwszych modeli tego rodzaju jest model przedstawiony w pracy na podstawie piśmiennictwa amerykańskiego i oparty na zasadach teorii informacji. Uwzględnia on w sposób pośredni wiele z czynników, które mają wpływ na niezawodność człowieka. Według tego modelu prawdopodobieństwo Q_0 popełnienia pomyłki przez operatora przy wykonywaniu określonej czynności można wyrazić następująco [56]:

$$Q_0 = p^{\frac{9}{(s-1)}} \quad (5.1)$$

gdzie:

$p=0,02$ - prawdopodobieństwo popełnienia pomyłki przy działaniu na granicy możliwości psychofizjologicznych człowieka (przy granicznym obciążeniu informacyjnym),

s - miara obciążenia informacyjnego według dziesięciostopniowej skali ocen.

W wielu współczesnych opracowaniach naukowych prezentowane także inne, bardziej zaawansowane, modele znane pod nazwami THERP (ang. Technique for Human Error Rate Prediction), TESEO (wł. Technica Empirica Stima Errori Operatori), HCR (ang. Human Cognitive Reliability) [18] i inne. Tak na przykład wg modelu TESEO prawdopodobieństwo Q_0 popełnienia błędu przez operatora podczas wykonywania określonej czynności w pomieszczeniu sterowniczym można określić za pomocą wyrażenia [56]:

$$Q_0 = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \quad (5.2)$$

gdzie występujące po prawej stronie współczynniki uwzględniają odpowiednio: typowość wykonywanej czynności, możliwość pojawienia się chwilowego stresu podczas wykonywania tej czynności, cechy operatora zależne od poziomu wprawy i poziomu jego wiedzy, stan emocjonalny operatora zależny od stopnia niebezpieczeństwa związanego z wykonywaną czynnością, warunki ergonomiczne. Wartości tych współczynników dobiera się z dość szerokich zakresów. Na przykład:

$K_1 = 0,001$ dla prostych, rutynowych czynności,

$K_1 = 0,01$ dla rutynowych czynności wymagających uwagi,
 $K_1 = 0,1$ dla czynności nietypowych.

Zupełnie inną postać ma model HCR. Pozwala on na ocenę prawdopodobieństwa popełnienia błędu przez człowieka przy rozwiązywaniu określonego problemu i uwzględnia w sposób jawny czas. Prawdopodobieństwo to wyraża się za pomocą wzoru Weibulla o postaci [56]:

$$Q_0(t_n) = \exp \left\{ - \left(\frac{t_n - a_1}{a_2} \right)^{a_3} \right\} \quad (5.3)$$

gdzie:

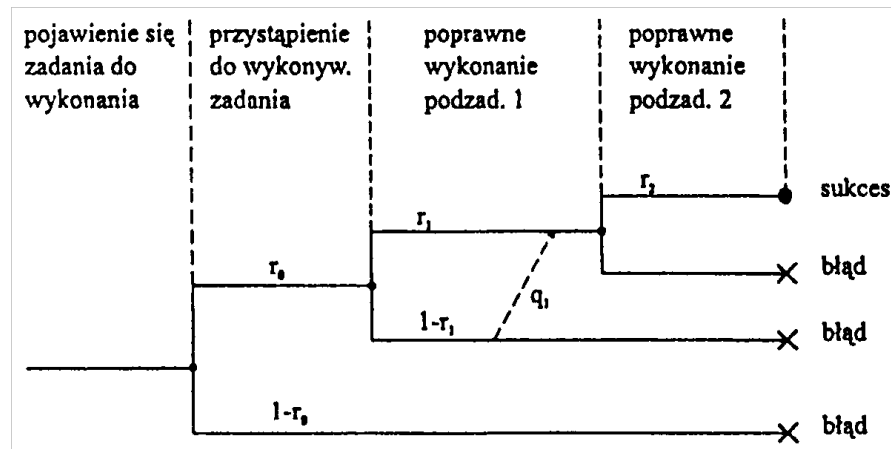
t_n - czas znormalizowany określony przez wyrażenie [56]

$$t_n = \frac{t}{T_{1/2}} \quad (5.4)$$

t - czas przeznaczony na rozwiązanie problemu (wykonanie zadania),
 $T_{1/2}$ - szacowany średni czas potrzebny na rozwiązanie problemu;
 a_1, a_2, a_3 - parametry, których wartości są dobierane w zależności od tego, czy działanie człowieka przy rozwiązywaniu problemu oparte jest głównie na wprawie, czy na przepisach, czy na wiedzy.

Najbardziej znaną i często stosowaną w praktyce ilościową metodą analizy niezawodności człowieka jest metoda THERP. Należy ona do grupy tzw. metod dekompozycyjnych. Charakteryzują się one tym, że podstawą analizy niezawodności człowieka przy wykonywaniu przez niego określonego zadania jest podział tego zadania na elementy, czyli podzadania. Prawdopodobieństwo poprawnego wykonania zadania (prawdopodobieństwo sukcesu) jest w nich wyznaczane jako iloczyn prawdopodobieństw poprawnego wykonania podzadań.

Analizę niezawodności człowieka, dokonywaną w tej metodzie w celu wyznaczenia prawdopodobieństw popełnienia błędów przewidzianych w analizie ryzyka prowadzi się przy zastosowaniu metody drzewa zdarzeń. Zdarzeniami w takim drzewie są błędy popełniane przy wykonywaniu kolejnych podzadań (lub poprawne ich wykonania), wyróżnionych wskutek dekompozycji całego zadania. Przykład takiego drzewa zdarzeń pokazano na rysunku 5.5.



Rys. 5.5 Drzewo zdarzeń przy wykonywaniu zadania przez człowieka [56]

Metoda THERP uwzględnia możliwość naprawy błędu przez człowieka. Zobrazowano to na rys. 5.4 w odniesieniu do podzadania 1 (linia przerywana), przy czym q_1 oznacza prawdopodobieństwo naprawy błędu popełnionego podczas wykonywania podzadania 1. Zbudowane drzewo zdarzeń dla rozpatrywanego zadania umożliwia wyznaczenie prawdopodobieństwa Q popełnienia błędu przy wykonywaniu tego zadania [56]:

$$Q = 1 - R \quad (5.5)$$

gdzie:

R - prawdopodobieństwo poprawnego wykonania zadania.

W przykładzie przedstawionym na rysunku 5.5 [56] :

$$R = r_0 [r_1 + (1 - r_1) q_1] r_2 \quad (5.6)$$

Tak wyznaczone prawdopodobieństwo Q jest wprowadzane do analizy bezpieczeństwa.

Wartości potrzebnych w takiej analizie prawdopodobieństw (w przedstawionym przykładzie r_0 , r_1 , r_2 , q_1) są określone albo na podstawie danych statystycznych albo metodą ekspercką. Dla potrzeb analizy niezawodności człowieka wyróżnia się w literaturze światowej trzy takie poziomy, tzn.:

- poziom wprawy, któremu przypisuje się proste, powtarzające się czynności o charakterze manipulacyjno-odczytowym,

- poziom reguł, któremu przypisuje się bardziej złożone czynności wykonywane zgodnie z opracowanymi wcześniej regułami,
- poziom wiedzy, któremu przypisuje się działania nietypowe, w nowych sytuacjach, wymagające oceny sytuacji i podjęcia decyzji co do sposobu działania.

Działania związane z ostatnim poziomem są często podejmowane w sytuacjach zagrożenia, a więc i stresu, potęgowanego nierzadko poczuciem deficytu czasu w takich sytuacjach. Działaniom człowieka na poziomie wiedzy przypisuje się największą zawodność.

Bardzo ważnym problemem w analizach ryzyka i bezpieczeństwa jest uwzględnienie w nich tzw. czynnika ludzkiego. Człowiek jest elementem systemu C-T-O, mającym szczególne właściwości. Jest w tym systemie elementem sterującym i bardzo zawodnym. Dlatego pominięcie tego elementu w analizie ryzyka należy uznać za duży błąd.

Uwzględnienie czynnika ludzkiego w analizie bezpieczeństwa polega na modelowaniu zdolności człowieka do poprawnego działania zarówno w okresie normalnego funkcjonowania rozważanego systemu. Problem czynnika ludzkiego jest rozwiązywany przez:

- a) umiejscowienie czynnika ludzkiego w analizie ryzyka,
- b) określenie poziomów niezawodności człowieka w jego działaniach przewidzianych w punkcie a).

Zaprezentowaną metodę można zastosować przy analizie wypadkowości.

5.4 Modele matematyczne oparte na procesie Markowa

Autorzy zaproponowali [16], aby w modelu bezpieczeństwa porażeniowego należy stosować takie metody probabilistyczne, które uwzględniają następujące właściwości systemu urządzenia elektryczne-człowiek:

- występowanie w systemie nadmiaru strukturalnego, funkcjonalnego, informacyjnego, parametrycznego i zabezpieczeniowego,
- przebywanie systemu w następujących kolejno po sobie podzbiorach stanów bezpiecznego funkcjonowania, zagrożenia rażeniowego,

zagrożenia porażeniowego i jego eliminacji oraz porażenia elektrycznego,

- stany zagrożenia porażeniowego mogą być odwracalne lub nieodwracalne, w zależności od tego, czy są wykrywane w czasie użytkowania,
- prawdopodobieństwa przejścia ze stanów rażenia do stanów porażenia elektrycznego są równe prawdopodobieństwu wystąpienia patofizjologicznych reakcji organizmu ludzkiego,
- stany porażenia elektrycznego mogą być pochłaniające lub częściowo odwracalne (np. jeśli uwzględnimy pomoc medyczną porażonemu).

Probabilistyczna analiza zdarzeń w takim systemie za pomocą metod logiczno-zdarzeniowych jest utrudniona. Metody równań stanów można stosować do analizy zdarzeń w systemach ze stanami odwracalnymi i nieodwracalnymi. W metodach tych istnieje możliwość uwzględnienia kolejności zdarzeń oraz prawdopodobieństwa wystąpienia skutków rażenia [16].

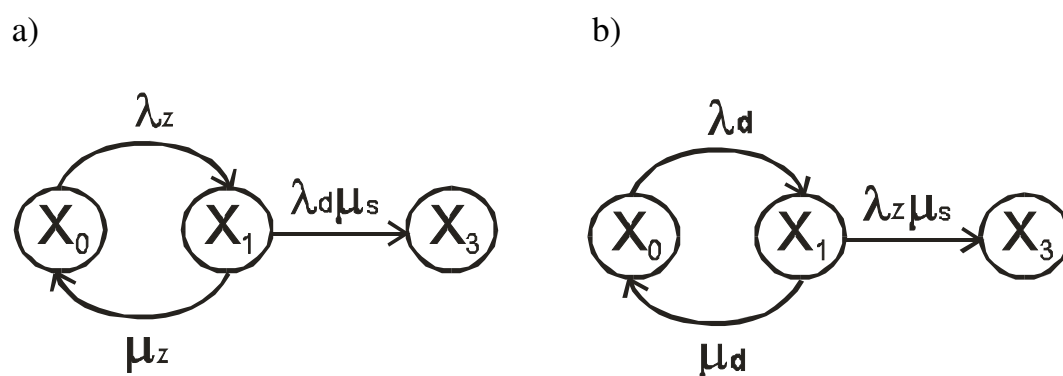
Przy pomocy równań stanów wyznacza się prawdopodobieństwa przebywania systemu w określonych stanach niezawodności i bezpieczeństwa. Możliwe jest również wyznaczenie czasowych i liczbowych charakterystyk systemu typu: średni czas bezpiecznej pracy, zastępcza intensywność zawodności bezpieczeństwa, ile razy system przebywał w stanach odwracalnych, itp.

Proces zmian stanów można opisać jednorodnym procesem Markowa, jeżeli rozkład czasu przebywania systemu w poszczególnych stanach jest wykładniczy i czasy te zależą od zachowania się systemu w przeszłości, a rozwój wydarzeń w przyszłości zdeterminowany jest tylko stanem aktualnym. Można przyjąć takie upraszczające założenie, ponieważ wypadki porażenia elektrycznego należą do kategorii zdarzeń losowych rzadkich, wynikają one bowiem z wielokrotnego rozrzedzenia pierwotnych zdarzeń inicjujących. Mając to na uwadze, wielu autorów opisu takich zdarzeń stosuje proces Poissona, który jest podstawą procesów markowowskich [16].

Jedną z podstawowych miar bezpieczeństwa porażeniowego człowieka jest prawdopodobieństwo niewystąpienia porażenia prądem elektrycznym w określonym przedziale czasu. Miarą niebezpieczeństwa warunkowego jest prawdopodobieństwo wystąpienia patofizjologicznych reakcji organizmu ludzkiego przy rażeniu prądem elektrycznym. Prawdopodobieństwo to wyznacza się dla zdeterminowanych wartości

napięcia dotykowego, czasu trwania rażenia i innych czynników. Niezbędna jest więc dekompozycja części niezawodnościowej modelu bezpieczeństwa na niezależne podsystemy, czyli pogrupowanie (zgodnie z regułami probabilistycznej logiki) zbioru zdarzeń polegających na wystąpieniu napięcia dotykowego, pod kątem warunków rażeniowych występujących w poszczególnych sytuacjach wrażeniowych [16].

Tworzenie, dla każdego z tych podsystemów, modelu wykorzystania procesów Markowa polega na [16] określeniu stanów x_j niezawodności i bezpieczeństwa oraz przejść między stanami (na tym etapie wygodnie jest posługiwać się odpowiednim grafem (rys. 5.6),



Rys. 5.6 Grafy modeli podsystemów urządzenie elektryczne-człowiek [16]

W opracowanych modelach podsystemów (tabela 5.2) wyróżniono następujące stany:

x_0 - bezpieczne funkcjonowanie,

x_1 - zagrożenie rażeniowe,

x_3 - zawodność bezpieczeństwa (porażenie z określonym skutkiem np. fibrylacja komórek sercowych).

Modele podsystemów przedstawione w tabeli 5.2 odwzorowują sytuacje, w których na skutek koincydencji określonych zdarzeń (np. zwarcie, uszkodzeń ochrony) występuje z intensywnością ekspozycja napięć dotykowych (wejście do stanu x_1). Z tego stanu, wskutek działania ochrony (lub naprawy), system z intensywnością mikro z może wrócić do stanu pełnego bezpieczeństwa x_0 lub z intensywnością λ_d (dotyku do części urządzeń, na których występuje ekspozycja napięć dotykowych) przejść do

stanu zagrożenia porażeniowego x_2 . Przejście ze stanu x_2 do stanu porażenia x_3 następuje z prawdopodobieństwem wystąpienia rozpatrywanych skutków rażenia q_s czyli z intensywnością $\lambda_d \cdot \mu_s$.

Tabela 5.2 Modele bezpieczeństwa podsystemów urządzenie elektryczne-człowiek [16]

Graf Modelu	Układ równań różniczkowych Kołmogorowa	Średni czas bezpiecznej pracy podsystemu
Rys. 5.6a	$\begin{aligned} P_o(t) &= -\lambda P_o(t) + \mu_z P_1(t) \\ P'_1(t) &= \lambda P_o(t) - (\mu_z + \lambda_d q_s) P_1(t) \\ P'_3(t) &= \lambda_d q_s P_1(t) \end{aligned} \quad (5.7)$	$T_B = \frac{\mu_z + \lambda_z + \lambda_d q_s}{\lambda_z \lambda_d q_s} \quad (5.8)$
Rys. 5.6b	$\begin{aligned} P_o(t) &= -\lambda_z P_o(t) + \mu_z P_1(t) + \lambda_d (1 - q_s) P_2(t) \\ P'_1(t) &= -\lambda_z P_o(t) - (\mu_z + \lambda_d q_s) P_1(t) \\ P'_2(t) &= \lambda_d P_1(t) - \lambda_d P_2(t) \\ P'_3(t) &= \lambda_d q_s P_2(t) \end{aligned} \quad (5.9)$	$T_B = \frac{\mu_z + \lambda_z + \lambda_d}{\lambda_z \lambda_d q_s} + \frac{1}{\lambda_d q_s} \quad (5.10)$

W przypadku jednorodnego procesu markowskiego do rozwiązania układu równań różniczkowych (tab. 5.2 kolumna 3) wykorzystywane są przekształcenia Laplace'a. Przy użyciu transformat Laplace'a przekształca się równania różniczkowe do układu równań algebraicznych w postaci operatorowej. Rozwiązując ten układ równań wyznacza się transformaty prawdopodobieństw $P_i(t)$. Dysponując zależnościami na $P_i(s)$ i $P_i(t)$ można wyznaczyć wszystkie wskaźniki bezpieczeństwa.

Każdy z grafów bezpieczeństwa może być zastąpiony grafem dwustanowym (rys. 5.6), w którym zbiór stanów S grupuje się w dwa podzbiory stanów: niezawodności S' i zawodności S'' bezpieczeństwa.

Wskaźniki niezawodności $R_B(t)$ i zawodności bezpieczeństwa $Q_B(t)$ wyrażają się następującymi zależnościami [16]:

$$R_B(t) = \sum_{i \in S'} P_i(t) \quad (5.11)$$

$$Q_B(t) = \sum_{i \in S''} P_i(t) \quad (5.12)$$

gdzie:

$Pi(t)$ - prawdopodobieństwo przebywania procesu odpowiednio w podzbiorach stanów niezawodności S' i zawodności S'' bezpieczeństwa.

Intensywność przejścia do stanu zawodności bezpieczeństwa wyznacza się ze wzoru:

$$\lambda_B(t) = \frac{Q_B(t)}{R_B(t)} \quad (5.13)$$

a średni czas do wystąpienia porażenia elektrycznego (tab. 5.2 kol.3) ze wzoru:

$$T_B = \int_0^{\infty} R_B(t) dt \quad (5.14)$$

Model bezpieczeństwa porażeniowego systemu urządzenie elektryczne człowiek zwykle składa się z n-podsystemów. Wskaźniki wtedy wyznacza się ze wzorów [16]:

$$R_{OS}(t) = \exp \left\{ - \int_0^t \lambda_{BS}(\tau) d\tau \right\} \quad (5.15)$$

$$Q_{BS}(t) = \int_0^t \lambda_{BS}(\tau) R_{OS}(\tau) d\tau \quad (5.16)$$

przy czym intensywność przejścia do stanu zawodności [16]:

$$\lambda_{BS} = \sum_{j=1}^n \lambda_{Bj}(t) \quad (5.17)$$

Dla warunków stacjonarnych ($t \rightarrow \infty$), niezawodność i zawodność bezpieczeństwa oblicza się ze wzorów, przy czym intensywność przejścia do stanu zawodności [16]:

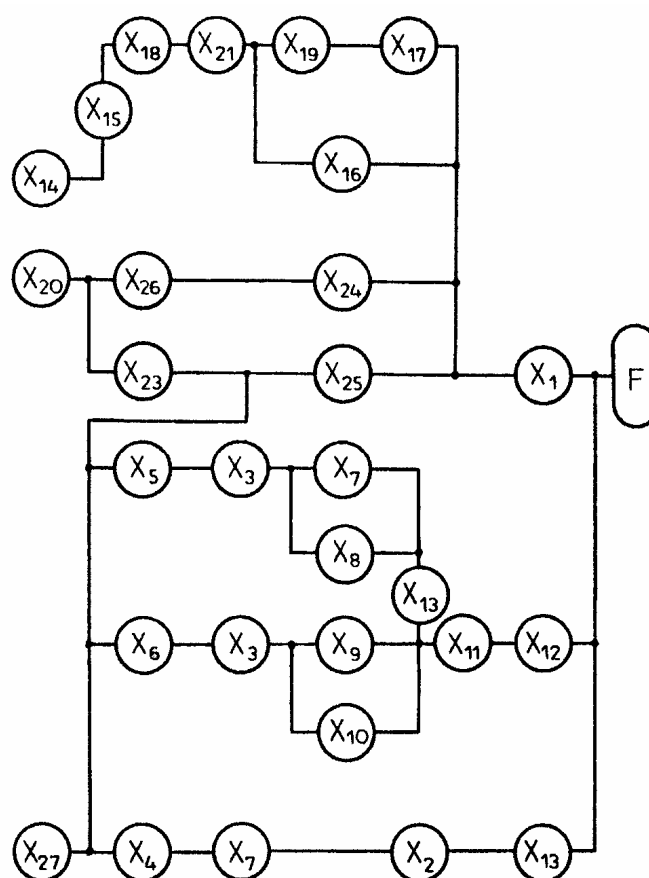
$$\lambda_{BS} = \sum_{j=1}^n \frac{1}{T_{Bj}} \quad (5.18)$$

gdzie:

T_{Bj} - średni czas pracy j - tego spośród n niezależnych podsystemów bezpieczeństwa.

5.5 Logiczno-probabilistyczne modelowanie powstawania wypadków porażień elektrycznych w sieciach z izolowanym punktem neutralnym [20]

Proponowany logiczny schemat strukturalny wypadku porażenia elektrycznego zawiera 27 elementów. W modelu, oprócz zdarzeń związanych z pracą urządzeń elektroenergetycznych i ich elementów, uwzględniono także zdarzenia polegające na błędach i zaniedbaniach personelu prowadzącego eksploatację i remonty urządzeń elektroenergetycznych. Ponadto okazało się konieczne włączenie do modelu takich zdarzeń jak "praca przy wyłączonym napięciu", "praca w styczności z częściami znajdującymi się pod napięciem lub w pobliżu nich" i inne. Model został opracowany przez prof. A.Sidorowa z Rosji [20].



Rys. 5.7 Logiczno-probabilistyczny model wypadku porażenia elektrycznego [20]

Schemat strukturalny składa się z $n=27$ elementów i zawiera następujące grupy zdarzeń:

- a) zdarzenia polegające na błędach w postępowaniu personelu (7 elementów: X15 do X19, X21, X24),
- b) zdarzenia dotyczące technicznych środków zapewniających bezpieczeństwo (10 elementów: X4, X7 do X13, X22, X25),
- c) niebezpieczne (inicjujące) zdarzenia (5 elementów: X1, X2, X3, X5, X6),
- d) zdarzenia wyjściowe (5 elementów : X14, X20, X23, X26, X27).

Tabela 5.3 Zdarzenia elementarne ujęte w modelu [20]

Nr	Opis zdarzenia	Q
X1	Stykanie się człowieka z częściami znajdującymi się pod napięciem	0,38
X2	Stykanie się człowieka z częściami dostępnymi do dotyku	1
X3	Zbliżenie się człowieka do urządzenia	1
X4	Zły stan izolacji faz sieci	1
X5	Jednofazowe zwarcie doziemne	0,168
X6	Dwufazowe zwarcie z ziemią	$8,8 \cdot 10^{-4}$
X7	Niezadziałanie I-go stopnia zabezpieczenia ziemnozwarciowego	0,037
X8	Niezadziałanie II-go stopnia zabezpieczenia ziemnozwarciowego	0,00374
X9	Niezadziałanie zabezpieczenia przy zwarcu dwufazowym	0,00374
X10	Niezadziałanie członu zabezpieczenia ziemnozwarciowego, reagującego na podwójne zwarcie z ziemią	$7,5 \cdot 10^{-3}$
X11	Uszkodzenie obwodu uziemienia	0,205
X12	Uszkodzenie urządzenia kontrolującego parametry uziemienia	0,05
X13	Uszkodzenie układu kompensacji ziemnozwarciowej	0,01
X14	Praca przy wyłączonym napięciu	$0,05 \div 0,07$
X15	Praca bez formalnego polecenia	$5 \cdot 10^{-3}$
X16	Niewykonanie wysączenia napięcia	10^{-4}
X17	Pomyłkowe włączenie napięcia	10^{-3}
X18	Brak dopuszczenia do pracy	$5 \cdot 10^{-3}$
X19	Nieoznakowanie miejsca pracy	$5 \cdot 10^{-3}$
X20	Praca bez wyłączenia napięcia	$0,01 \div 0,02$

cd Tabeli 5.3 Zdarzenia elementarne ujęte w modelu [20]

X21	Brak nadzoru nad personelem niefachowym	0,1
X22	Niezadziałanie urządzenia kontrolującego stan izolacji	0,05
X23	Praca w oddaleniu od części znajdujących się pod napięciem	$0,07 \div 0,016$
X24	Niestosowanie indywidualnego sprzętu ochronnego	$0,1 \div 0,2$
X25	Konstrukcyjne wady urządzeń elektrycznych	$5 \cdot 10^{-4}$
X26	Praca w pobliżu elementów znajdujących się pod napięciem	10^{-3}
X27	Użytkowanie urządzenia elektroenergetycznego zgodne z przeznaczeniem	$0,89 \div 0,92$

Szczegółowy opis elementów schematu strukturalnego oraz prawdopodobieństwa reprezentowanych przez te elementy zdarzeń podane w tabeli nr 2. Wartości prawdopodobieństw Q1-Q27 ustalono na podstawie ocen ekspertów oraz na podstawie literatury [5] i analizy dokumentacji powypadkowych. Należy zauważyć, że dla zdarzeń X14, X20 i X27 suma prawdopodobieństw $Q_{14}+Q_{20}+Q_{27}=1$, gdyż urządzenie elektroenergetyczne albo jest w normalnej eksploatacji, albo jest remontowane [20].

5.6 Zastosowanie drzewa uszkodzeń do modelowania matematycznego wypadku przy urządzeniach elektroenergetycznych wysokiego napięcia

5.6.1 Wstęp

W rozdziale przedstawiono model matematyczny wypadku podczas pracy przy urządzeniach elektroenergetycznych opracowany przez prof. W. Korniluka [16] z wykorzystaniem drzewa uszkodzeń.

5.6.2 Model wypadku elektrycznego [16]

Przy budowie modelu wypadku elektrycznego istnieje potrzeba rozłożenia jednej wytycznej eksploatacji BHP (np. przy eksploatacji linii

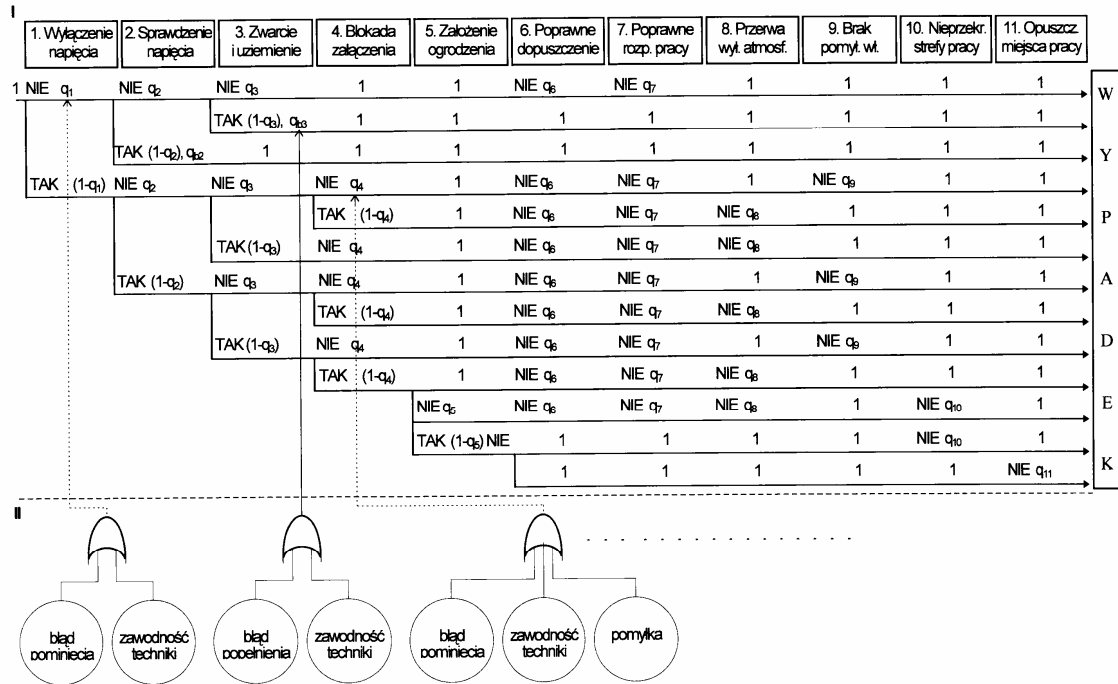
napowietrznych) na logiczną sekwencję zdarzeń. Wyróżniono w modelu błędy ludzkie i zawodność techniki. Do budowy modelu wypadku elektrycznego zastosowano metody drzewa zdarzeń.

Model jest uproszczony i z tego względu w drzewie zdarzeń uwzględniono najistotniejsze i-te zdarzenia [16]:

- 1 - wyłączenie napięcia,
- 2 - sprawdzenie braku napięcia,
- 3 - zwarcie i uziemienie przewodów,
- 4 - zablokowanie przed włączeniem napięcia,
- 5 - ogrodzenie lub osłonięcie miejsca pracy, oznaczenie tablicami ostrzegawczymi,
- 6 - dopuszczenie do wykonywania pracy,
- 7 - rozpoczęcie pracy,
- 8 - kontynuowanie pracy w czasie wyładowań atmosferycznych,
- 9 - pomyłkowe włączenie napięcia,
- 10 - przekroczenie bezpiecznych stref pracy,
- 11 - opuszczenie miejsca pracy po zakończeniu pracy

W drzewie błędów uwzględniono natomiast:

- 12 - błąd pominięcia,
- 13 - błąd popełnienia,
- 14 - zawodność środków technicznych.



Rys. 5.8 Model wypadku przy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych wg. prof. W.Korniluka [16]

Z uwagi na fakt, że poszczególne sekwencje zdarzeń są wykluczające się i tworzą zupełny układ zdarzeń prawdopodobieństwo wystąpienia wypadku elektrycznego w trakcie realizacji pojedynczego polecenia pracy można opisać zależnością [16]:

$$\begin{aligned}
 q_w = & q_1 q_2 q_3 q_4 q_6 q_7 + q_1 q_2 (1 - q_3) q_{b3} + q_1 (1 - q_2) q_{b2} + \\
 & + (1 - q_1) q_2 q_3 q_4 q_6 q_7 q_9 + (1 - q_1) q_2 q_3 (1 - q_4) q_6 q_7 q_8 + \\
 & + (1 - q_1) q_2 (1 - q_3) q_4 q_6 q_7 q_8 + (1 - q_1) (1 - q_2) q_3 q_4 q_6 q_7 q_9 + \\
 & + (1 - q_1) (1 - q_2) q_3 (1 - q_4) q_6 q_7 q_8 + (1 - q_1) (1 - q_2) (1 - q_3) q_4 q_6 q_7 q_9 + \\
 & + (1 - q_1) (1 - q_2) (1 - q_3) (1 - q_4) q_6 q_7 q_8 + (1 - q_1) (1 - q_2) (1 - q_3) (1 - q_4) q_5 q_6 q_7 q_8 q_{10} + \\
 & + (1 - q_1) (1 - q_2) (1 - q_3) (1 - q_4) (1 - q_5) q_{10} + (1 - q_1) (1 - q_2) (1 - q_3) (1 - q_4) (1 - q_5) q_{11}
 \end{aligned}
 \tag{5.19}$$

gdzie:

q_i - prawdopodobieństwo wystąpienia i-tego ($i=1...11$) niepożądanego zdarzenia.

5.6.3 *Uwagi końcowe*

Zwiększenie bezpieczeństwa elektrycznego wymienionej grupy zawodowej będzie możliwe po przeprowadzeniu dogłębnej analizy przyczyn wypadków i na tej podstawie zorganizowanie odpowiedniej profilaktyki [17].

5.7 *Zmodyfikowany model matematyczny wypadku przy eksploatacji urządzeń SN i WN ze szczególnym uwzględnieniem stosowanego sprzętu ochronnego*

5.7.1 *Wprowadzenie*

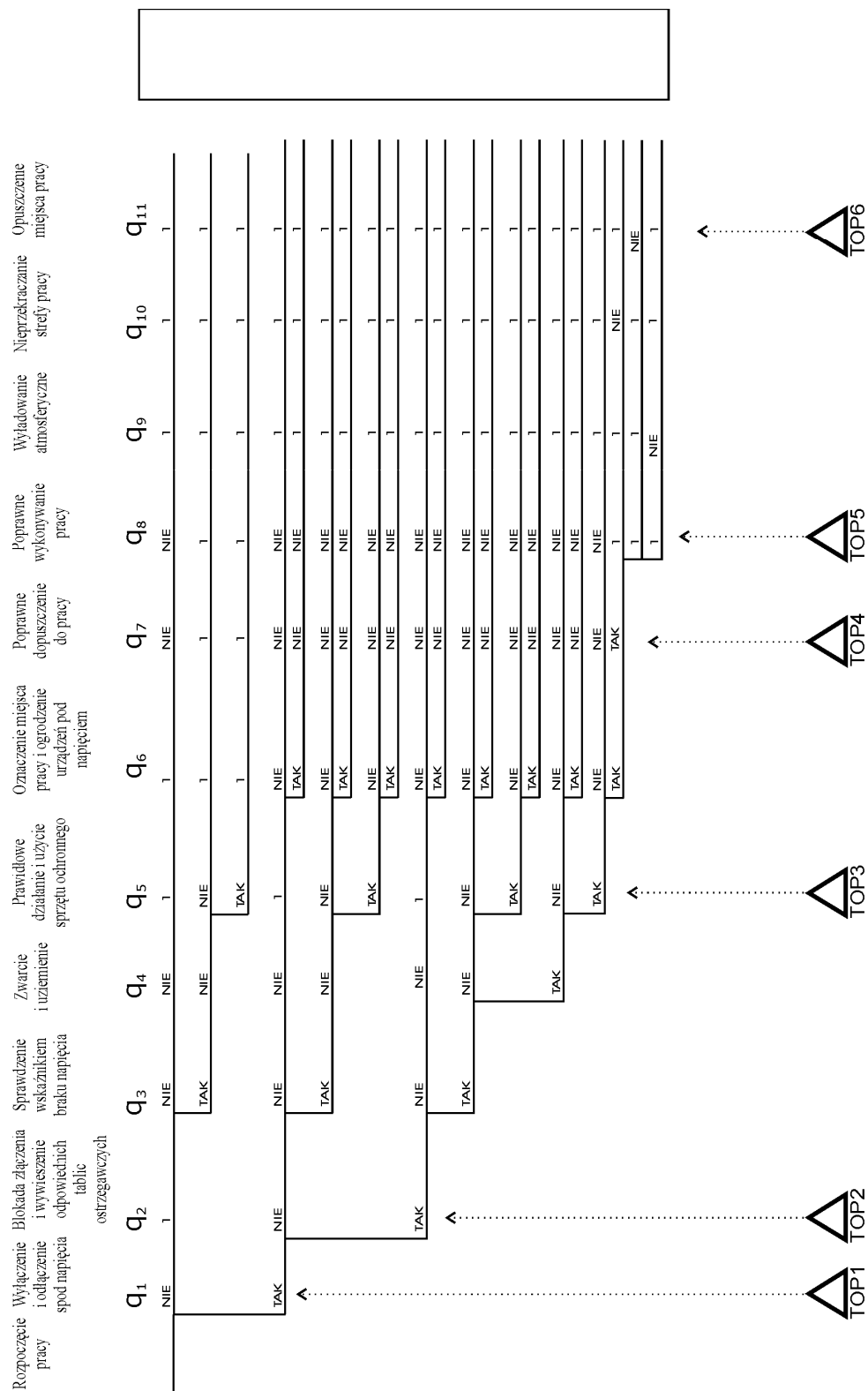
Wszystkie przedstawione wcześniej modele matematyczne nie uwzględniają w sposób wystarczający roli sprzętu ochronnego w eliminacji ryzyka zawodowego, związanego z pracą przy urządzeniach elektrycznych.

Patrząc na dotychczasowe osiągnięcia w tym zakresie potrzebna jest modyfikacja modelu. Wykorzystano elastyczny model zaproponowany przez prof. W.Korniluka [16].

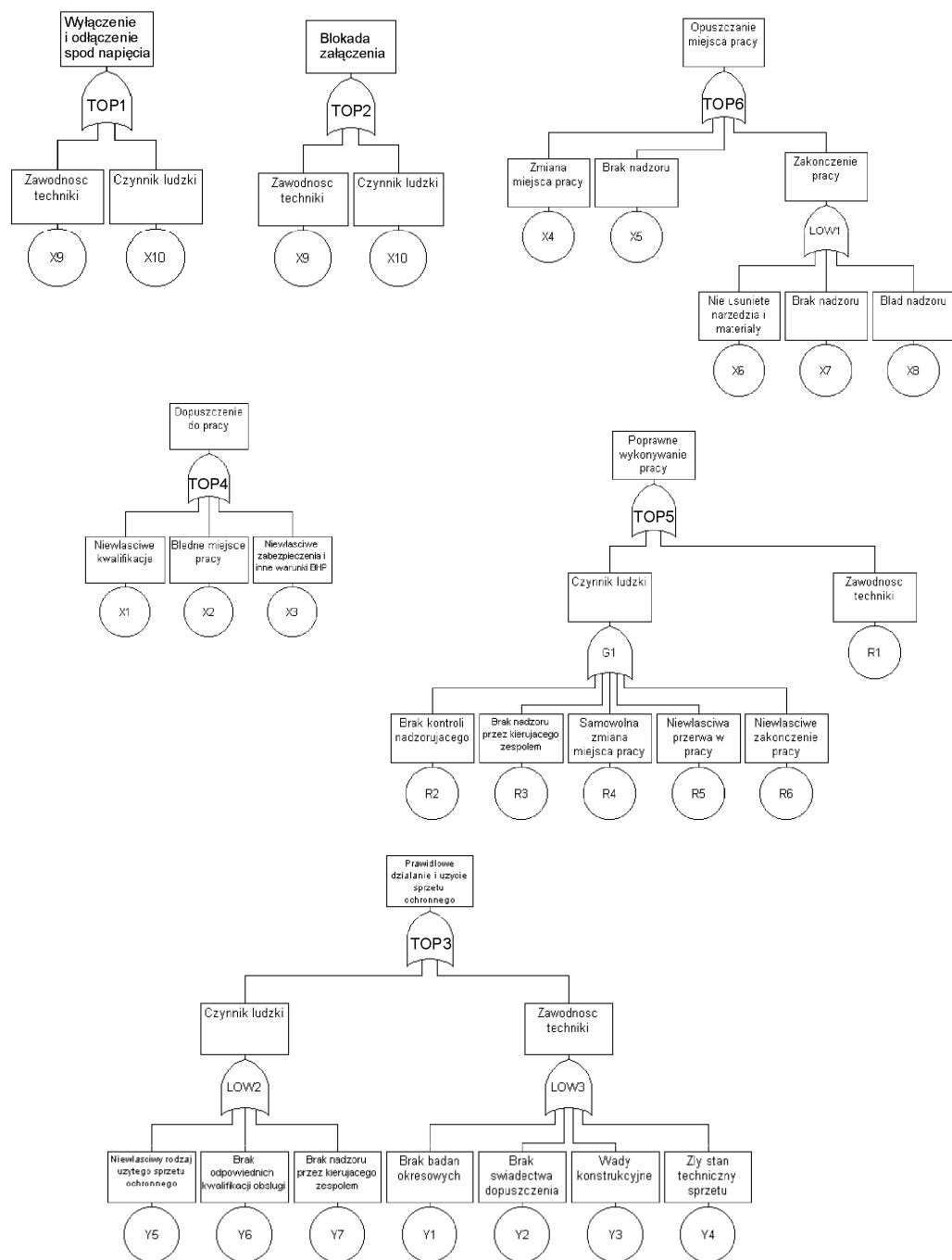
W poniższych rozważaniach przedstawiony zostanie model wypadku dostosowany do wytycznych eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych w Polsce z szczególnym zwróceniem uwagi na sprzęt ochronny wykorzystywany podczas eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych. Zastosowana zostanie komputerowa implementacja modelu matematycznego, umożliwi ona ukierunkowanie profilaktyki w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy przy eksploatacji urządzeń elektrycznych.

5.7.2 *Model matematyczny wypadku*

Punktem wyjściowym do stworzenia tego modelu jest opracowanie prof. W. Korniluka [16]. Wzięto pod uwagę wytyczne stosowane przy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych obowiązujących w Polsce. Przeanalizowano i uwzględniono w modelu użycie wymaganego do stosowania sprzętu ochronnego. Zmodyfikowano scenariusze i wprowadzono jednoznacznie sprzęt ochronny do modelu matematycznego.



Rys. 5.9 Zmodyfikowany model wypadku



Rys. 5.10 Zmodyfikowane drzewa niezdatności

Duża elastyczność modyfikowanego modelu pozwala na jego zastosowanie w przyszłości do kolejnych udoskonaleń opisu wypadku.

Z uwagi na fakt, że poszczególne sekwencje zdarzeń (scenariusze) są wykluczające się i tworzą zupełny układ zdarzeń prawdopodobieństwo wystąpienia wypadku elektrycznego w trakcie realizacji pojedynczego polecenia pracy można opisać zależnością:

$$\begin{aligned}
 q_W = & q_1 \cdot q_3 \cdot q_4 \cdot q_7 \cdot q_8 + \\
 & + q_1 \cdot (1 - q_3) \cdot q_4 \cdot q_5 + \\
 & + q_1 \cdot (1 - q_3) \cdot q_4 \cdot (1 - q_5) + \\
 & + (1 - q_1) \cdot q_2 \cdot q_3 \cdot q_4 \cdot q_6 \cdot q_7 \cdot q_8 + \\
 & + (1 - q_1) \cdot q_2 \cdot q_3 \cdot q_4 \cdot (1 - q_6) \cdot q_7 \cdot q_8 + \\
 & + (1 - q_1) \cdot q_2 \cdot (1 - q_3) \cdot q_4 \cdot q_5 \cdot q_6 \cdot q_7 \cdot q_8 + \\
 & + (1 - q_1) \cdot q_2 \cdot (1 - q_3) \cdot q_4 \cdot q_5 \cdot (1 - q_6) \cdot q_7 \cdot q_8 + \\
 & + (1 - q_1) \cdot q_2 \cdot (1 - q_3) \cdot q_4 \cdot (1 - q_5) \cdot q_6 \cdot q_7 \cdot q_8 + \\
 & + (1 - q_1) \cdot q_2 \cdot (1 - q_3) \cdot q_4 \cdot (1 - q_5) \cdot (1 - q_6) \cdot q_7 \cdot q_8 + \\
 & + (1 - q_1) \cdot (1 - q_2) \cdot q_3 \cdot q_4 \cdot q_6 \cdot q_7 \cdot q_8 + \\
 & + (1 - q_1) \cdot (1 - q_2) \cdot q_3 \cdot q_4 \cdot (1 - q_6) \cdot q_7 \cdot q_8 + \\
 & + (1 - q_1) \cdot (1 - q_2) \cdot (1 - q_3) \cdot q_4 \cdot q_5 \cdot q_6 \cdot q_7 \cdot q_8 + \\
 & + (1 - q_1) \cdot (1 - q_2) \cdot (1 - q_3) \cdot q_4 \cdot q_5 \cdot (1 - q_6) \cdot q_7 \cdot q_8 + \\
 & + (1 - q_1) \cdot (1 - q_2) \cdot (1 - q_3) \cdot q_4 \cdot (1 - q_5) \cdot q_6 \cdot q_7 \cdot q_8 + \\
 & + (1 - q_1) \cdot (1 - q_2) \cdot (1 - q_3) \cdot q_4 \cdot (1 - q_5) \cdot (1 - q_6) \cdot q_7 \cdot q_8 + \\
 & + (1 - q_1) \cdot (1 - q_2) \cdot (1 - q_3) \cdot (1 - q_4) \cdot q_5 \cdot q_6 \cdot q_7 \cdot q_8 + \\
 & + (1 - q_1) \cdot (1 - q_2) \cdot (1 - q_3) \cdot (1 - q_4) \cdot q_5 \cdot (1 - q_6) \cdot q_7 \cdot q_8 + \\
 & + (1 - q_1) \cdot (1 - q_2) \cdot (1 - q_3) \cdot (1 - q_4) \cdot (1 - q_5) \cdot q_6 \cdot q_7 \cdot q_8 + \\
 & + (1 - q_1) \cdot (1 - q_2) \cdot (1 - q_3) \cdot (1 - q_4) \cdot (1 - q_5) \cdot (1 - q_6) \cdot (1 - q_7) \cdot q_{10} + \\
 & + (1 - q_1) \cdot (1 - q_2) \cdot (1 - q_3) \cdot (1 - q_4) \cdot (1 - q_5) \cdot (1 - q_6) \cdot (1 - q_7) \cdot q_{11} + \\
 & + (1 - q_1) \cdot (1 - q_2) \cdot (1 - q_3) \cdot (1 - q_4) \cdot (1 - q_5) \cdot (1 - q_6) \cdot (1 - q_7) \cdot (1 - q_9)
 \end{aligned} \tag{5.20}$$

gdzie:

$q_1 \div q_{11}$ – prawdopodobieństwa zaistnienia poszczególnych zdarzeń elementarnych

Zdarzenia elementarne przyjęte w modelu:

- 1 - Wyłączenie i odłączenie spod napięcia,
- 2 - Blokada załączenia i wywieszenie odpowiednich tablic ostrzegawczych,
- 3 – Sprawdzenie wskaźnikiem braku napięcia,

- 4 – Zwarcie i uziemienie,
- 5 – Prawidłowe użycie i działanie sprzętu ochronnego,
- 6 – Oznaczenie miejsca pracy i urządzeń będących pod napięciem,
- 7 – Poprawne dopuszczenie do pracy,
- 8 – Poprawne wykonywanie pracy,
- 9 – Wyładowanie atmosferyczne,
- 10 – Nieprzekraczanie strefy pracy,
- 11 – Opuśczenie miejsca pracy.

W modelu zastosowano tzw. drzewo niezdatności (z angielskiego Fault Tree). Jako zdarzenie inicjujące przyjęto rozpoczęcie pracy przez pracownika. Model można by jeszcze rozbudować o konkretne rodzaje używanego sprzętu ochronnego, ale przyjęte podejście nie wpływa w żaden sposób na końcowy wynik analizy.

5.7.3 *Analiza ważności*

Analiza ważności nie jest konieczna w przypadku jeśli celem analizy jest jedynie wyznaczenie niezawodności i zdatność systemu. Tak zbudowany model można analizować za pomocą współczynników ważności (analiza ważności) [18]. Analiza poszczególnych elementów jest użyteczna do identyfikacji punktów słabości i wad urządzeń, które są kluczowe dla właściwego funkcjonowania systemu. Wykonując analizę ważności projektant może zlokalizować dodatkowe źródła zwiększające ogólną niezawodność systemu.

Ważność zdarzenia może być zdefiniowana w sposób podstawowy z uwzględnieniem prawdopodobieństwa zdarzenia szczytowego. Wyróżnia się trzy rodzaje współczynnika ważności [18]:

Birnbaum

Wyznacza ta ważność różnicę w wartościach prawdopodobieństwa zdarzenia szczytowego gdy zdarzenie podstawowe A wystąpi $\Pr\{A\}=1$ i gdy zdarzenie podstawowe A nie występuje $\Pr\{A\}=0$. Ważność ta wyznacza maksymalny wzrost ryzyka skojarzonego ze zdarzeniem A w porównaniu gdy ono wystąpi i nie [18].

$$\text{Birnbaum} = \Pr\{\text{top}|A=1\} - \Pr\{\text{top}|A=0\} \quad (5.21)$$

Krytyczna

Określa prawdopodobieństwo (zakładając występowanie zdarzenia szczytowego), że uszkodzenie jest rezultatem uszkodzenia składnika A. Jest ten typ ważności jest ekwiwalentny z wyrażeniem na ważność Fussell-Vesely [18].

$$\text{Critical} = [\text{Pr}\{\text{top}|A=1\} - \text{Pr}\{\text{top}|A=0\}] * \text{Pr}\{A\} / \text{Pr}\{\text{Top}\} \quad (5.22)$$

Fussell-Vesely

Wyznacza ta ważność zmianę prawdopodobieństwa zdarzenia szczytowego pod wpływem minimalnej zmiany prawdopodobieństwa zdarzenia podstawowego. Można też tą ważność interpretować jako wartość ważoną grupy zawierającej zdarzenie podstawowe [18].

$$\text{Fussell-Vesely} = \frac{\sum_{i=1}^m p_i}{p_{TOP}} \quad (5.23)$$

gdzie:

p_{TOP} – prawdopodobieństwo zdarzenia szczytowego

m – ilość scenariuszy zdarzeń zawierających zdarzenie podstawowe

p_i – prawdopodobieństwo wystąpienia danego scenariusza zawierającego zdarzenie podstawowe

5.7.4 Estymacja parametrów niezawodnościowych na podstawie danych statystycznych

W analizowanym okresie czasu (1996 rok) miało miejsce 37 wypadków tzw. elektrycznych - 6 śmiertelnych a 5 ciężkich. Ogółem zdarzyło się 416 wypadków [17].

Przy uwzględnieniu podziału na napięcie do 1kV i powyżej rozkład był następujący:

do 1kV	21 wypadków
powyżej 1kV	16 wypadków

W grupie przyczyn należy rozróżnić przyczyny zależne od czynnika materialnego jak i przyczyny związane z bezpośrednio z człowiekiem. Badając przyczyny wypadków przy pracy stwierdzono niezmiennie wysoki udział: 70-80% [17] przyczyn tzw. grupy L czyli tkwiących w samym człowieku. Zjawisko to jest także charakterystyczne dla energetyk innych krajów np.: w Niemczech ocenia się iż 70% wypadków przy pracy odpowiedzialność spada na samego pracownika. Mimo stosunkowo niewysokiej liczby wypadków spowodowanych działaniem prądu elektrycznego do zapobiegania im przywiązuje się dużą wagę gdyż wymagają one aż 10-krotnie wyższych wydatków finansowych niż pozostałe rodzaje.

Niewłaściwy stan czynnika materialnego

Dotyczy 19,6% ogółu wypadków (83 razy wskazano jako jeden z czynników co stanowi wymieniony procent ogółu) [17]. W tej grupie rozkład zidentyfikowanych przyczyn jest następujący:

Niewłaściwości wykonania czynnika materialnego	36,1%
Ukryte wady materiałowe czynnika materialnego	15,7%

$$\begin{aligned} q_1 &= q_A \cdot q_B = 0,196 \cdot 0,361 = 7,0 \cdot 10^{-2} \left[\frac{1}{a} \right] \\ q_2 &= q_A \cdot q_C = 0,196 \cdot 0,157 = 3,1 \cdot 10^{-2} \left[\frac{1}{a} \right] \end{aligned} \quad (5.24)$$

gdzie:

q_A – prawdopodobieństwo zdarzenia A tj. jako jeden z czynników powodujących wypadek jest niewłaściwy stan czynnika materialnego

q_B -

prawdopodobieństwo zdarzenia B tj. wystąpienia wypadku pod wpływem niewłaściwości wykonania przy $\Pr\{top|A=1\}$

q_C -

prawdopodobieństwo zdarzenia C tj. wystąpienia wypadku pod wpływem ukrytych wad materiałowych przy $\Pr\{top|A=1\}$

q_1 – prawdopodobieństwo wystąpienia wypadku pod wpływem niewłaściwości wykonania czynnika materialnego

q_2 – prawdopodobieństwo wystąpienia wypadku pod wpływem ukrytych wad materiałowych czynnika materialnego

Niewłaściwa ogólna organizacja pracy

Dotyczy 13,2% ogółu wypadków. W tej grupie rozkład zidentyfikowanych przyczyn jest następujący [17]:

Brak nadzoru	9,1%
Brak lub niewłaściwe przeszkolenie	18,2%

$$q_3 = q_A \cdot q_B = 0,132 \cdot 0,091 = 1,2 \cdot 10^{-2} \left[\frac{1}{a} \right]$$

$$q_4 = q_A \cdot q_C = 0,132 \cdot 0,182 = 2,4 \cdot 10^{-2} \left[\frac{1}{a} \right] \quad (5.25)$$

gdzie:

q_A – prawdopodobieństwo zdarzenia A tj. jako jeden z czynników powodujących wypadek jest niewłaściwa ogólna organizacja pracy

q_B - prawdopodobieństwo zdarzenia B tj. wystąpienia wypadku pod wpływem braku nadzoru przy $\Pr\{top|A=1\}$

q_C - prawdopodobieństwo zdarzenia C tj. wystąpienia wypadku pod wpływem braku lub niewłaściwym przeszkoleniu przy $\Pr\{top|A=1\}$

q_3 - prawdopodobieństwo wystąpienia wypadku pod wpływem braku nadzoru

q_4 - prawdopodobieństwo wystąpienia wypadku pod wpływem braku lub niewłaściwym przeszkoleniu

Nieużywanie sprzętu ochronnego przez pracownika

Grupa tych przyczyn dotyczy 6,2% ogółu wykazywanych wypadków przy pracy w zakładach energetycznych [17].

$$q_5 = 6,2 \cdot 10^{-2} \left[\frac{1}{a} \right] \quad (5.26)$$

q_5 – prawdopodobieństwo wystąpienia wypadku pod wpływem nieużywania przez pracownika sprzętu ochronnego

Niewłaściwe samowolne zachowanie się pracownika

Grupa tych przyczyn dotyczy tylko 8,2% ogółu wykazywanych wypadków przy pracy [17].

$$q_6 = 8,2 \cdot 10^{-2} \left[\frac{1}{a} \right]$$

q_6 – prawdopodobieństwo wystąpienia wypadku pod wpływem niewłaściwego samowolnego zachowania się pracownika

Niewłaściwe zachowanie się pracownika

Jako kolejne w tej grupie pod względem udziału należy wymienić następujące czynniki [17]:

Nieznajomość zagrożenia	56,5%
Lekceważenie poleceń przełożonych	39,1%

Powyższe przyczyny dotyczą 33,2% ogółu wypadków.

$$\begin{aligned}q_7 &= q_A \cdot q_B = 0,332 \cdot 0,565 = 18,7 \cdot 10^{-2} \left[\frac{1}{a} \right] \\q_8 &= q_A \cdot q_C = 0,332 \cdot 0,391 = 12,9 \cdot 10^{-2} \left[\frac{1}{a} \right]\end{aligned}\tag{5.27}$$

gdzie:

- q_A - prawdopodobieństwo zdarzenia A tj. jako jeden z czynników powodujących wypadek jest niewłaściwe zachowanie się pracownika
- q_B - prawdopodobieństwo zdarzenia B tj. wystąpienia wypadku pod wpływem nieznajomości zagrożenia przy $\Pr\{\text{toplA}=1\}$
- q_C - prawdopodobieństwo zdarzenia C tj. wystąpienia wypadku pod wpływem lekceważenia poleceń przełożonych przy $\Pr\{\text{toplA}=1\}$
- q_7 - prawdopodobieństwo wystąpienia wypadku pod wpływem niewłaściwego zachowania się pracownika
- q_8 - prawdopodobieństwo wystąpienia wypadku pod wpływem lekceważenia poleceń przełożonych

5.7.5 Analiza modelu wypadku programem ISOGRAPH

W celu weryfikacji poprawności opracowanego modelu matematycznego należy porównać wyniki obliczeń z danymi statystycznymi pochodzącymi od zakładów energetycznych. W tym celu zastosowano program komputerowy Fault Tree 9.0 firmy ISOGRAPH.

W specjalny sposób zaimplementowano w nim zmodyfikowany model matematyczny. W celu uzyskania konkretnych wyników należało się posłużyć konkretnymi wartościami częstości zaistnienia poszczególnych zdarzeń. Opracowano je na podstawie publikacji mgr inż. Jadwiga Kurpisz „Analiza wypadków przy pracy w spółkach dystrybucyjnych w 1997 roku” Instytut Energetyki Zakład Bezpieczeństwa Pracy Gliwice 1998 [17] oraz prof. dr t.n. inż. Aleksandr Sidorow „Wpływ zawodności personelu na bezpieczeństwo elektryczne” [19]. Sposób estymacji poniższych parametrów przedstawiono we wcześniejszej części pracy.

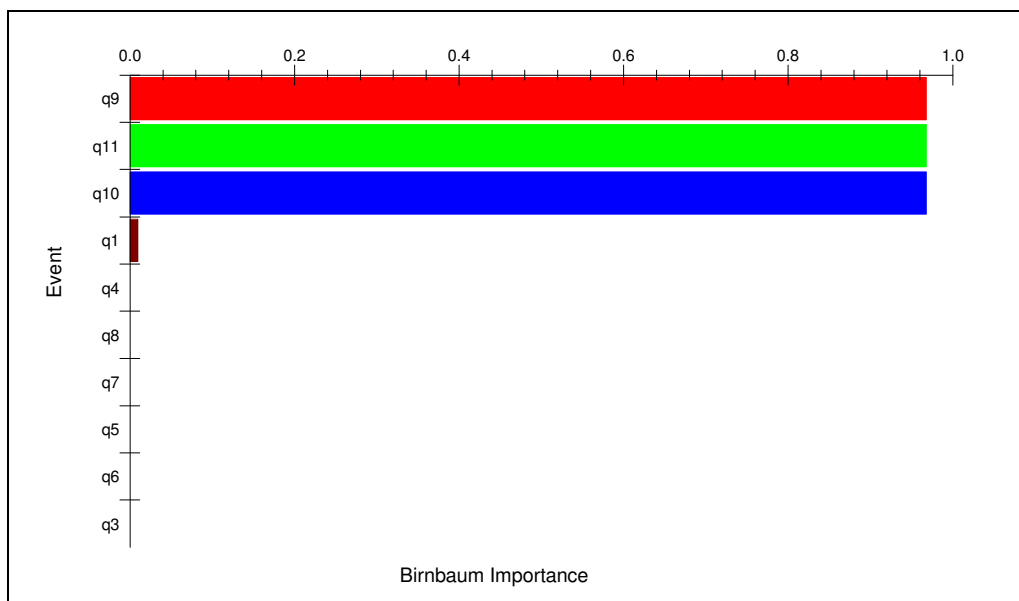
Dane wejściowe do analizy ważności:

$$\begin{aligned}
 q_1 &= 1 \cdot 10^{-4} \left[\frac{1}{a} \right] [17] & q_6 &= 5 \cdot 10^{-3} \left[\frac{1}{a} \right] [19] & q_{11} &= 1 \cdot 10^{-3} \left[\frac{1}{a} \right] [19] \\
 q_2 &= 1 \cdot 10^{-3} \left[\frac{1}{a} \right] [19] & q_7 &= 5 \cdot 10^{-3} \left[\frac{1}{a} \right] [17] & & \\
 q_3 &= 5 \cdot 10^{-3} \left[\frac{1}{a} \right] [17] & q_8 &= 1 \cdot 10^{-3} \left[\frac{1}{a} \right] [17] & & \\
 q_4 &= 1 \cdot 10^{-2} \left[\frac{1}{a} \right] [17] & q_9 &= 1 \cdot 10^{-6} \left[\frac{1}{a} \right] [17] & & \\
 q_5 &= 6 \cdot 10^{-3} \left[\frac{1}{a} \right] [17] & q_{10} &= 1 \cdot 10^{-3} \left[\frac{1}{a} \right] [17] & &
 \end{aligned} \tag{5.28}$$

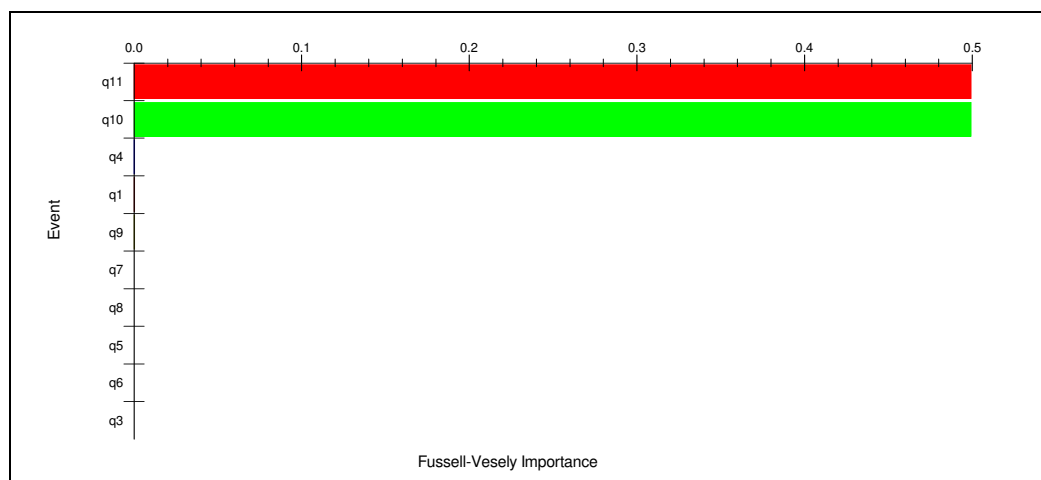
W wyniku przeprowadzonej analizy ważności poszczególnych zdarzeń elementarnych otrzymano:

Tabela 5.4 Wyniki analizy ważności dla zmodyfikowanego modelu matematycznego

FaultTree+ v9.0	Importance Rankings for WYPADEK		
Name	Description	Fussell-Vesely Importance	Brinbaum Importance
q10	Nieprzekraczanie strefy pracy	$4,995 \cdot 10^{-1}$	$9,683 \cdot 10^{-1}$
q11	Opuszczanie miejsca pracy	$4,995 \cdot 10^{-1}$	$9,683 \cdot 10^{-1}$
q4	Zwarcie i uziemienie	$5,39 \cdot 10^{-4}$	$1,045 \cdot 10^{-4}$
q1	Wyłączenie i odłączenie spod napięcia	$5,132 \cdot 10^{-4}$	$9,95 \cdot 10^{-3}$
q9	Wyładowanie atmosferyczne	$4,995 \cdot 10^{-4}$	$9,683 \cdot 10^{-1}$
q8	Poprawne wykonywanie pracy	$5,363 \cdot 10^{-5}$	$1,04 \cdot 10^{-4}$
q7	Poprawne dopuszczenie do pracy	$5,363 \cdot 10^{-5}$	$2,079 \cdot 10^{-5}$
q5	Prawidłowe działanie i użycie sprzętu ochronnego	$1,846 \cdot 10^{-5}$	$5,965 \cdot 10^{-6}$
q6	Oznaczenie miejsca pracy i ogrodzenie urządzeń pod napięciem	$1,282 \cdot 10^{-5}$	$4,97 \cdot 10^{-6}$
q3	Sprawdzenie wskaźnikiem braku napięcia	$1,29 \cdot 10^{-7}$	$5,0 \cdot 10^{-8}$
q2	Blokada załączenia i wywieszenie odpowiednich tablic ostrzegawczych	$2,579 \cdot 10^{-8}$	$4,999 \cdot 10^{-8}$



Rys. 5.11 Wykres ważności Birnbaum



Rys. 5.12 Wykres ważności Fussell-Vesely

Tabela 5.5 Końcowy wynik analizy

FaultTree+ V9.0 Consequence Results Summary					
Name	Frequency	Cumulative Frequency	Risk	Lower Bound Frequency	Number Of Cut Sets
WYPADEK	1,94e-3	1,94e-3	0,00e+0	0	21

Jako właściwy wynik przyjmuję opracowanie mgr. J.Kurpisz [17]. Powstało ono dzięki danym statystycznym pochodzącym bezpośrednio z Zakładów Energetycznych. Pozostałe wyniki są przybliżonymi wartościami otrzymywanymi poprzez analizę modeli matematycznych wypadków podczas eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych. Modele zostały stworzone na podstawie odpowiednich wytycznych bezpieczniej eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych stanowiących przez odpowiednie przepisy prawa.

Tabela 5.6 Porównanie wyników otrzymanych z analizy modeli matematycznych

	Częstość pojawiania się wypadku			
	Prof. W.Korniluk [5]	Mgr J.Kurpisz [2]	Prof. A.Sidorow [3]	Własne opracowanie
Wypadek podczas eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych	$2,4 \cdot 10^{-3}$ [1/a]	$2,08 \cdot 10^{-3}$ [1/a]	$1,94 \cdot 10^{-3}$ [1/a]	$1,94 \cdot 10^{-3}$ [1/a]

Metodę FTA można z powodzeniem stosować do budowy modeli matematycznych bezpieczeństwa porażeniowego użytkowników urządzeń elektrycznych.

Do budowy modeli i analizy bezpieczeństwa porażeniowego metodą FTA wygodne i celowe jest wykorzystywanie specjalistycznego oprogramowania komputerowego, np. FaultTree+ firmy ISOGRAPH. Pozwala ono na przeprowadzanie redukcji zdarzeń powtarzających się, analiz wrażliwości na zmiany poszczególnych parametrów modeli oraz analizy ważności (różnymi metodami). Istnieje również możliwość dołączania na żądanym poziomie dekompozycji diagramu logicznego pod modeli opisanych procesami markowskimi.

Modele bezpieczeństwa porażeniowego mogą stanowić podstawę do formułowania modeli matematycznych ryzyka porażenia prądem elektrycznym, które można wykorzystywać w ilościowych metodach analizy i oceny ryzyka porażeniowego.

Wnioski z przeprowadzonej analizy:

1. Głównym czynnikiem powodującym wypadek przy pracy jest nieprawidłowe opuszczenie miejsca pracy.
2. Drugim pod względem ważności czynnikiem powodującym wypadek jest przekraczanie strefy pracy – należy zwrócić szczególną

- uwagę na sprzęt ochronny zabezpieczający przed przekroczeniem strefy pracy.
3. Wypadek przy eksploatacji urządzeń elektrycznych pojawia się z częstością $1,94 \cdot 10^{-3}$ [1/a].
 4. Większość zdarzeń elementarnych nie wpływa w znaczący sposób na prawdopodobieństwo wystąpienia wypadku.
 5. Zmodyfikowany model matematyczny korzysta z doświadczeń innych, udoskonalając je w kierunku wymaganego do stosowania sprzętu ochronnego.

5.8 Zastosowanie dyskryminacji logistycznej w połączeniu z teorią Bayes'a do analizy przyczyn wypadków elektrycznych

5.8.1 Wstęp

Wiele opracowanych metod analizy statystycznej można sprowadzić do rozwiązywania zadań polegających na znalezieniu optymalnych warunków do przebiegu określonego procesu, lub wyborze optymalnego składu układów wieloskładnikowych. Podobnie rzecz ma się z analizą przyczyn wypadków elektrycznych. W grupie przyczyn powodujących wypadek należy rozróżnić przyczyny zależne od czynnika materialnego i przyczyny związane bezpośrednio z człowiekiem. Rozkład tych przyczyn ma charakter losowy. W latach 60-tych nastąpił rozwój „matematycznej teorii doświadczeń”, która umożliwia wybranie w sposób optymalny przyczyn, przy tylko częściowej znajomości procesu.

Procedury analizy są bardzo pomocne do kompleksowego zrozumienia natury wielowymiarowych relacji. Pozwalają na wykrycie przyczyn wypadków, ich ważności określanej spośród wielu czynników, które w sumarycznej konsekwencji doprowadziły do wypadku. Konieczne staje się także porównywanie między sobą wypadków. Pozwoli to na wytypowanie i precyzyjne wskazanie środków ochronnych, które w przyszłości mogą zapobiec powstawaniu nowych wypadków, a także pomoże odpowiednim władzom na stworzenie odpowiedniej normalizacji prawnej w danym zakresie.

W tym rozdziale zaprezentowano zaproponowany przez promotora sposób analizy przyczyn wypadków opierający się na teorii Bayes'a oraz na dyskryminacji logistycznej. Celem przyświecającym tej metodzie jest wyznaczenie wpływu poszczególnych składników na wypadkowość.

Metoda została przedstawiona w sposób ogólny wraz z zamieszczeniem przykładu obrazującego jej działanie krok po kroku. Została ona opracowana pod kierunkiem prof. W.Korniluka i z udziałem mgr. R.Sobolewskiego. Przedstawiony został sposób klasyfikacji danych źródłowych na bardzo prostym przykładzie.

5.8.2 *Analiza przyczyn z wykorzystaniem wielowymiarowej statystyki matematycznej – dyskryminacja logistyczna Bayes'a*

Przy badaniu zależności między różnymi cechami mierzalnymi w populacji generalnej używa się wygodnego pojęcia funkcji regresji. Przy analizie równań regresji za pomocą klasycznych metod matematycznych brak perspektyw, co do sensu takiej analizy z bardzo prostej przyczyny iż współczynniki regresji mogą przyjmować wartości ujemne, a przy wykorzystaniu w analizie wypadkowości jest to założenie sprzeczne z podstawowymi prawami rachunku prawdopodobieństwa. Dopiero statystyczne metody planowania doświadczeń, a w szczególności dyskryminacja logistyczna umożliwia ocenę udziału wnoszonego przez poszczególne czynniki.

Przy dokładnym rozpatrywaniu natury zmiennych losowych dochodzimy do wniosku, że występują one w trzech generalnych rodzajach:

- zmienne losowe typu dyskretnego np.: dokonano wyłączenia napięcia,
- zmienne losowe typu ciągłego np.: poziom wykształcenia obsługi,
- zmienne losowe typu binarnego np.: samowola pracownika.

W celu dokładnej analizy musimy stworzyć odpowiednie klasy (z reguły wybieramy tylko te, które kończą się wypadkiem) dla poszczególnych typów zdarzeń.

Oczywiście narzuca się automatycznie w tym momencie konieczność wyboru stopnia dokładności analizy – co narzuca wymiar problemu poddawanego analizie.

Z reguły posiadamy model i mamy liczbę wypadków. Liczbę wypadków jest uzyskiwana z kart wypadków. Należy mieć na uwadze fakt, iż w pewnym stopniu karty są źle wypełnione, przyczyny wypadków nie zostały prawidłowo określone, a w ekstremalnej sytuacji w ogóle ich nie sporządzono. Jakąkolwiek metodą byłaby przeprowadzana analiza, zawsze będzie ona obarczona błędem. Trudno też jest określić jak procentowo rozkłada się liczba wykonywanych prac do liczby wypadków. W praktyce bardzo często się zdarza, iż praca wykonywana jest bez pisemnego jej

udokumentowania. Analiza pozwoli na wskazanie czynników wpływających w największym stopniu na wartość prawdopodobieństwa zaistnienia zdarzenia poddawanego poniższej procedurze.

W prezentowanej metodzie analizy opieram się na dyskryminacji logistycznej, Bayesowskiej regule dyskryminacyjnej.

Zakładam:

- binarny rozkład zmiennych losowych ich definiujących,
- wykluczam częściowe działanie urządzeń chroniących,
- zdarzenia mogą być nie wykluczające się,
- przyjmuję do wiadomości możliwość zaistnienia błędów w analizie spowodowanych brakiem w stu procentach wiarygodnych danych statystycznych (np.: błędne wypełnienie karty wypadku lub jej całkowity brak).

Poszczególne wyniki ω doświadczenia losowego (wyniki obserwacji) traktuję jako zdarzenie elementarne i oznaczam jako:

$$x_i \in \{0,1\} \quad (5.29)$$

a zbiór wszystkich zdarzeń elementarnych jako przestrzeń zdarzeń elementarnych. Może ona być zbiorem skończonym, a w przypadku ogólnym zbiorem przeliczalnym. Przy analizie wypadkowości przestrzeń zdarzeń elementarnych winna być uważana jako zbiór przyczyn wypadków.

Wyznaczam wektor stanu charakteryzujący dwa elementy:

$$\vec{x} = [x_1, \dots, x_n]^T = [x_1, x_2]^T \quad (5.30)$$

Odpowiednie prawdopodobieństwa warunkowe są opisane:

$$\begin{aligned} P(A)_i &= P\{x_i = 1 | k_1\} \\ P(\bar{A})_i &= P\{x_i = 1 | k_2\} \end{aligned} \quad (5.31)$$

gdzie:

A – zdarzenie opisujące stan gdy zaistniał wypadek

Tak sformułowane warunki dają możliwość stworzenia dwóch zbiorów wyników obserwacji. Wprowadzam więc dwie klasy k_1, k_2 .

$$k_1 : \pi_1, P_1(\bar{x}) \quad (5.32)$$

$$k_2 : \pi_2, P_2(\bar{x}) \quad (5.33)$$

gdzie:

k_1 – nie zaistniał wypadek

k_2 – zaistniał wypadek

π_1, π_2 – prawdopodobieństwa a priori (przyjęte z góry)

$\left. \begin{array}{l} \underline{P}(k_1 | \bar{x}) \\ \underline{P}(k_2 | \bar{x}) \end{array} \right\}$ prawdopodobieństwo a posteriori (na podstawie doświadczenia)

Tworzę tablicę kontyngencji rozpatrując wszystkie możliwe przypadki. W praktyce w tym momencie możemy wykorzystać karty wypadków zgłaszanych przez energetykę zawodową.

W bardzo prosty sposób możemy wyznaczyć macierz korelacji. Jeżeli te są stochastycznie niezależne – ich kowariancja jest równa zero. Twierdzenie odwrotne w przypadku ogólnym nie jest słuszne. Jeśli kowariancja jest równa zero to nie można stwierdzić, że zmienne losowe są stochastycznie niezależne.

Wyrażenie bezwymiarowe (kowariancji unormowana) [25]:

$$R_{x_1 x_2} = \frac{\text{cov}(x_1, x_2)}{\sqrt{\text{var}(x_1) \text{var}(x_2)}} = \frac{m_{12}}{\sigma_1 \sigma_2} = r_{12} \quad (5.34)$$

nazywa się współczynnikiem korelacji zmiennych losowych x_1 i x_2 , przy czym:

$$-1 \leq R_{x_1 x_2} \leq +1 \quad (5.35)$$

Dla zespołu zmiennych losowych $x_1, x_2, \dots, x_N$ wprowadza się macierz korelacji [25]:

$$R_{x_1, x_2, \dots, x_N} = \begin{bmatrix} R_{x_1 x_1} & R_{x_1 x_2} & \dots & R_{x_1 x_N} \\ R_{x_2 x_1} & R_{x_2 x_2} & \dots & R_{x_2 x_N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ R_{x_N x_1} & R_{x_N x_2} & \dots & R_{x_N x_N} \end{bmatrix} \quad (5.36)$$

Macierz współczynników korelacji jest symetryczna i jej elementy są diagonalne

$$R_{x_i x_i} = 1 \quad \text{dla } i=1,2,\dots,N \quad (5.37)$$

a pozostałe elementy są zawarte w przedziale $[-1,+1]$.

W przypadku zmiennych losowych typu binarnego wykorzystywana jest tablica kontyngencji w celu wyznaczenia współczynników w macierzy korelacji.

Tabela 5.7 Przykładowe tworzenie tablicy kontyngencji

	Zmienna x_j 1 0	Wynik
Zmienna x_i 1 0	$\begin{matrix} a & b \\ c & d \end{matrix}$	$\begin{matrix} a+b \\ c+d \end{matrix}$
Wynik	$a+c \quad b+d$	$n=a+b+c+d$

gdzie:

n – liczebność próbki

a,b,c,d – liczebność próbki dla poszczególnych kombinacji zmiennych x_i i x_j

$$g(\bar{x}) = \sum_{i=1}^n a_i x_i + a_0 \quad [25] \quad (5.38)$$

Warto zauważyć, iż w celu precyzyjnego określenia:

$$k_1 : \pi_1, P_1(\bar{x}) \quad (5.39)$$

$$k_2 : \pi_2, P_2(\bar{x}) \quad (5.40)$$

można wykorzystać algebrę Boole'a, w szczególności do opisanie funkcji f_1 i f_2 .

Na podstawie tablicy kontyngencji można utworzyć w bardzo prosty sposób macierz korelacji. Przy założeniu niezależności zmiennych losowych macierz korelacji stanie się macierzą jednostkową. W przypadku analizy wypadków nie można wykonać takiego założenia ani też nie można zakładać niezależności.

W naszym przypadku korzystając z tw. Bayesa [25]:

$$\underline{P}(k_1 | \vec{x}) = \frac{\pi_1 P_1(\vec{x})}{\pi_1 P_1(\vec{x}) + \pi_2 P_2(\vec{x})} \quad (5.41)$$

$$\underline{P}(k_2 | \vec{x}) = 1 - \underline{P}(k_1 | \vec{x}) = \frac{\pi_2 P_2(\vec{x})}{\pi_1 P_1(\vec{x}) + \pi_2 P_2(\vec{x})} \quad (5.42)$$

Przy założonej niezależności zmiennych x_i :

$$\underline{P}(\vec{x} | k_1) = \prod_{i=1}^n [P(A)_i]^{x_i} [1 - P(A)_i]^{1-x_i} \quad (5.43)$$

$$\underline{P}(\vec{x} | k_2) = \prod_{i=1}^n [P(\bar{A})_i]^{x_i} [1 - P(\bar{A})_i]^{1-x_i}$$

stąd

$$\frac{\underline{P}(\vec{x} | k_1)}{\underline{P}(\vec{x} | k_2)} = \prod_{i=1}^n \left(\frac{P(A)_i}{P(\bar{A})_i} \right)^{x_i} \left(\frac{1 - P(A)_i}{1 - P(\bar{A})_i} \right)^{1-x_i} \quad (5.44)$$

Bayesowska reguła decyzyjna jest oparta na:

$$\frac{\underline{P}(\vec{x} | k_1) \pi_1}{\underline{P}(\vec{x} | k_2) \pi_2} > 1 \Rightarrow \vec{x} \in k_1 \quad (5.45)$$

stąd funkcja dyskryminacyjna może mieć postać:

$$g(\vec{x}) = \ln \frac{\underline{P}(\vec{x} | k_1)}{\underline{P}(\vec{x} | k_2)} + \ln \frac{\pi_1}{\pi_2} \quad (5.46)$$

jeżeli $g(\vec{x}) \geq 0$ to $\vec{x}$ lokujemy w ω_1
 $(g(\vec{x}) < 0)$ (ω_2)

stąd:

$$g(\bar{x}) = \sum_{i=1}^n \left[x_i \ln \left(\frac{P(A)_i}{P(\bar{A})_i} \right) + (1-x_i) \ln \left(\frac{1-P(A)_i}{1-P(\bar{A})_i} \right) \right] + \ln \frac{\pi_1}{\pi_2} \quad (5.47)$$

lub

$$g(\bar{x}) = \sum_{i=1}^n a_i x_i + a_0 - \text{liniowe funkcje dyskryminacyjne (i=1,...,n)}$$

gdzie:

$$a_i = \ln \frac{P(A)_i [1-P(\bar{A})_i]}{P(\bar{A})_i [1-P(A)_i]} \quad (5.48)$$

$$a_0 = \sum_{i=0}^n \ln \frac{1-P(A)_i}{1-P(\bar{A})_i} + \ln \frac{\pi_1}{\pi_2} \quad (5.49)$$

W tym momencie musimy rozpatrzyć błąd jaki się może pojawić w wyniku przyjętych do analizy danych wejściowych. Przy rozważaniu zakłada się zazwyczaj, że błąd doświadczenia jest określony całkowicie przez błędy obserwacji. Nie uwzględnia się przy tym, że w badaniach występują przypadkowe rozbieżności między zamierzonymi i w rzeczywistości zrealizowanymi poziomami zmiennych, które są nie znane dla badającego (nie wypełnienie karty wypadków, wykonywanie prac bez pozostawiania po nich pisemnych dokumentów). Jednakże błędy położenia poziomów zmiennych lub czynników mają zasadniczy wpływ na wariancję całkowitą.

Dogłębna analiza wymaga zastosowanie kilku metod i zdefiniowaniu większej ilości klas. Odpowiedniej próbki. Dokonując analizy dla zmiennych decyzyjnych mających rozkład ciągły po stworzeniu macierzy korelacji w celu minimalizacji funkcji można wykorzystać metodę składowych głównych i analizując dla na przykład 95% zmienności układu.

Wnioski:

- Efektywność tej metody badań jest tym większa, im bardziej złożony jest układ badany,

- Istotny jest także fakt, że stosując te ujęcie rozwiązywania problemu, badający uzyskuje model matematyczny procesu bądź weryfikuje słuszność swojego wcześniej opracowanego modelu,
- Wyznaczana jest macierz korelacji obrazująca stopień zależności między poszczególnymi cechami.

5.8.3 *Przykład zastosowania opracowanej metody*

W tym punkcie pracy przeanalizowane zostanie 25 wypadków przy pracy spowodowanych działaniem prądu elektrycznego i upadkiem z wysokości. Wykorzystano do tego celu pełne dokumentacje powypadkowe, obejmujące:

- protokół wypadku,
- kartę statystyczną,
- zeznania poszkodowanych i świadków,
- szkice sytuacyjne,
- zapisy w dziennikach dyspozytorów,
- pisemne polecenia na pracę.

W wyniku przejrzania danych pochodzących z zakładów energetycznych wydzielono następujące problemy w organizacji bezpiecznej pracy, z których jednocześnie wyznaczam wektor stanu potrzebny do dalszej analizy.

Założenie:

Binarny rozkład zmiennych losowych. Jednakowe prawdopodobieństwo znalezienia się w sytuacji powodującej wypadek ($\pi_i=1$).

$$x_i \in \{0,1\} \quad (5.50)$$

1. Błędy wykonania.

Najczęściej nie są to błędy poszkodowanych. Trudno, bowiem nazwać błędem świadome omijanie niektórych zasad bezpiecznej pracy w energetyce. Mechanizm jest najczęściej taki: przecież, jeśli jest wyłączone to, po co jeszcze sprawdzać napięcie, czy uziemiać. Przecież jest wyłączone napięcie i jestem bezpieczny. Nie bierze się pod uwagę faktu, że

mógł zawieść dyspozytor wyłączając pomyłkowo inną linię. W tym przypadku, tak jak zresztą w każdym innym postępowanie zgodnie z regułami bezpiecznej pracy znacznie zmniejsza ryzyko wypadku. Często zawodzi nie bezpośrednio drugi człowiek, lecz np. urządzenie, np.: niesprawny odłącznik.

2. Niedostateczne wykrywanie zagrożeń.

Głównym źródłem zagrożenia, jest tutaj występowanie napięcia prądu elektrycznego. Zadziwia pełna beztroška pracowników w poważnym traktowaniu możliwości zaistnienia zagrożenia, które przecież z przyczyn technologicznych jest obecne i to jest stan normalny.

3. Nieodpowiednio ustalone zakresy odpowiedzialności.

Zakresy są ustalone z reguły właściwie i każdy pracownik zna swoje obowiązki, a także to, za co odpowiada. Ma to być przede wszystkim praca wykonywana zgodnie z obowiązującą w zakładzie instrukcją o bezpiecznej pracy. Pracownicy, w większości ze sporym stażem pracy, z kwalifikacjami świadomie omijają część przepisów.

4. Brak czasu.

W ubiegłych latach, w przeprowadzonych w różnych rejonach Polski ankietach, znaczna część elektromonterów przyznawała się do pośpiechu w trakcie wykonywanej pracy. Tłumaczyło by to omijanie niektórych czynności, tłumaczyło ale nie stanowi to usprawiedliwienia.

Dane wejściowe:

N=25 - ilość wypadków poddanych analizie
n=4 - liczba zmiennych stanu

Wektor stanu:

$$\vec{x} = [x_1, \dots, x_n]^T = [x_1, x_2, x_3, x_4]^T \quad (5.51)$$

Tak sformułowane warunki dają możliwość stworzenia zbioru wyników obserwacji. Wprowadzam więc jedną klasę k.

$$k : \pi_1, P_1(\bar{x}) \quad (5.52)$$

gdzie:

k - zaistniał wypadek

π_1 - prawdopodobieństwa a priori

$P_1(k | \bar{x})$ - prawdopodobieństwo a posteriori

Tworzę tabelę kontyngencji rozpatrując wszystkie możliwe przypadki. W praktyce w tym momencie korzystamy z kart wypadków zgłaszanych przez energetykę zawodową [17].

Tabela 5.8 Tabela kontyngencji

x1	x2	x3	x4
1	1	0	1
1	1	1	0
1	1	1	0
0	0	1	0
0	0	1	1
0	1	0	0
1	1	1	1
1	1	1	1
0	0	1	0
1	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1
1	1	1	1
0	0	1	0
1	1	1	1
1	1	1	1
0	0	1	0
1	1	1	1
1	1	1	0
1	1	0	0

W przypadku zmiennych losowych typu binarnego wykorzystywana jest tabela kontyngencji w celu wyznaczenia współczynników w macierzy korelacji.

Tabela 5.9 Zestawienie wartości współczynników a,b,c,d wyliczonych na podstawie tabeli kontyngencji (patrz tabela 5.8)

x_{i,j}	a	b	c	d
x _{1,1}	19	0	0	6
x _{1,2}	18	1	1	5
x _{1,3}	16	3	5	1
x _{1,4}	13	6	1	5
x _{2,1}	18	1	1	5
x _{2,2}	19	0	0	6
x _{2,3}	15	4	6	0
x _{2,4}	13	6	1	5
x _{3,1}	16	5	3	1
x _{3,2}	15	6	4	0
x _{3,3}	21	0	0	4
x _{3,4}	13	8	1	3
x _{4,1}	13	1	6	5
x _{4,2}	13	1	6	5
x _{4,3}	13	1	8	3
x _{4,4}	14	0	0	11

Wyrażenie bezwymiarowe (kowariancji unormowana) [25]:

$$R_{x_1x_2} = \frac{\text{cov}(x_1, x_2)}{\sqrt{\text{var}(x_1) \text{var}(x_2)}} = \frac{m_{12}}{\sigma_1 \sigma_2} = r_{12} \quad (5.53)$$

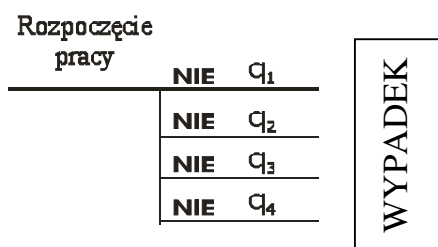
$$r_{ij} = \frac{ad - bc}{\sqrt{(a+b)(c+d)(a+c)(b+d)}} \quad (5.54)$$

Dla zespołu zmiennych losowych $x_1, x_2, \dots, x_4$ wprowadza się macierz korelacji:

$$R_{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5} = \begin{bmatrix} 1 & 0,78070 & 0,01021 & 0,44528 \\ 0,78070 & 1 & -0,2452 & 0,44528 \\ 0,01021 & -0,2452 & 1 & 0,27255 \\ 0,44528 & 0,44528 & 0,27255 & 1 \end{bmatrix} \quad (5.55)$$

Tabela 5.10 Wzajemna zależność zdarzeń w procentach

Zdarzenia [-]	Wzajemna zależność zdarzeń [%]
1-1	100 %
1-2, 2-1	78 %
1-3, 3-1	1 %
1-4, 4-1	44 %
2-2	100 %
2-3, 3-2	24 %
2-4, 4-2	44 %
3-3	100 %
3-4, 4-3	27 %
4-4	100 %



Rys. 5.13 Model wypadku przy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych opracowany na podstawie kart wypadków

Tabela 5.11 Prawdopodobieństwo, że gdy wystąpi wypadek przyczyną będzie czynnik 1,2,3,4

q	$\left[\frac{1}{a}\right]$
q ₁	0,26
q ₂	0,26
q ₃	0,28
q ₄	0,20

$$q_1 = \frac{P(x_1)}{P(x_1) + P(x_2) + P(x_3) + P(x_4)} = \frac{\frac{n_1}{N}}{\frac{n_1}{N} + \frac{n_2}{N} + \frac{n_3}{N} + \frac{n_4}{N}} =$$

$$= \frac{n_1}{n_1 + n_2 + n_3 + n_4} = \frac{19}{19 + 18 + 21 + 14} = 0,26 \left[\frac{1}{a} \right] \quad (5.56)$$

gdzie:

- q_1 – prawdopodobieństwo, że gdy wystąpi wypadek przyczyną będzie błąd wykonania
- N – ilość wypadków poddanych analizie
- n_1, n_2, n_3, n_4 – ilość wypadków spowodowanych przez dany czynnik 1,2,3,4

Na podstawie macierzy korelacji można w jednoznaczny sposób stwierdzić iż zdarzenia elementarne powodujące wypadki nakładają się na siebie – są zależne między sobą. Nie da się jednoznacznie określić prawdopodobieństwa zaistnienia wypadku, ponieważ nie mamy danych odnośnie całkowitej liczby wyjść do pracy.

5.9 Podsumowanie

Analiza niezawodności ma zastosowanie wszędzie tam gdzie niezbędne jest stu procentowa pewność działania urządzenia, a każda usterka powoduje ogromne straty zarówno materialne jak i ludzkie. Bezpośrednie zwiększenie niezawodności urządzenia powoduje wydłużenie czasu bezawaryjnej pracy, zaś uproszczenie konstrukcji skracając czas przestoju w trakcie awarii. W przypadku pracy przy urządzeniach elektrycznych niezawodność ma decydujący wpływ na bezpieczeństwo. Mówimy w tym przypadku o niezawodności człowieka, gdyż analizując przyczyny wypadków zawsze dochodzimy do momentu, w którym to człowiek okazuje się główną jego przyczyną. Dąży się więc do minimalizacji liczby wypadków oraz do ograniczania możliwych do wystąpienia skutków działania prądu elektrycznego na organizm człowieka.

Przedstawione modele matematyczne wypadków pozwalają na przewidzenie potencjalnych przyczyn wypadków. Ciągłe prowadzone są prace nad ich udoskonaleniem oraz nad nowymi metodami wnioskowania. Wraz z pracownikami Katedry Elektroenergetyki stworzono zmodyfikowany model matematyczny bazujący na wytycznych odnośnie wymaganego przy pracach sprzętu ochronnego. Modele matematyczne

pozwalają na wyciąganie konkretnych wniosków na przyszłość, jednocześnie mogą stanowić wytyczne przy pracach nad nowymi przepisami bezpiecznej eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych. Uwzględniają obecnie stosowane przepisy i procedury, wskazują słabe ich punkty.

6 Podsumowanie i wnioski końcowe

Dynamiczny rozwój nauk z dziedziny bezpieczeństwa pracy jest spowodowany dużą liczbą niebezpieczeństw w energetyce zawodowej, a także dużymi kosztami ponoszonymi w wyniku niezdolności do pracy pracownika. Ze względu na ogrom prac prowadzonych w tym zakresie stale zmniejsza się ilość śmiertelnych wypadków przy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych. Dużą rolę przywiązuje się obecnie energetyce zawodowej do sprzętu ochronnego. Dąży się do jak największej mechanizacji prac w celu wyeliminowania najsłabszego punktu, którym jest człowiek. W Unii Europejskiej powstała ogromna liczba przepisów i wytycznych odnośnie sprzętu ochrony indywidualnej.

Scharakteryzowanych w pracy zostało wiele uwarunkowań prawnych w dziedzinie szeroko pojętego sprzętu ochronnego zarówno polskich jak i wprost zaczerpniętych z ustawodawstwa Unii Europejskiej. Wskazane zostały różnice między wymaganiami ujęte w perspektywie przyszłego członkostwa Polski w strukturach europejskich. Wymieniono polskie normy dotyczące sprzętu ochronnego zharmonizowane i niezharmonizowane z przepisami Unii Europejskiej.

Do modelowania stosuje się najczęściej metodę drzewa uszkodzeń. Pozwala ona na uwzględnienie odpowiednich regulacji i przepisów z dziedziny bezpieczeństwa i higieny pracy, łatwą możliwość umiejscowienia w modelach wymaganego sprzętu ochronnego, a także zwrócenie uwagi na odpowiednie kwalifikacje personelu.

Dokonano przeglądu spotykanych modeli matematycznych wypadków przy pracy w pobliżu urządzeń nN, SN i WN. Korzystając z istniejącego matematycznego modelu wypadku podczas pracy przy urządzeniach elektroenergetycznych stworzono nowy przy współpracy z pracownikami Katedry Elektroenergetyki zmodyfikowany model wyróżniający wymagany do stosowania sprzęt ochronny. W pracy została zamieszczona opracowana wspólnie z pracownikami Katedry Elektroenergetyki, matematyczna metoda analizy wypadkowości. Przydatna w analizie okazała się dyskryminacja logistyczna w połączeniu z teorią Bayes'a. Nowa metoda analizy jest bardziej korzystną do identyfikacji elementarnych zdarzeń zależnych wpływających na wypadkowość.

Po zapoznaniu się z problemem bezpieczeństwa i wykorzystywanych urządzeń technicznych w celu jego zwiększenia nasuwają się wnioski:

1. Wymagania nowych norm w Polsce odnośnie sprzętu ochronnego stosowanego przy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych są oficjalnym tłumaczeniem norm międzynarodowych, obowiązujących również w krajach Unii Europejskiej. Pozostałe nieliczne stare normy są sukcesywnie wymieniane na nowe.
2. Ciągły postęp techniczny pozwala na wprowadzenie i wykorzystywanie przy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych nowoczesnych rozwiązań w dziedzinie sprzętu ochronnego zwiększającego bezpieczeństwo, komfort pracy oraz stopień mechanizacji prac wykonywanych dotychczas przez człowieka.
3. Potrzebne są metody analizy wypadkowości podczas pracy przy urządzeniach elektroenergetycznych, zgodne z wymaganiami obowiązujących wytycznych i norm. Pozwolą one na bezbłędną identyfikację przyczyn i w przyszłości pomogą stworzyć skuteczne metody zapobiegania wypadkom przy pracy.
4. Błąd człowieka jest najczęstszą przyczyną wypadków. Bezpieczna praca przy jak i w pobliżu urządzeń elektroenergetycznych wymaga odpowiednich kwalifikacji w tym zakresie. Zagrożenia istniejące podczas pracy muszą być dostrzegane przez pracowników energetyki zawodowej i nie mogą zostać przez nich zbagatelizowane.

7 Literatura

1. Laskowski J.: Poradnik elektroenergetyka przemysłowego. Centralny Ośrodek Szkolenia i Wydawnictw SEP Warszawa 2000, wydanie IV.
2. Uczciwek T.: Dozór i eksploatacja instalacji oraz urządzeń elektroenergetycznych w zakładach przemysłowych i innych jednostkach gospodarczych. Centralny Ośrodek Szkolenia i Wydawnictw SEP Warszawa 2000.
3. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 16 marca 1998 r. i ogłoszone w Dz.U. Nr 59, poz. 377 z 1998r.
4. Ustawa z 3 kwietnia 1993 r. o badaniach i certyfikacji (Dz.U. Nr 88 poz 980).
5. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 17 września 1999r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach i instalacjach elektroenergetycznych (Dz.U. nr 80 z 1999 r., poz. 912).
6. Ługowski G.: Wytyczne oraz przepisy związane z eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci elektroenergetycznych. Centralny Ośrodek Szkolenia i Wydawnictw SEP Warszawa 2000.
7. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 28 maja 1996r. w sprawie rodzajów prac, które powinny być wykonywane, przez co najmniej dwie osoby (Dz.U. nr 62, poz. 288).
8. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 16 marca 1998r. w sprawie wymagań kwalifikacyjnych dla osób zajmujących się eksploatacją urządzeń instalacji i sieci oraz trybu stwierdzenia tych kwalifikacji, rodzajów instalacji i urządzeń, przy których eksploatacji wymagane jest posiadanie kwalifikacji, jednostek organizacyjnych, przy których powołuje się komisje kwalifikacyjne oraz wysokości opłat pobieranych za sprawdzenie kwalifikacji (Dz.U. Nr 59, poz. 377; Dz.U. Nr 88 z 1999 r., poz. 98 i Dz.U. Nr 15 z 2000 r., poz. 187).
9. Przepisy Budowy Urządzeń Elektroenergetycznych - PBUE, Instytut Energetyki. Wydawnictwo Przemysłowe WEMA 1997r., Wydanie IV. Stan prawny na 5.05.1997r.
10. Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. - Kodeks Pracy (Dz.U. nr 24 z 1974r., z późniejszymi zmianami, zestawienie poszczególnych dzienników ustaw o zmianach jest zawarte w Dzienniku Ustaw nr 24 z 1996r., wprowadzone ustawą z dnia 2 lutego 1996 r.).
11. Zarządzenie Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 30 grudnia 1994 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu obiektu budowlanego (M.P. nr 2 z 1995 r.).

12. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 21.04.1992 r. w sprawie ustalania okoliczności i przyczyn wypadków przy pracy (Dz.U. z 1992 r. nr 37, poz. 160).
13. Podgórski D.: Polska norma dotycząca systemów zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy w przedsiębiorstwach. IV Konferencja Naukowo-Techniczna Bielsko-Biała 25-26 czerwca 1998r. Bezpieczeństwo pracy w energetyce.
14. Dyrektywa 89/391/EWG Parlamentu i Rady Unii Europejskiej w sprawie wprowadzenia zwiększenia bezpieczeństwa i poprawy zdrowia pracowników podczas pracy (tzw. „dyrektywa ramowa”)
15. PN-IEC 60300-3-9 „Zarządzanie niezawodnością. Przewodnik zastosowań. Analiza ryzyka w systemach technicznych”.
16. Korniluk W., Sobolewski R.: Modelowanie matematyczne bezpieczeństwa porażeniowego systemu, urządzenie elektryczne-człowiek. Zagadnienia ogólne. X Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Ochrona przeciwporażeniowa w urządzeniach elektrycznych”. SEP Wrocław 1995.
16. Korniluk W., Sobolewski R.: Metody analizy wypadkowości elektrycznej podczas pracy przy urządzeniach elektroenergetycznych wysokiego napięcia. VII Konferencja Naukowa Bezpieczeństwo Systemów '98 – Zakopane-Kościelisko 1998.
17. Kurpisz J. : Analiza wypadków przy pracy w spółkach dystrybucyjnych w 1997 roku. Instytut Energetyki Zakład Bezpieczeństwa Pracy Gliwice 1998.
18. Department of Defense United States Of America : Military Handbook. Electronic Reliability Design Handbook.
19. Sidorow A., Sitczichin J., Okrainskaja I. : Wpływ zawodności personelu na bezpieczeństwo elektryczne. IX Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna Ochrona przeciwporażeniowa w urządzeniach elektrycznych. SEP Wrocław 1994.
20. Sidorow A., Sitczichin J., Okrainskaja I. : Logiczno-probabilistyczne modelowanie powstawania wypadków porażień elektrycznych w sieciach z izolowanym punktem neutralnym. X Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna Ochrona przeciwporażeniowa w urządzeniach elektrycznych. SEP Wrocław 1995.
21. Korniluk W., Sobolewski R.: Matematyczny model bezpieczeństwa porażeniowego użytkownika urządzeń elektrycznych niskiego napięcia. Międzynarodowa Konferencja Bezpieczeństwa i Niezawodności, Safety and Reliability International Conference, 22-25 maj 2001 Szczyrk „Orle Gniazdo”, Polska.
22. Korniluk W., Sobolewski R.: Metody oceny ryzyka zawodowego związanego z porażeniem prądem elektrycznym niskiego napięcia. Podstawowe założenia i algorytm. XIII Międzynarodowa Konferencja

- Naukowo-Techniczna Ochrona przeciwporażeniowa w urządzeniach elektrycznych. SEP Wrocław 2001.
23. Korniluk W., Sobolewski R.: Metody oceny ryzyka zawodowego związanego z porażeniem prądem elektrycznym niskiego napięcia. Modele matematyczne ryzyka. XIII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna Ochrona przeciwporażeniowa w urządzeniach elektrycznych. SEP Wrocław 2001.
 24. Katalog sprzętu ochronnego. Wytwórnia sprzętu elektroenergetycznego „AKTYWIZACJA” Spółdzielnia Pracy, Kraków 2001.
 25. Johnson R., Wichern D. : Appiled multivariate statistical analysis. Prentice-Hall International, Inc.
 26. Hutyra A. : Środki ochrony indywidualnej. Regulacje dotyczące bezpieczeństwa i wprowadzania na rynek w Polsce oraz w Unii Europejskiej. Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości Gdańsk 2001.
 27. Dyrektywa Rady z 21 grudnia 1989 r. o ujednoliceniu przepisów prawnych państw członkowskich dotyczących środków ochrony indywidualnej 89/686/EEG (Dz.U. WE nr L 399, z 30.12.1989)
 28. PN-EN 61243-1 „Wskaźniki typu pojemnościowego stosowane przy napięciach prądu przemiennego powyżej 1 kV”.
 29. PN-EN 60903 +A11 „Rękawice pięcio- i trójpalcowe z materiału izolacyjnego do pracy pod napięciem”.
 30. PN-EN 60855 „Rury izolacyjne wypełnione pianką i pręty pełne do prac pod napięciem”.
 31. PN-EN 60984 +A11 „Rękawy z materiału izolacyjnego do prac pod napięciem”.
 32. PN-EN 61230 „Przenośny sprzęt do uziemiania lub uziemiania i zwierania”.
 33. PN-IEC 895 „Ubiory przewodzące do prac pod napięciem przy urządzeniach o napięciu znamionowym do 800 kV prądu przemiennego”.
 34. PN-EN 61235 Prace pod napięciem „Rury izolacyjne puste do celów elektrycznych”.
 35. PN-IEC 743 „Narzędzia i sprzęt stosowany przy pracach pod napięciem. Terminologia”.
 36. PN-EN 61219 (PN-IEC 1219) Prace pod napięciem. „Sprzęt do uziemiania lub uziemiania i zwierania, w którym zastosowano lance jako urządzenie zwierające”.
 37. PN-IEC 832 „Drażki izolacyjne i uniwersalne elementy robocze do prac pod napięciem”.
 38. PN-88 E-08501 „Urządzenia elektryczne. Tablice i znaki bezpieczeństwa”.

39. PN-58 E-08504 „Elektroenergetyczny sprzęt ochronny. Pomost izolacyjny”.
40. PN-79 E-08510 „Elektroenergetyczny sprzęt ochronny. Neonowe uzgadniacze faz”.
41. PN-87 E-08506 „Elektroenergetyczny sprzęt ochronny. Dwubiegunowe wskaźniki napięcia do 1000V”.
42. PN-80 E-08502 „Elektroenergetyczny sprzęt ochronny. Drażki izolacyjne na napięcie od 1 do 750 kV”.
43. PN-80 E-08503 „Elektroenergetyczny sprzęt ochronny. Kleszcze i chwytaki”.
44. PN-88 E-08509 „Elektroenergetyczny sprzęt ochronny. Jednobiegunowe wskaźniki napięcia prądu przemiennego do 250 V”.
45. PN-83 E-08508 „Elektroenergetyczny sprzęt ochronny. Uziemięcie przenośne”.
46. Ustawa z dnia 3 kwietnia 1993 r. o normalizacji (tekst ujednolicony na podstawie Dz. U. Nr 55 poz. 251, Dz. U. Nr 95 poz. 471 z 1995 r., Dz. U. Nr 121 poz. 770 z 1997 r., Dz. U. Nr 43, poz. 489 z 2000 r. i Dz. U. Nr 110 poz. 1166 z 2000 r.)
47. Dziennik Ustaw Parlamentu Unii Europejskiej Dz.U. WE nr L 109, z 26.04.1983 r.
48. Dziennik Ustaw Parlamentu Unii Europejskiej Dz.U. WE nr L 81, z 26.03.1988 r.
49. Dziennik Ustaw Parlamentu Unii Europejskiej Dz.U. WE nr L 109, z 26.04.1983 r.
50. Dziennik Ustaw Parlamentu Unii Europejskiej Dz.U. WE nr L 183, z 02.06.1989 r.
51. Dziennik Ustaw Parlamentu Unii Europejskiej Dz.U. WE nr L 137, z 24.05.1986 r.
52. Rękawice elektroizolacyjne ELSEC. Katalog wyrobów firmy SECURA B.C. Sp. z o.o.
53. Papużyński W. : Zmodyfikowany wskaźnik optyczny wysokiego napięcia. X Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna Ochrona przeciwporażeniowa w urządzeniach elektrycznych. SEP Wrocław 1995.
54. Kurpisz J., Wiorek I. : Analiza wypadków spowodowanych działaniem prądu elektrycznego w branży energetycznej i ocena stanu bezpieczeństwa pracy w 1993 roku przy użyciu systemu komputerowego ISA-PL. Instytut Energetyki, Zakład Bezpieczeństwa Pracy, Gliwice grudzień 1994 roku.
55. Szelki bezpieczeństwa. Katalog wyrobów firmy Assecura Sp. z o.o.
56. Szopa T. : Podstawy konstrukcji maszyn. WNT Warszawa 1995.