



Studia Podyplomowe

EFEKTYWNE UŻYTKOWANIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ

w ramach projektu

**Śląsko-Małopolskie Centrum Kompetencji
Zarządzania Energią**

BEZPIECZEŃSTWO I HIGIENA PRACY W ENERGETYCE

dr inż. Jan Strzałka

MODUŁ 16: BEZPIECZEŃSTWO I HIGIENA PRACY W ENERGETYCE

Cz.I. Identyfikacja, analiza i ocena zagrożeń elektrycznych

Dr inż. Jan Strzałka
E'mail: biuro@sep.krakow.pl

1. Wprowadzenie do problematyki bezpieczeństwa pracy
 - 1.1. Wstęp
 - 1.2. Analiza wypadków przy pracy w energetyce
2. Przepisy w zakresie BHP
3. Zagrożenia elektryczne i sposoby ochrony
 - 3.1. Wprowadzenie
 - 3.2. Promieniowanie podczerwone, jonizujące i nadfioletowe
 - 3.3. Pola elektromagnetyczne
 - 3.4. Zagrożenia elektrostatyczne
 - 3.5. Zagrożenia pochodzenia burzowego
 - 3.6. Oświetlenie pomieszczeń i stanowisk pracy
 - 3.7. Zagrożenia porażeniowe

1.1. Wstęp:

OCHRONA PRACY – zespół środków prawnych, technicznych i organizacyjnych służących zapewnieniu bezpiecznych i higienicznych warunków pracy.

Strategiczne cele ochrony pracy:

- zapobieganie wypadkom przy pracy, czyli zapewnienie bezpieczeństwa pracy,
- zapobieganie chorobom zawodowym,
- systematyczne eliminowanie prac ciężkich i uciążliwych,
- szersze uwzględnianie ergonomii w urządzeniu stanowisk pracy oraz w konstrukcji maszyn i urządzeń.

Główne segmenty polskiego systemu ochrony pracy:

- segment kreowania polityki i tworzenia przepisów ochrony pracy;
- segment wykonawczy (pracodawcy);
- segment nadzoru (PIP, PIS, UDT, WUG);
- segment naukowo-badawczy (CIOP, IMP).

Polski system ochrony pracy w ramach zakładowego systemu ochrony pracy wprowadza zadania dla:

- pracodawców,
- osób kierujących pracownikami,
- służb bhp,
- komisji bezpieczeństwa i higieny pracy,
- zespołów powypadkowych,
- społecznej inspekcji pracy,
- związków zawodowych.

Zarządzanie bezpieczeństwem i higieną pracy obejmuje działania obejmujące:

- identyfikację zagrożeń;
- identyfikację przyczyn niebezpiecznych błędów,
- szacowanie i redukcję ryzyka zawodowego,
- formułowanie polityki i celów w dziedzinie bhp,
- planowanie i organizację działań koniecznych do osiągnięcia celów,
- zatrudnienie ludzi zdolnych do organizowania i wykonania zadań,
- szkolenie i motywację zatrudnionych do bezpiecznej pracy,
- kontrolowanie warunków pracy,
- kontrolowanie postępowania ludzi,
- stałe usprawnianie zakładowego systemu bezpieczeństwa.

1.2. Analiza wypadków przy pracy w energetyce:

Od kilkunastu lat nie są prowadzone analizy wypadków w energetyce, jakie dawniej opracowywał Zakład Bezpieczeństwa Pracy Instytutu Energetyki w Gliwicach. Dane GUS dotyczące wypadków zestawione poniżej dotyczą działu: „Wytwarzanie i zaopatrywanie w energię elektryczną, gaz i wodę”. Jest to jeden z działów tworzących gospodarkę narodową, który najbardziej odzwierciedla sytuację w energetyce zawodowej, choć nie oddaje w pełni zjawisk związanych z samą energią elektryczną.

Poniżej w tabelach 1-6 na podstawie publikacji Bogumiła Dudka „Dobra organizacja prac, jako czynnik zapewniający bezpieczeństwo” przedstawiono zestawienia danych dotyczących wypadków przy pracy w roku 2008 w podanym wyżej dziale gospodarki.

1. WPROWADZENIE DO PROBLEMATYKI BEZPIECZEŃSTWA PRACY (6)

9

Tabela 1. Poszkodowani w wypadkach przy pracy i liczba dni niezdolności do pracy spowodowana tymi wypadkami według skutków wypadków dla działu: Wytwarzanie i zaopatrywanie w energię elektryczną, gaz i wodę.

Wyszczególnienie	Ogółem		W wypadkach			Liczba dni niezdolności do pracy	
	w liczbach bezwzględnych	w odsetkach	śmiertelnych	ciężkich	lekkich	w liczbach bezwzględnych	na jednego poszkodowanego
I – XII 2007	2025	2,0	22	19	1984	73292	36,5
I – XII 2008	1850	1,8	15	16	1819	67775	36,9

1. WPROWADZENIE DO PROBLEMATYKI BEZPIECZEŃSTWA PRACY (7)

10

Tabela 2. Poszkodowani w wypadkach przy pracy według form własności dla działu: Wytwarzanie i zaopatrywanie w energię elektryczną, gaz i wodę w 2008r.

Wyszczególnienie a – razem w tym wypadkach b – śmiertelnych c – ciężkich	Sektor publiczny				Sektor prywatny			
	razem	własność			razem	własność		
		państwowa	komunalna	mieszana		prywatna krajowa	zagraniczna	mieszana
a	1581	546	881	154	269	172	23	74
b	13	8	4	1	2	1	-	1
c	12	3	7	2	4	4	-	-

1. WPROWADZENIE DO PROBLEMATYKI BEZPIECZEŃSTWA PRACY (8)

11

Tabela. 3. Poszkodowani w wypadkach przy pracy według wieku, stażu pracy w 2008r.

Wyszczególnienie	Wytwarzanie i zaopatrywanie w energię elektryczną, gaz i wodę.
Poszkodowani ogółem	1850
W wieku: poniżej 18 lat	1
18-19	4
20-29	175
30-39	433
40-49	629
50-54	346
55-59	224
60-64	33
Ze stażem: 1 rok i mniej	295
2-3	180
4-5	124
6-10	243
11-15	345
16 lat i więcej	663

1. WPROWADZENIE DO PROBLEMATYKI BEZPIECZEŃSTWA PRACY (9)

12

Tabela 4. Poszkodowani elektrycy w wypadkach przy pracy w 2008r.

Ogółem	Wytw. i zaop. w en. el., gaz i wodę	Górnictwo	Przetwórstwo przemysłowe	Budownictwo	Handel	Transport	Inne
2454	323	198	884	503	143	128	275

1. WPROWADZENIE DO PROBLEMATYKI BEZPIECZEŃSTWA PRACY (10)

13

Tabela 5. Wydarzenia powodujące uraz u osoby poszkodowanej według miejsca powstania wypadku, czynności wykonywanej przez poszkodowanego w chwili wypadku, przyczyn oraz czynnika materialnego będącego źródłem urazu w 2008r.

Wyszczególnienie	Ogółem	Wydarzenia powodujące uraz			
		Kontakt z prądem elektrycznym			obciążenie psychiczne
		razem	w tym		
			pośredni kontakt	dotyk bezpośredni	
wydarzenia powodujące uraz – ogółem	104402	3844	173	184	217
przyczyny – ogółem	203873	8304	396	471	105
niewłaściwy stan czynnika materialnego	18749	1142	42	85	10
wady konstrukcyjne lub niewłaściwe rozwiązania techniczne i ergonomiczne czynnika materialnego	10319	520	16	41	4
niewłaściwe wykonanie czynnika materialnego	11086	84	2	7	2
wady materiałowe czynnika materialnego	3418	248	14	14	2
niewłaściwa eksploatacja czynnika materialnego	3286	290	10	23	2

1. WPROWADZENIE DO PROBLEMATYKI BEZPIECZEŃSTWA PRACY (11)

14

niewłaściwa organizacja: • pracy	11116	698	39	57	22
• stanowiska pracy	11302	623	33	28	9
brak lub niewłaściwe posługiwanie się czynnikiem materialnym	16021	557	23	33	11
nieużywanie sprzętu ochronnego	3076	516	37	14	2
niewłaściwe samowolne zachowanie się pracownika	14912	532	26	61	15
stan psychofizyczny pracownika, nie zapewniający bezpiecznego wykonywania pracy	4767	113	6	7	158
nieprawidłowe zachowanie się pracownika	113290	3851	180	76	152
inna przyczyna	10640	272	10	10	26

Z tabeli 4 wynika, że z pośród poszkodowanych w 2008r. 2454 elektryków, elektrycy zatrudnieni w Dziale „Wytwarzania i zaopatrywania w energię elektryczną, gaz i wodę” stanowili ok. 13%. Znacznie więcej elektryków zostało poszkodowanych w tym roku w przemyśle (ok. 36%) i budownictwie (ok. 20%).

Z kolei z tabeli 5 wynika, że do najczęściej występujących przyczyn wypadków i urazów należy zaliczyć w kolejności:

- nieprawidłowe zachowanie się pracownika – 56%
- niewłaściwa organizacji pracy i stanowiska pracy – 11%
- niewłaściwy stan czynnika materialnego – 9,1%
- brak lub niewłaściwe posługiwanie się czynnikiem materialnym – 8%
- niewłaściwe samowolne zachowanie się pracownika – 7,3%

Z przytoczonych zestawień dotyczących wypadków przy pracy w 2008r. wynika, że niewłaściwa organizacja, na którą ma wpływ zarówno niewłaściwe, samowolne lub nieprawidłowe zachowanie pracownika stanowi **74-80%**.

Z punktu widzenia omawianej tematyki interesujących informacji na temat wypadków dostarczyć może **Opracowanie Instytutu Energetyki Zakładu Bezpieczeństwa Pracy** pt. „**Analiza wypadków przy pracy w spółkach dystrybucyjnych w 1998 roku**”, Gliwice, styczeń 1999.

Analiza dotyczy dosyć odległego czasu, ale z pewnością oddaje tendencje występujące w energetyce zawodowej, w tym zwłaszcza w firmach dystrybucyjnych.

Z opracowania tego można wyciągnąć następujące wnioski:

- 1) W 1998 roku wypadkom przy pracy uległo **404** pracowników spółek dystrybucyjnych; w tej liczbie zdarzyło się **7** wypadków ze **skutkiem śmiertelnym** i **10** wypadków ciężkich.
- 2) **Wskaźnik częstotliwości wypadków** (liczba wypadków na 1000 zatrudnionych) dla analizowanego przedziału czasu wyniósł **7,7** i nie uległ zmianie w stosunku do roku poprzedniego.

3) W analizowanym przedziale czasu w przypadku **10** poszkodowanych skutki wypadku przy pracy **określono jako ciężkie**. Zostały one spowodowane następującymi wydarzeniami:

- | | |
|---|------------------|
| 1. upadki z wysokości | 4 poszkodowanych |
| 2. działanie prądu elektrycznego | 3 poszkodowanych |
| 3. nagłe zdarzenie medyczne | 2 poszkodowanych |
| 4. skaleczenie | 1 poszkodowany |

4) W analizowanym przedziale czasu miało miejsce **8 wypadków zbiorowych**: **7** drogowych i **1** spowodowany działaniem prądu elektrycznego.

Uległo nim **18** osób, z których **jedna poniosła śmierć**.

5) W wypadkach drogowych zostało poszkodowanych **24** pracowników. Pogryzienie przez psa dotyczy **28** poszkodowanych, natomiast **6** pracowników zostało pobitych. Te ostatnie zdarzenia dotyczą głównie **kontrolerów poboru energii elektrycznej.**

6) W 1998 roku w wyniku wypadków przy pracy **śmierć poniosło 7 osób.**

Do śmierci poszkodowanych doprowadziły następujące wydarzenia:

- | | |
|---|----------|
| 1. wypadek drogowy | 1 osoba, |
| 2. działanie prądu elektrycznego | 6 osób |

- 7) W 1998r. odnotowano 22 wypadków **spowodowanych działaniem prądu elektrycznego**. Wśród nich 45% miało miejsce przy napięciu poniżej 1 kV; pozostałe 55% wydarzyło się przy napięciu powyżej 1 kV.

W [tabeli 7](#) zawarto informacje dotyczące tych wypadków z uwzględnieniem skutków wypadków oraz poziomu napięcia odnosząc je do wypadków, jakie miały miejsce w 1997r. Z tego zestawienia wyraźnie widać, że sytuacja roku 1997, kiedy to nie było ani jednego wypadku ze skutkiem śmiertelnym na średnim napięciu była wyjątkowa.

Tabela 6. Ilość wypadków śmiertelnych i ciężkich spowodowanych działaniem prądu w 1997 i 1998r.

Wypadki	poniżej 1 kV		powyżej 1 kV	
	1998	1997	1998	1997
ogółem	10	15	12	10
śmiertelne	-	1	5	-
ciężkie	-	-	3	2

7) **Współczynnik ciężkości wypadków** spowodowanych działaniem prądu elektrycznego kształtować się w 1998 roku następująco:

1. poniżej 1 kV 21,5 dni/wypadek
2. powyżej 1 kV 143 dni/wypadek

9) Wśród wypadków **spowodowanych działaniem prądu elektrycznego o napięciu poniżej 1 kV** 1/5 wynikała z przyczyn, związanych z czynnikiem materialnym. Pozostałe wypadki tej grupy wynikały głównie z przyczyn związanych z czynnikiem ludzkim – 50% wypadków; przyczyny związane z czynnikiem organizacyjnym dotyczyły 30% wypadków tej grupy.

W grupie wypadków **spowodowanych działaniem prądu elektrycznego o napięciu powyżej 1 kV** nie wykazano ani jednej przyczyny związanej z czynnikiem materialnym. Wśród przyczyn wypadków tej grupy dominowały przyczyny związane z niewłaściwą organizacją stanowiska pracy oraz niewłaściwym postępowaniem poszkodowanych.

W podsumowaniu analizy wypadków w Spółkach Dystrybucyjnych za rok 1998 znalazły się następujące cztery wnioski końcowe:

- 1) Liczba poszkodowanych w porównaniu z 1997r. była w 1998r. niższa o 60 poszkodowanych ale w związku ze zmniejszeniem zatrudnienia **wskaźnik częstotliwości wypadków** (liczba poszkodowanych na 1000 zatrudnionych) pozostał na tym samym poziomie i wyniósł 7,7.
- 2) Na wysokim poziomie utrzymuje się udział wypadków w wyniku potknięcia, poślizgnięcia czy upadku – dotyczy to 1/3 wszystkich wypadków. Przyczyną tych wypadków była najczęściej niedostateczna koncentracja uwagi na wykonywanej czynności. Wzrósł udział wypadków w wyniku upadku z wysokości.

3) Niepokojącym zjawiskiem jest nie tylko liczba wypadków śmiertelnych spowodowanych działaniem prądu elektrycznego na średnim napięciu, ale okoliczności ich zaistnienia. Do wypadków tych dochodziło w wyniku pomyłek, oraz nieprzestrzegania przez poszkodowanych podstawowych zasad organizacji bezpiecznej pracy. Należy także zwrócić uwagę na fakt braku asekuracji przed upadkiem z wysokości.

4) Znajomość przepisów i wymagań związanych z bezpiecznym wykonywaniem pracy nie idzie w parze z ich stosowaniem. Prawie połowa badanych monterów z różnych regionów kraju przyznawała się do niewykonywania podstawowych czynności związanych z przygotowaniem miejsca pracy. Fakt, iż wielokrotnie im się udawało powodował utrwalenie tego zwyczaju.

Do podstawowych aktów prawnych regulujących zasady ochrony pracy, w tym zasady bezpieczeństwa i higieny pracy należą m.in.:

1. Konstytucja RP
2. Ustawa z dnia 26.06.1974r. „Kodeks pracy”
3. Ustawa z dnia 24.06.1983r. o społecznej inspekcji pracy
4. Ustawa z dnia 23.05.1991r. o związkach zawodowych
5. Ustawa z dnia 21.12.2000r. o dozorze technicznym
6. Ustawa z dnia 30.10.2002r. o ubezpieczeniu społecznym z tytułu wypadków przy pracy i chorób zawodowych
7. Ustawa z dnia 13.04.2007r. o Państwowej Inspekcji Pracy
8. Ustawa z dnia 10.04.1997r. Prawo Energetyczne

9. Rozporządzenie wykonawcze do w/w Ustaw, w tym m.in.:

- Rozp. MPiPS z 26.09.1997r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy,
- Rozp. MG z 17.09.1999r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach i instalacjach energetycznych (do 23.10.2013r.),
- Rozp. MG z 28.03.2013r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach energetycznych, (od 24.10.2013r.)
- Rozp. MG z 27.2004r. w sprawie szkolenia w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy,
- Rozp. MZiOS z 20.04.2005r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy,
- Rozp. Rady Ministrów z 28.07.1998r. w sprawie ustalenia okoliczności i przyczyn wypadków przy pracy oraz sposobu ich dokumentowania.

Odpowiedzialność za nieprzestrzeganie przepisów prawa pracy określa:

1. Ustawa z dnia 26.06.1974r. – Kodeks pracy
2. Ustawa z dnia 24.06.1983r. o społecznej inspekcji pracy
3. Ustawa z dnia 10.04.1997r. – Prawo energetyczne
4. Ustawa z dnia 06.06.1997r. – Kodeks karny
5. Ustawa z dnia 23.03.1964r. – Kodeks cywilny

Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej:

- W art. 24. – „Praca znajduje się pod ochroną Rzeczypospolitej Polskiej. Państwo sprawuje nadzór nad warunkami wykonywania pracy”.
- W art. 66. – Gwarantuje każdemu prawo do bezpiecznych i higienicznych warunków pracy.

Podstawowe znaczenie w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy odgrywa Ustawa „*Kodeks Pracy*” z dnia 26.06.1974r. oraz wprowadzone z jej mocy rozporządzenia wykonawcze.

W Ustawie „Kodeks Pracy” sprawom tym poświęcony jest cały **DZIAŁ DZIESIĄTY** „*Bezpieczeństwo i higiena pracy*”, który zawiera 13 rozdziałów zatytułowanych:

Rozdział I. Podstawowe obowiązki pracodawców.

Rozdział II. Prawa i obowiązki pracownika.

Rozdział III. Obiekty budowlane i pomieszczenia pracy.

Rozdział IV. Maszyny i inne urządzenia techniczne.

Rozdział V. Czynniki oraz procesy pracy stwarzające szczególne zagrożenie dla zdrowia lub życia.

Rozdział VI. Profilaktyczna ochrona zdrowia.

Rozdział VII. Wypadki przy pracy i choroby zawodowe.

Rozdział VIII. Szkolenia.

Rozdział IX. Środki ochrony indywidualnej oraz odzież i obuwie robocze.

Rozdział X. Służba bezpieczeństwa i ochrony pracy.

Rozdział XI. Konsultacje w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy oraz komisja bezpieczeństwa i higieny pracy.

Rozdział XII. Obowiązki organów sprawujących nadzór nad przedsiębiorstwami lub innymi jednostkami organizacyjnymi państwowymi albo samorządowymi.

Rozdział XIII. Przepisy bezpieczeństwa i higieny pracy dotyczące wykonywania prac na różnych gałęziach pracy.

W **rozdziale I** określającym „*Podstawowe obowiązki pracodawcy*” w

Art. 207 §1 podano, że:

„Pracodawca ponosi odpowiedzialność za stan bezpieczeństwa i higieny pracy w zakładzie pracy”,

natomiast w **§ 2** określono, że:

„Pracodawca jest obowiązany chronić zdrowie i życie pracowników przez zapewnienie bezpiecznych i higienicznych warunków pracy przy odpowiednim wykorzystaniu osiągnięć nauki i techniki.

W szczególności pracodawca jest obowiązany:

- 1) organizować pracę w sposób zapewniający bezpieczne i higieniczne warunki pracy,*
- 2) zapewniać przestrzeganie w zakładzie pracy przepisów oraz zasad bezpieczeństwa i higieny pracy, wydawać polecenia usunięcia uchybień w tym zakresie oraz kontrolować wykonanie tych poleceń,*
- 3) reagować na potrzeby w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa i higieny pracy oraz dostosowywać środki podejmowane w celu doskonalenia istniejącego poziomu ochrony zdrowia i życia pracowników, biorąc pod uwagę zmieniające się warunki wykonywania pracy,*

- 4)zapewnić rozwój spójnej polityki zapobiegającej wypadkom przy pracy i chorobom zawodowym uwzględniającej zagadnienia techniczne, organizację pracy, warunki pracy, stosunki społeczne oraz wpływ czynników środowiska pracy,
- 5)uwzględniać ochronę zdrowia młodocianych, pracownic w ciąży lub karmiących dziecko piersią oraz pracowników niepełnosprawnych w ramach podejmowanych działań profilaktycznych,
- 6)zapewniać wykonanie nakazów, wystąpień, decyzji i zarządzeń wydawanych przez organy nadzoru nad warunkami pracy,
- 7)zapewniać wykonanie zaleceń społecznego inspektora pracy.”

W § 3. określono, że :

„Pracodawca oraz osoba kierująca pracownikami są obowiązani znać, w zakresie niezbędnym do wykonywania ciążących na nich obowiązków, przepisy o ochronie pracy, w tym przepisy oraz zasady bezpieczeństwa i higieny pracy”,

natomiast **Art. 208. § 1.** mówi, że :

„Pracodawca jest obowiązany przekazywać pracownikom informacje o:

- 1) zagrożeniach dla zdrowia i życia występujących w zakładzie pracy, na poszczególnych stanowiskach pracy i przy wykonywanych pracach, w tym o zasadach postępowania w przypadku awarii i innych sytuacji zagrażających zdrowiu i życiu pracowników,*
- 2) działaniach ochronnych i zapobiegawczych podjętych w celu wyeliminowania lub ograniczenia zagrożeń, o których mowa w pkt 1,*
- 3) pracownikach wyznaczonych do:*
 - a) udzielania pierwszej pomocy,*
 - b) wykonywania działań w zakresie zwalczania pożarów i ewakuacji pracowników”.*

W rozdziale II określającym „*Prawa i obowiązki pracownika*” podano w:

Art. 210. § 1.:

„W razie, gdy warunki pracy nie odpowiadają przepisom bezpieczeństwa i higieny pracy i stwarzają bezpośrednie zagrożenie dla zdrowia lub życia pracownika albo gdy wykonywana przez niego praca grozi takim niebezpieczeństwem innym osobom, pracownik ma prawo powstrzymać się od wykonywania pracy, zawiadamiając o tym niezwłocznie przełożonego”.

§ 2.:

„Jeżeli powstrzymanie się od wykonywania pracy nie usuwa zagrożenia, o którym mowa w § 1, pracownik ma prawo oddalić się z miejsca zagrożenia, zawiadamiając o tym niezwłocznie przełożonego”.

Art. 211 :

„Przestrzeganie przepisów i zasad bezpieczeństwa i higieny pracy jest podstawowym obowiązkiem pracownika. W szczególności pracownik jest obowiązany:

- 1) znać przepisy i zasady bezpieczeństwa i higieny pracy, brać udział w szkoleniu i instruktażu z tego zakresu oraz poddawać się wymagany egzaminom sprawdzającym,*
- 2) wykonywać pracę w sposób zgodny z przepisami i zasadami bezpieczeństwa i higieny pracy oraz stosować się do wydawanych w tym zakresie poleceń i wskazówek przełożonych,*
- 3) dbać o należyty stan maszyn, urządzeń, narzędzi i sprzętu oraz o porządek i ład w miejscu pracy,*

- 4) stosować środki ochrony zbiorowej, a także używać przydzielonych środków ochrony indywidualnej oraz odzieży i obuwia roboczego, zgodnie z ich przeznaczeniem,
- 5) poddawać się wstępnym, okresowym i kontrolnym oraz innym zaleconym badaniom lekarskim i stosować się do wskazań lekarskich,
- 6) niezwłocznie zawiadomić przełożonego o zauważonym w zakładzie pracy wypadku albo zagrożeniu życia lub zdrowia ludzkiego oraz ostrzec współpracowników, a także inne osoby znajdujące się w rejonie zagrożenia, o grożącym im niebezpieczeństwie,
- 7) współdziałać z pracodawcą i przełożonymi w wypełnianiu obowiązków dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy.

Art. 212.

Osoba kierująca pracownikami jest obowiązana:

- 1) organizować stanowiska pracy zgodnie z przepisami i zasadami bezpieczeństwa i higieny pracy,*
- 2) dbać o sprawność środków ochrony indywidualnej oraz ich stosowanie zgodnie z przeznaczeniem,*
- 3) organizować, przygotowywać i prowadzić prace, uwzględniając zabezpieczenie pracowników przed wypadkami przy pracy, chorobami zawodowymi i innymi chorobami związanymi z warunkami środowiska pracy,*
- 4) dbać o bezpieczny i higieniczny stan pomieszczeń pracy i wyposażenia technicznego, a także o sprawność środków ochrony zbiorowej i ich stosowanie zgodnie z przeznaczeniem,*
- 5) egzekwować przestrzeganie przez pracowników przepisów i zasad bezpieczeństwa i higieny pracy,*
- 6) zapewniać wykonanie zaleceń lekarza sprawującego opiekę zdrowotną nad pracownikami.*

W **rozdziale IV** określającym wymagania dla „*Maszyn i innych urządzeń technicznych*” podano m.in., że:

Art. 215.

Pracodawca jest obowiązany zapewnić, aby stosowane maszyny i inne urządzenia techniczne:

- 1) zapewniały bezpieczne i higieniczne warunki pracy, w szczególności zabezpieczały pracownika przed urazami, działaniem niebezpiecznych substancji chemicznych, porażeniem prądem elektrycznym, nadmiernym hałasem, działaniem drgań mechanicznych i promieniowania oraz szkodliwym i niebezpiecznym działaniem innych czynników środowiska pracy,*
- 2) uwzględniały zasady ergonomii.*

Art. 216. § 1.

*Pracodawca wyposaża w odpowiednie zabezpieczenia maszyny i inne urządzenia techniczne, które nie spełniają wymagań określonych w **art. 215. § 2**. W przypadku, gdy konstrukcja zabezpieczenia jest uzależniona od warunków lokalnych, wyposażenie maszyny lub innego urządzenia technicznego w odpowiednie zabezpieczenia należy do obowiązków pracodawcy.*

W rozdziale VI zatytułowanym „*Profilaktyczna ochrona zdrowia*” określono m.in., w:

Art. 226.

Pracodawca:

- 1) *ocenia i dokumentuje ryzyko zawodowe związane z wykonywaną pracą oraz stosuje niezbędne środki profilaktyczne zmniejszające ryzyko,*
- 2) *informuje pracowników o ryzyku zawodowym, które wiąże się z wykonywaną pracą, oraz o zasadach ochrony przed zagrożeniami.*

Art. 227. § 1.

Pracodawca jest obowiązany stosować środki zapobiegające chorobom zawodowym i innym chorobom związanym z wykonywaną pracą, w szczególności:

- 1) *utrzymywać w stanie stałej sprawności urządzenia ograniczające lub eliminujące szkodliwe dla zdrowia czynniki środowiska pracy oraz urządzenia służące do pomiarów tych czynników,*
- 2) *przeprowadzać, na swój koszt, badania i pomiary czynników szkodliwych dla zdrowia, rejestrować i przechowywać wyniki tych badań i pomiarów oraz*

3.1. WPROWADZENIE (1)

Praca przy urządzeniach elektrycznych wymaga:

- szczególnej uwagi,
- ostrożności,
- znajomości występujących zagrożeń.

Bezpieczeństwo pracy jest uwarunkowane znajomością:

- zasad budowy i działania urządzeń,
- prawidłowego wykonywania czynności eksploatacyjnych,
- ścisłego postrzegania zasad organizacji pracy,
- przepisów bhp.

3.1. WPROWADZENIE (2)

Od szeregu lat obserwuje się rozszerzanie zakresu stosowania urządzeń elektrycznych dzięki korzyściom, którymi są w szczególności:

- łatwość wytwarzania,
- tani przesył energii,
- opłacalność przetwarzania w inne formy energii.

3.1. WPROWADZENIE (3)

Użytkowanie urządzeń elektrycznych a nawet przebywanie w ich pobliżu stwarza określone **zagrożenia, do których w szczególności zaliczamy:**

- zagrożenia porażeniowe,
- możliwości poparzenia łukiem elektrycznym,
- oddziaływanie pól elektromagnetycznych,
- zagrożenia elektrostatyczne,
- zagrożenia pochodzenia burzowego,
- oświetlenie,
- niewłaściwe parametry energii elektrycznej.

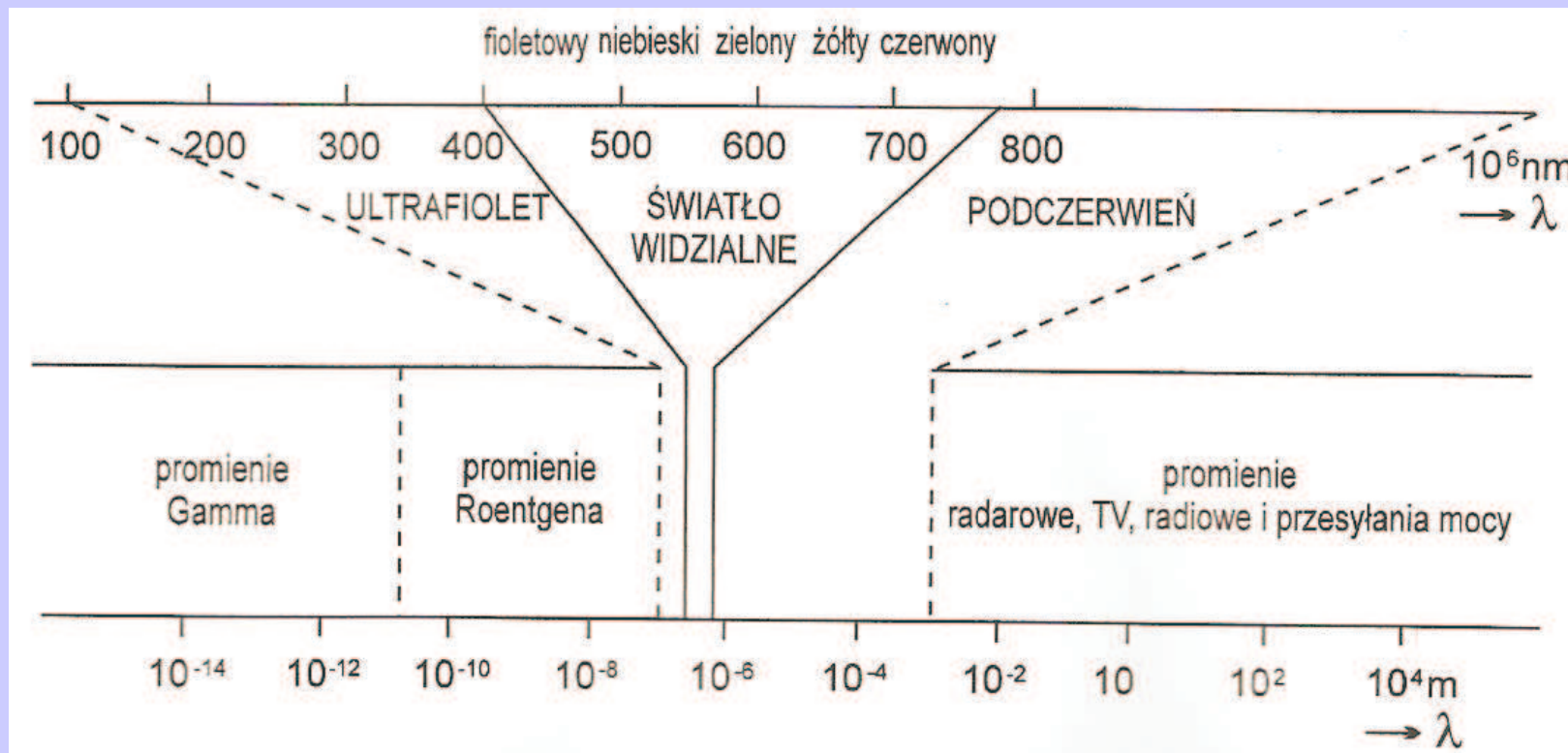
Przedstawione zostaną ważniejsze z tych zagrożeń oraz organizacyjne i techniczne sposoby ochrony przed tymi zagrożeniami.

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.2. PROMIENIOWANIE PODCZERWONE, JONIZUJĄCE I NADFIOLETOWE (4)

46

Widmo promieniowania elektromagnetycznego

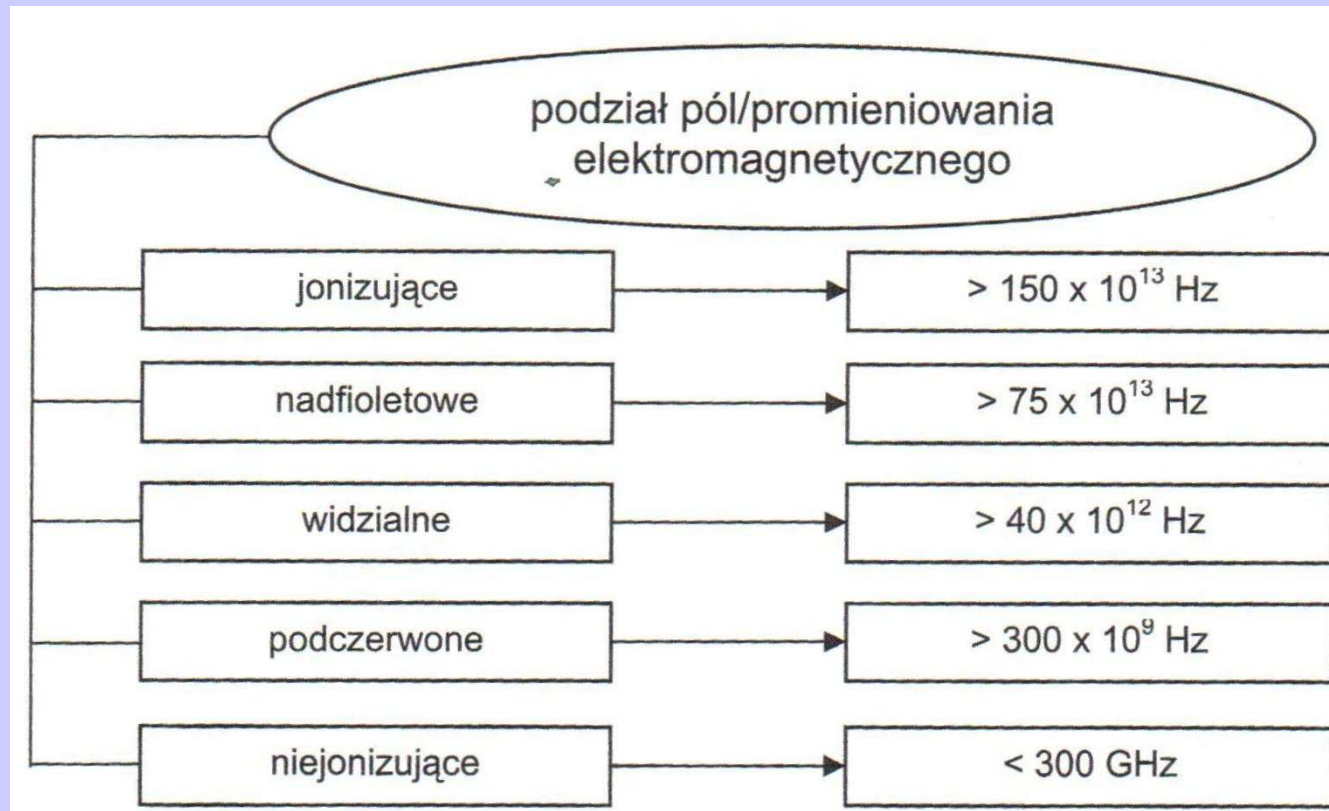


Rys.1. Widmo promieniowania elektromagnetycznego

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.2. PROMIENIOWANIE PODCZERWONE, JONIZUJĄCE I NADFIOLETOWE (5)

47



Rys. 2. Podział pól elektromagnetycznych

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.2. PROMIENIOWANIE PODCZERWONE, JONIZUJĄCE i NADFIOLETOWE (6)

48

Promieniowanie jonizujące

Podział:

- korpuskularne: cząstki α , elektrony (cząstki β) i ich antycząstki (pozytony), protony, neutrony, mezony,
- elektromagnetyczne jonizujące: kwanty γ i X (fotony).

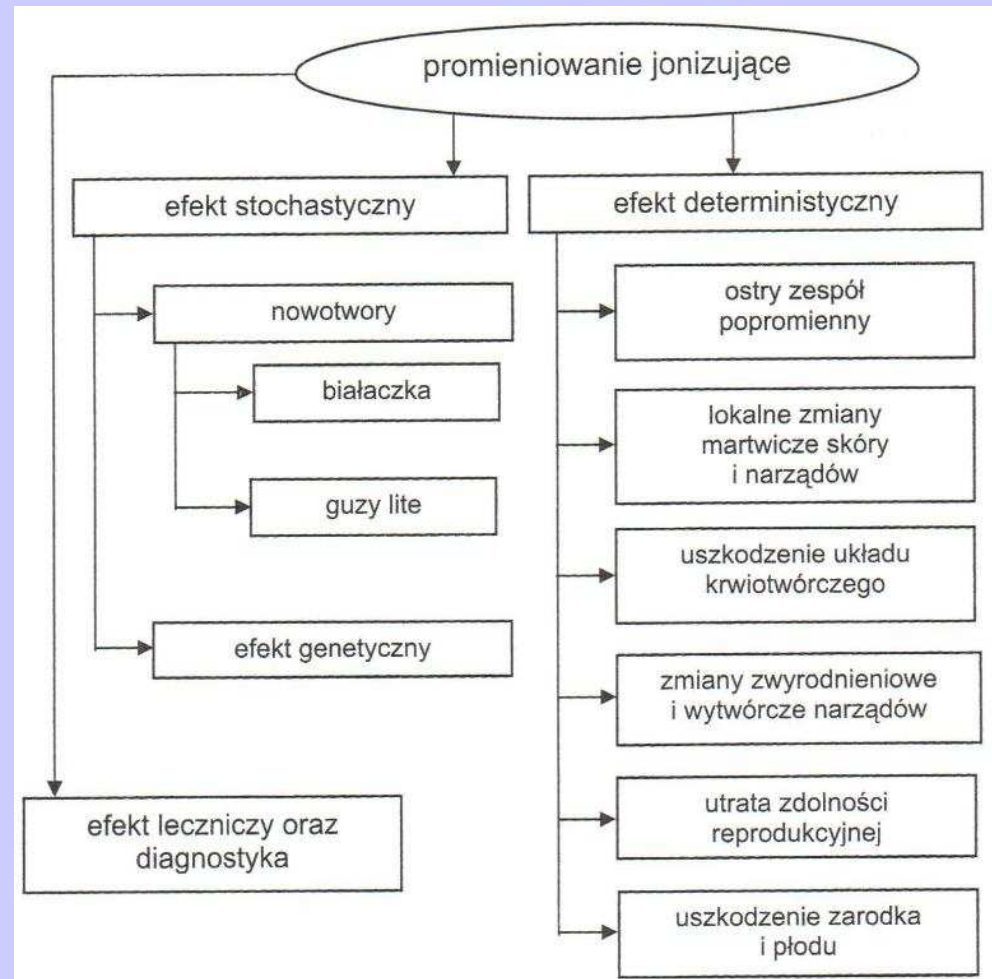
Źródła:

- wybuchy jądrowe,
- wypadki przy produkcji izotopów,
- urządzenia rentgenowski (medycyna, technika).

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.2. PROMIENIOWANIE PODCZERWONE, JONIZUJĄCE I NADFIOLETOWE (7)

49



Rys. 3. Działanie promieniowania jonizującego na organizm człowieka

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.2. PROMIENIOWANIE PODCZERWONE, JONIZUJĄCE I NADFIOLETOWE (8)

50

Sposoby ograniczenia narażeń (wg ICRP - Międzyn. omisji Ochrony Radiologicznej)

- uzasadnione ograniczenie stosowania źródeł promieniowania,
- niedopuszczenie do napromieniowania zbyt dużą dawką,
- odpowiednia organizacja pracy,
- dozymetria indywidualna,
- obszary indywidualne,
- badania profilaktyczne.

Punkt 16. wykazu chorób zawodowych uwzględnia chorobę wywołaną promieniowaniem jonizującym.

Promieniowanie podczerwone

Obejmuje fale o długościach od 760 do 1 mm.

Źródła:

- naturalne - słońce,
- sztuczne - promienniki, grzejniki elektryczne, palniki gazowe, lampy elektroluminescencyjne, piece, powierzchnie kotłów, rozgrzane projektory filmowe, reflektory, przestrzenie objęte pożarem, lasery.

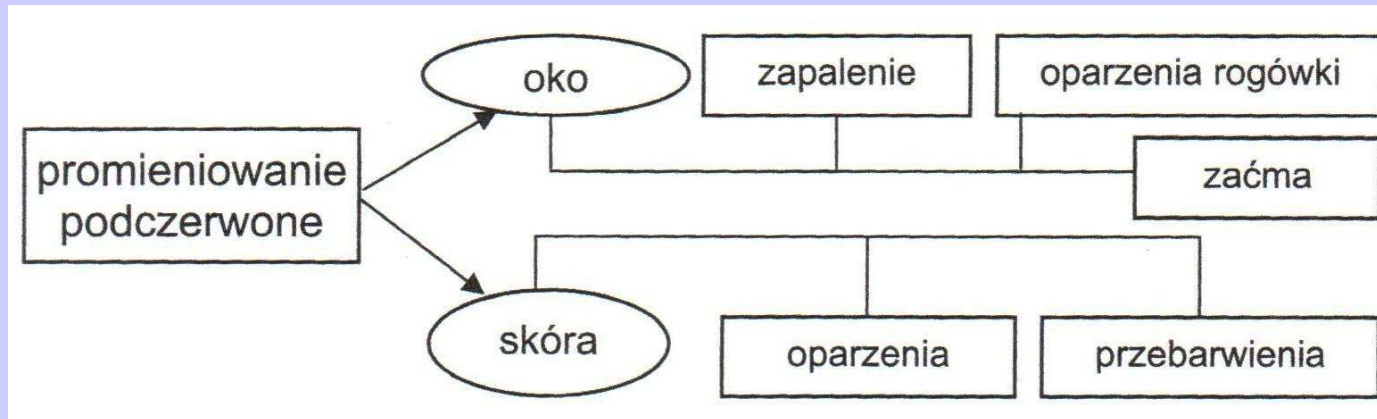
Skutki działania:

- efekty termiczne (na oczy i skórę).

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.2. PROMIENIOWANIE PODCZERWONE, JONIZUJĄCE I NADFIOLETOWE (10)

52



Rys. 4. Działanie promieniowania podczerwonego na człowieka

Sposoby ograniczenia narażenia zawodowego:

- odpowiednia organizacja pracy,
- profilaktyka techniczna,
- ochrony indywidualne,
- badania profilaktyczne.

W p. 25 wykazu chorób zawodowych uwzględnione są choroby oczu wywołane prom. podczerwonym.

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.2. PROMIENIOWANIE PODCZERWONE, JONIZUJĄCE I NADFIOLETOWE (11)

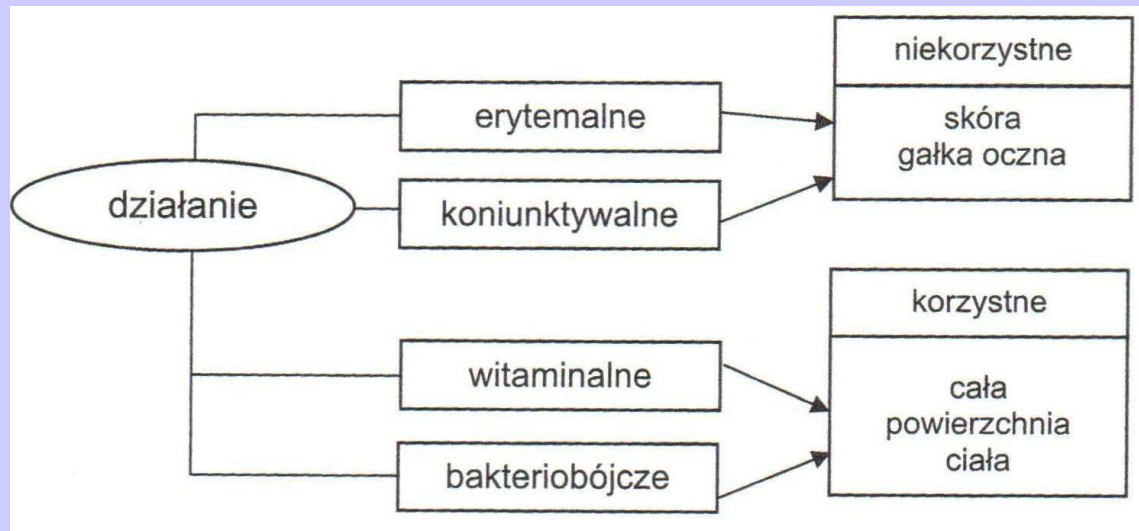
53

Promieniowanie nadfioletowe

Obejmuje zakres częstotliwości graniczący z częstotliwościami promieniowania jonizującego.

Dzieli się je w zależności od:

- długości fali:)UV -A 315 - 400nm; UV-B nm; UV-C 100-280nm),
- głównego efektu działania biologicznego (podany podział uwzględnia także skutki działania na organizm ludzki).



Rys. 5. Działanie promieniowania nadfioletowego na organizm.

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.2. PROMIENIOWANIE PODCZERWONE, JONIZUJĄCE I NADFIOLETOWE (12)

54

Źródła:

- naturalne - słońce,
- sztuczne - lampy wyładowcze gazowe, fluorescencyjne, lampy kwarcowe halogenowe, palniki acetylenowo - tlenowe, tlenowo - wodorowe oraz plazmowe.

Udowodniony został wpływ na skórę oraz gałkę oczną. Wyróżnić można:

- działanie ostre - przy niższych natężeniach powoduje opaleniznę, natomiast przy wyższych rumień bądź pęcherze ze złuszczeniem - odczyn zapalny,
- działanie przewlekłe - może powodować łagodne nieprawidłowości komórek barwnikowych (piegi, znamiona), uszkodzenie naskórka, naczyń krwionośnych i tkanki włóknistej, a w najgorszym przypadku raka (czerniaki, nowotwory niebędące czerniakami).

Promieniowanie nadfioletowe może także wywierać działanie korzystne - na przykład poprzez wzmożenie wchłaniania witaminy D oraz działanie bakteriobójcze (odkażające).

Ograniczenie narażeń:

- w środowisku zawodowym:
 - profilaktyka techniczna,
 - ochrony indywidualne,
 - badania profilaktyczne.
- w środowisku ogólnym:
 - przestrzeganie zasad racjonalnego opalanie się,
 - stosowanie środków zabezpieczających skórę.

W p. 25 wykazu chorób zawodowych uwzględnia się choroby oczu wywołane prom. nadfioletowym.

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.3. POLA ELEKTROMAGNETYCZNE (1)

56

Wszystkie urządzenia elektryczne, radiowo-telewizyjne itp. są źródłem pól elektrycznych i magnetycznych, które mogą szkodliwie oddziaływać na człowieka powodując:

a)efekt termiczny

- wzrost temperatury organów wewnętrznych,
- zmiana rytmu pracy serca,
- wzrost krzepliwości krwi,
- pocenie się,
- obniżenie wydolności fizycznej i psychicznej,
- brak koncentracji,
- senność,
- bóle głowy

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.3. POLA ELEKTROMAGNETYCZNE (2)

57

b) efekt pozatermiczny

- oddziaływanie na układ nerwowy (przedłużenie czasu reakcji),
- zmiana składu krwi (białaczka).

Pole elektryczne i magnetyczne od urządzeń elektroenergetycznych jest polem wolnozmiennym, przeważnie o częstotliwości sieciowej prądu (50÷60Hz). Pola elektromagnetyczne powodowane pracą urządzeń nadawczych stacji radiowo-telewizyjnych, radarowych i innych mogą mieć częstotliwości kiloherców i megaherców.

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.3. POLA ELEKTROMAGNETYCZNE (3)

58

Zastosowanie pól elektromagnetycznych wysokiej częstotliwości

do 3 MHz:

termiczna obróbka metali,
łączność radiowa;

3 ÷ 30 MHz:

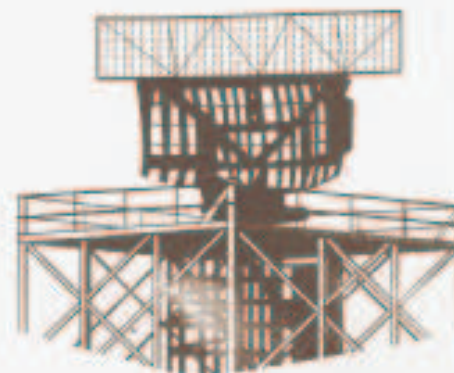
termiczna obróbka dielektry-
ków, suszenie i sterylizacja
produktów spożywczych,
oczyszczanie ziarna ze szkod-
ników, medycyna itp.

30 ÷ 300 MHz:

łączność radiowa i telewizyjna,
medycyna itp.

300 ÷ 300 000 MHz:

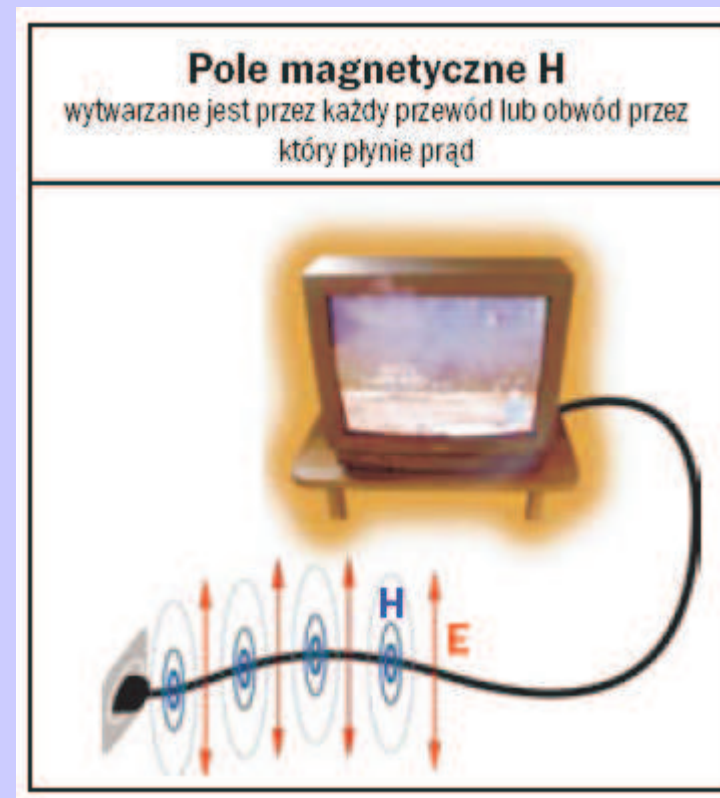
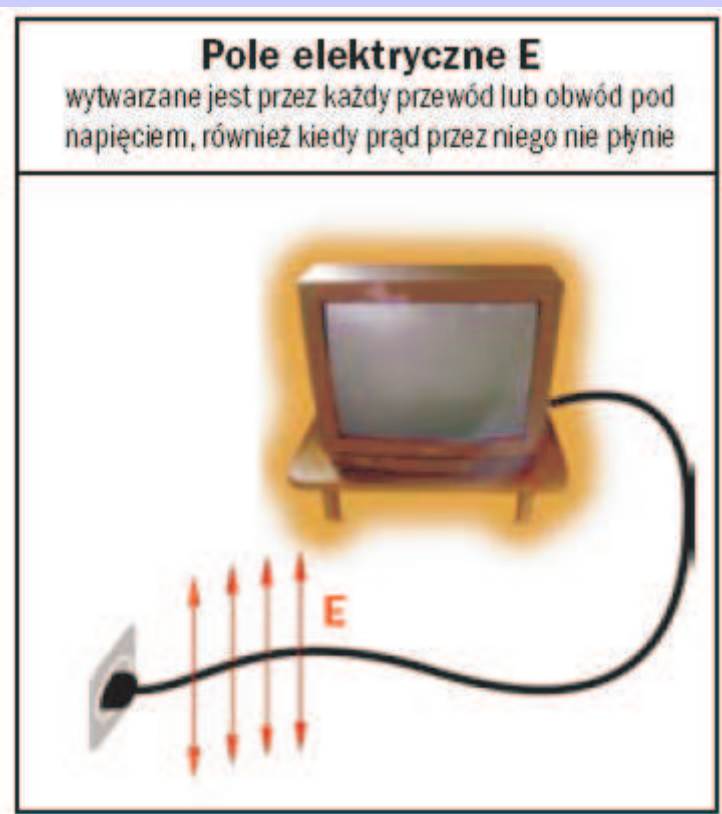
radiolokacja, radionawigacja,
łączność radiotelefoniczna,
radiometeorologia, radioastro-
nomia, radiospektroskopia,
fizyka jądrowa, termiczna
obróbka produktów spożyw-
czych, medycyna itp.



3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.3. POLA ELEKTROMAGNETYCZNE (4)

59



3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.3. POLA ELEKTROMAGNETYCZNE (5)

60

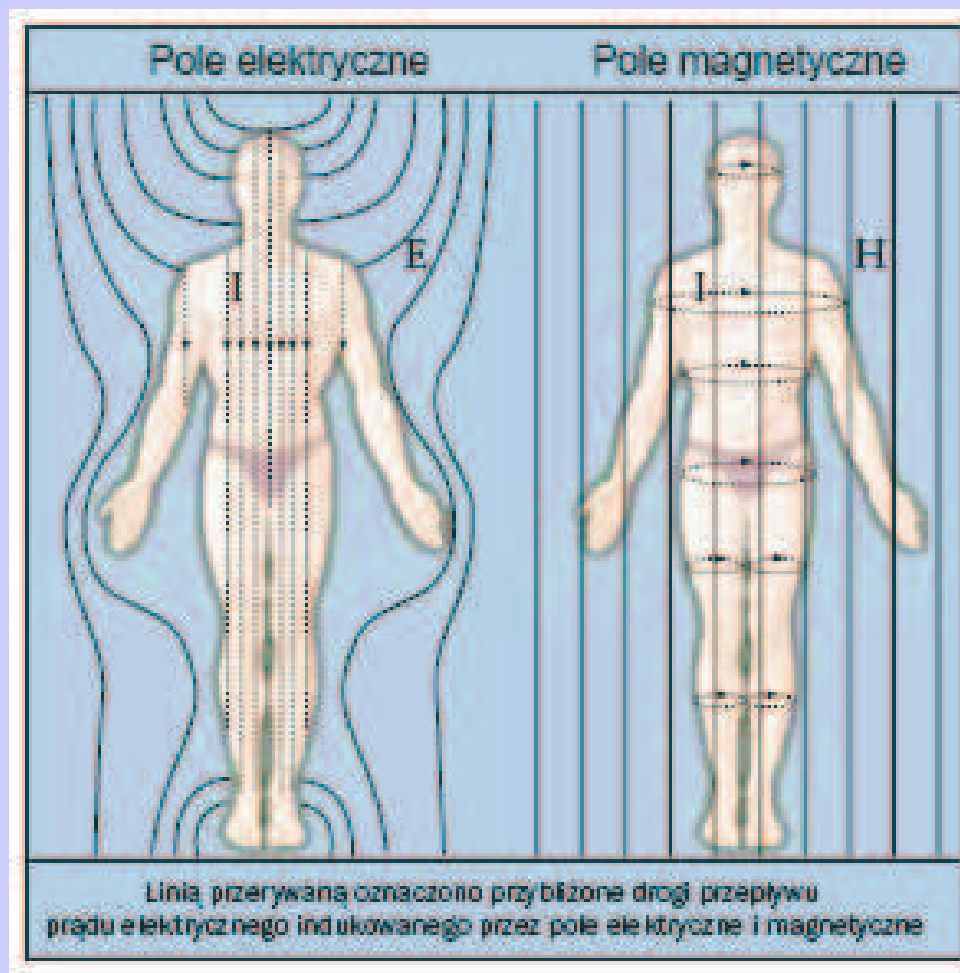
Tabela 7. Wielkości charakteryzujące pole elektromagnetyczne o różnych częstotliwościach

Częstotliwość	Wielkość fizyczna	Jednostka
0Hz ÷ 100kHz ELF – częstotliwości bardzo niskie	Natężenie pola elektrycznego	V/m (wolt na metr)
	Natężenie pola magnetycznego	A/m (amper na metr)
	Indukcja pola magnetycznego	T (tesla)
100kHz ÷ 300MHz RF – częstotliwości radiowe	Natężenie pola elektrycznego	V/m (wolt na metr)
300kHz ÷ 300GHz MF - mikrofale	Gęstość strumienia energii	W/m ² (wat na metr kwadratowy)

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.3. POLA ELEKTROMAGNETYCZNE (6)

61



3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.3. POLA ELEKTROMAGNETYCZNE (7)

62

Porównanie natężeń pól elektrycznych 50 Hz wytwarzanych w sąsiedztwie:			
Linii napowietrznych	natężenie kV/m	Urządzeń elektrycznych powszechnego użytku	natężenie kV/m
 Pod liniami najwyższych napięć (220 – 400 kV) W odległości 150 m od linii 400 kV	1 – 10 poniżej 0,5	 Pračka automatyczna	0,13 w odległości 30 cm
		 Żelazko	0,12 w odległości 30 cm
 Pod liniami wysokiego napięcia (110 kV)	0,5 – 4	 Monitor komputerowy	0,2 w odległości 10 cm
 Pod liniami średniego napięcia (10 – 30 kV)	poniżej 0,3	 Odkurzacz	0,13 w odległości 30 cm
		 Maszynka do golenia	0,7 w odległości 5 cm
 Na zewnątrz stacji wysokiego napięcia	0,1 – 0,3	 Suszarka do włosów	0,8 w odległości 10 cm

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.3. POLA ELEKTROMAGNETYCZNE (8)

63

Porównanie natężeń pól magnetycznych 50 Hz wytwarzanych w sąsiedztwie:			
Linii napowietrznych	natężenie A/m	Urządzeń elektrycznych powszechnego użytku	natężenie A/m
 Pod liniami najwyższych napięć (220 – 400 kV) W odległości 150 m od linii 400 kV	0,8 – 40 poniżej 4	 Prala automatyczna	0,3 w odległości 30 cm
		 Żelazko	0,2 w odległości 30 cm
 Pod liniami wysokiego napięcia (110 kV)	poniżej 16	 Monitor komputerowy	0,1 w odległości 1 m
 Pod liniami średniego napięcia (10 – 30 kV)	0,8 – 16	 Odkurzacz	5 w odległości 30 cm
		 Maszynka do golenia	12 – 1200 w odległości 3 cm
 Na zewnątrz stacji wysokiego napięcia	poniżej 0,2	 Suszarka do włosów	4 w odległości 10 cm

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY(15)

3.3. POLA ELEKTROMAGNETYCZNE (9)

64

Tabela 8. Pole elektryczne i magnetyczne 50/60Hz w środowisku człowieka

Wyszczególnienie	Maksymalne wartości natężenia pola		
	elektrycznego E [V/m]	magnetycznego B [mT]	magnetycznego H [A/m]
Pola naturalne stałe	130 ÷ 170	0,03 ÷ 0,07	24 ÷ 56
Tło (rejonny zamieszkałe)	~ 1	~ 10 ⁻⁴	0,08
Dom (urządzenia domowe)			
- pokoje mieszkalne,	1 ÷ 20	~ 0,01	8
- przewody elektryczne 220V,	20 ÷ 50	0,01 ÷ 0,1	8 ÷ 80
- lampa biurkowa,	140 ÷ 200	0,5 ÷ 1,0	400 ÷ 800
- suszarka do włosów,	20 ÷ 50	1,0 ÷ 2,0	800 ÷ 1600
- koc elektryczny,	200 ÷ 250	1,0 ÷ 2,0	800 ÷ 1600
- radio stereofoniczne,	90	0,2 ÷ 0,7	165 ÷ 560
- odbiornik TV,	30	0,1 ÷ 0,5	80 ÷ 400
- żelazko,	60	1,0 ÷ 1,5	800 ÷ 1200
- odkurzacz	15	0,01 ÷ 0,1	8 ÷ 80
Linie przesyłowe:			
- 220 kV,	4000 ÷ 6000	0,015 ÷ 0,02	12 ÷ 16
- 400 kV,	5000 ÷ 8000	0,025 ÷ 0,03	20 ÷ 24
- 1100 kV; 1 m nad ziemią	~ 10000	0,035	28
Urządzenia przemysłowe:			
- 50 Hz – piece łukowe,		0,4 ÷ 10	320 ÷ 8000
- 50 <u>hz</u> – zgrzewarki odporowe		0,2 ÷ 20	160 ÷ 16000
Dopuszczalne normy RP:			
- zawodowe,	15000 ÷ 20000	10 ÷ 100	8000 ÷ 80000
- środowiskowe	1000	brak	brak

3.3. POLA ELEKTROMAGNETYCZNE (10)

W pobliżu źródeł PEM wyróżnia się strefę:

- **niebezpieczną**, w której przebywanie pracowników jest zabronione,
- **zagrożenia**, w której dopuszczalny czas przebywania pracowników zależy od natężenia pola,
- **bezpieczną**, w której przebywanie ludzi jest dozwolone bez ograniczeń czasowych.

Przepisy określają wartość natężeń pola elektrycznego i magnetycznego o różnej częstotliwości oraz czas dopuszczalnego przebywania pracowników.

Dopuszczalne poziomy pól elektromagnetycznych w środowisku oraz zasady pomiaru pól określa **Rozp. Min. Środowiska z 30.10.2003r.**

3.3. POLA ELEKTROMAGNETYCZNE (11)

Środki ochrony przed PEM:

Dla ochrony przed polami elektromagnetycznymi stosuje się **techniczne i organizacyjne** środki ochrony.

Do technicznych metod ograniczania szkodliwości promieniowania należą:

- * ekranowanie lokalizujące źródła promieniowania za pomocą blachy stalowej (o grubości powyżej 0,5mm) lub aluminiowej (o grubości powyżej 1,5mm) lub siatki metalowej o określonych wymiarach oczek,
- * ekranowanie osłaniające stanowisko pracy,
- * ekranowanie pomieszczeń, polegające na instalowaniu na zewnętrznych stronach ścian, sufitów i podłóg metalowych folii i siatek,
- * ograniczenie mocy urządzeń wytwarzających PEM do niezbędnego minimum.

3.3. POLA ELEKTROMAGNETYCZNE (12)

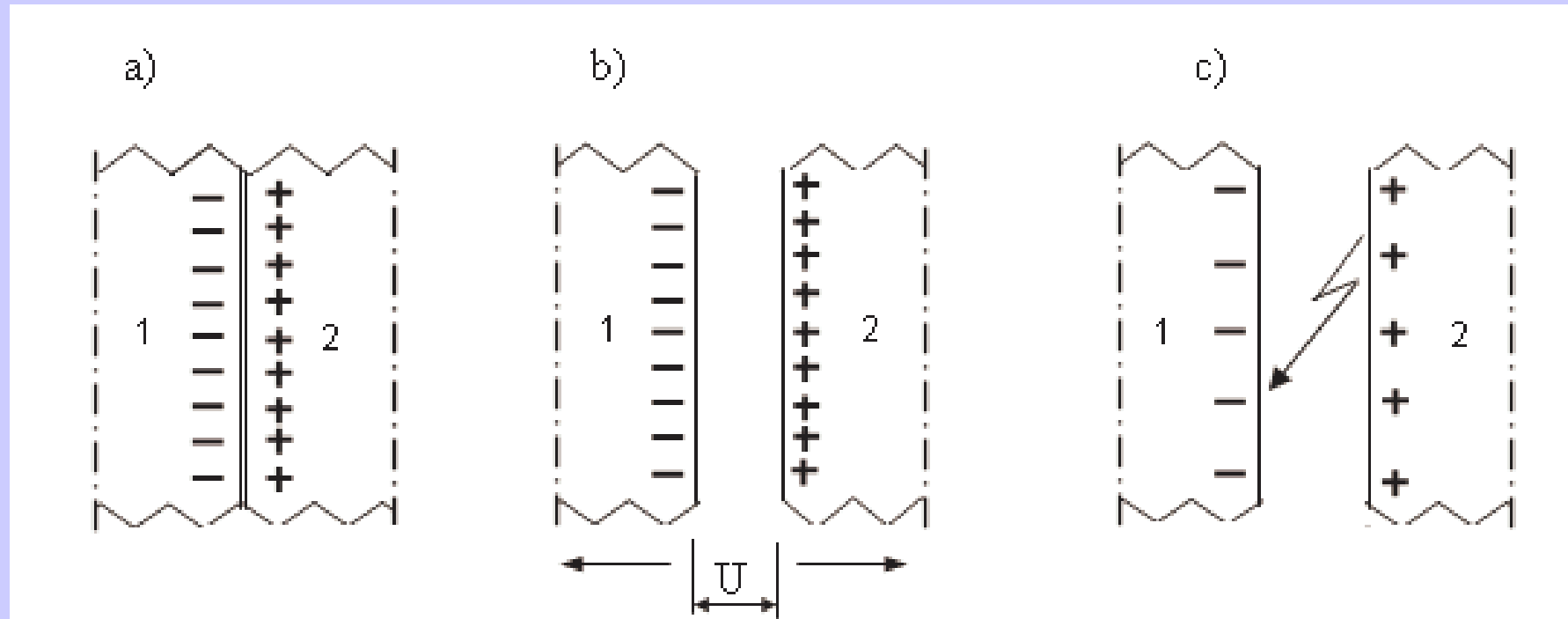
Do środków organizacyjnych, które mogą zmniejszyć szkodliwe skutki promieniowania zalicza się między innymi:

- ◇ odpowiednie ustawienie urządzeń będących źródłami PEM i stanowisk pracy,
- ◇ okresowe specjalistyczne szkolenie w zakresie bhp,
- ◇ okresowe oceny narażenia pracowników na działanie omawianych pól,
- ◇ okresowe przeglądy i konserwacje instalacji ekranujących oraz wycofywanie z użytku urządzeń niesprawnych,
- ◇ wprowadzenie rotacji pracowników, mających na celu ograniczenie czasu przebywania w strefie PEM,
- ◇ stosowanie osłon osobistych: okulary ochronne, kombinezony lub ubrania robocze z osłoną głowy, które chronią przed promieniowaniem mikrofalowym.

Na co dzień zjawisko powstawania ładunków (charakterystyczne trzaski) możemy zaobserwować w trakcie **zdejmowania odzieży i bielizny** (głównie nylonowej). Ładunki mogą powstawać także w wyniku **chodzenia po izolacyjnej wykładzinie podłogowej**. Podobnie elektryzuje się tapeta odwijana z rolki. Zjawisko może wystąpić także podczas **przelewania nieprzewodzących cieczy** (np. benzyny), gdy używamy naczyń z tworzyw sztucznych.

Zjawisko powstawania ładunków elektrostatycznych pokazane jest na rys.1.

3.4. ZAGROŻENIA ELEKTROSTATYCZNE (2)



Rys.6. Powstawanie ładunków elektrostatycznych: a) faza pierwsza – zetknięcie i ewentualne potarcie wzajemne dwu ciał 1 i 2; b) po rozsunięciu tych ciał ładunki (różnoimienne) utrzymują się, powstaje różnica potencjałów (napięcie U); c) pomiędzy dwoma ciałami może powstać wyładowanie iskrowe

3.4. ZAGROŻENIA ELEKTROSTATYCZNE (3)

Źródłami powstawania ładunków ogólnie mogą być czynności i procesy technologiczne, w których występuje przesunięcie ładunków elektrycznych w warstwie powierzchniowej materiałów, a przede wszystkim:

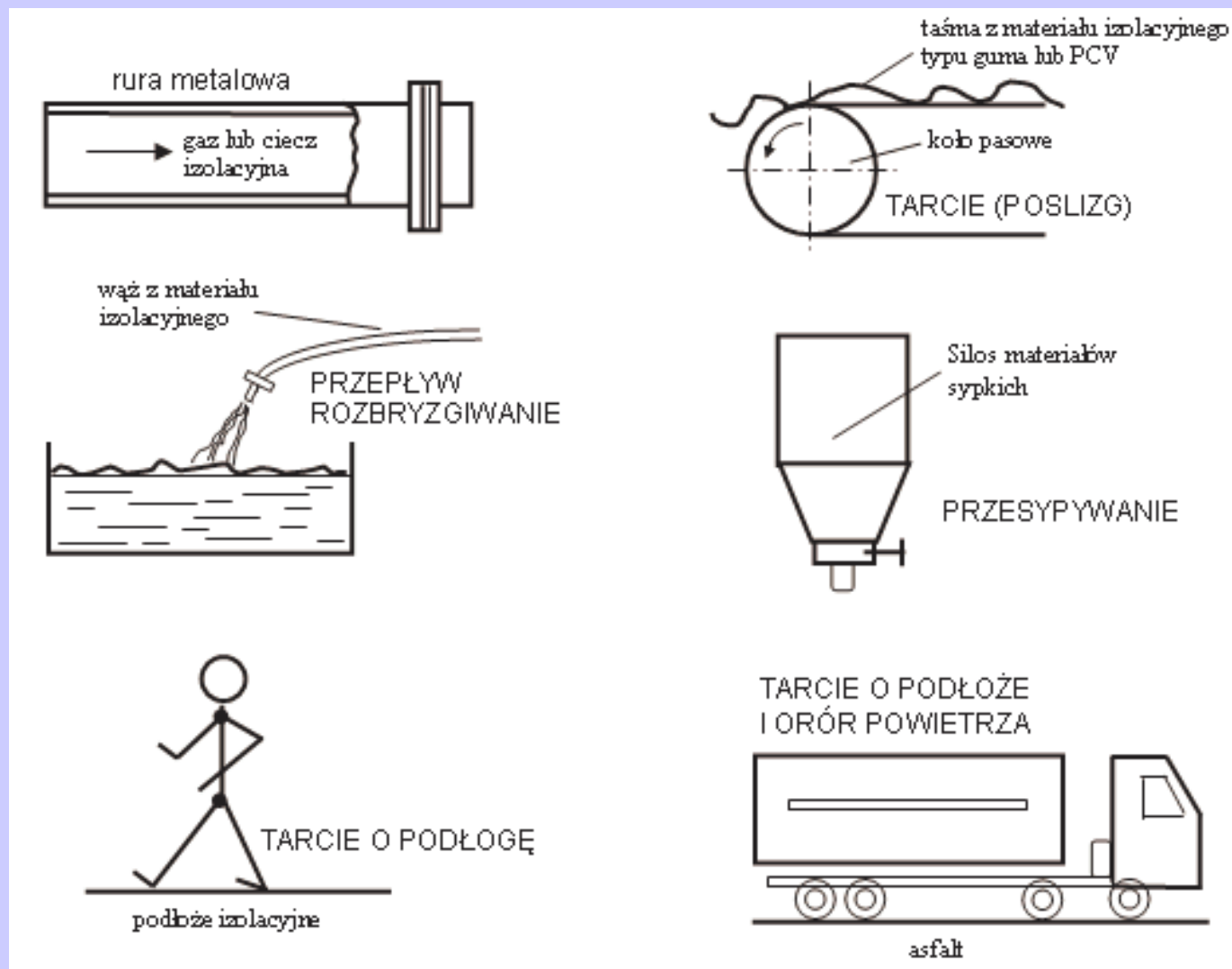
- tarcie, kruszenie, przesuwanie, mieszanie i rozrywanie materiałów stałych,
- przepływ, rozlewanie i mieszanie płynów,
- przepływ, mieszanie, rozpylanie gazów, mgieł i pyłu,
- przesuwanie mechaniczne ludzi i części maszyn.

Na rysunku 2 pokazano schematycznie przykłady takich procesów.

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.4. ZAGROŻENIA ELEKTROSTATYCZNE (4)

71



Rys.7. Przykłady procesów elektryzowania się ciał

3.4. ZAGROŻENIA ELEKTROSTATYCZNE (5)



Rys.8. Powstawanie ładunków podczas chodzenia po wykładzinie izolacyjnej

Rys.9. Przy rozwijaniu rolki tapety także powstają ładunki elektrostatyczne

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

73

3.4. ZAGROŻENIA ELEKTROSTATYCZNE (6)

Przykłady skłonności różnych materiałów do elektryzacji pokazano w tabeli 9.

Tabela 9. Przykłady elektryzacji materiałów

Material	Znak ładunku	Stopień elektryzacji	Material	Znak ładunku	Stopień elektryzacji
Poliamidy Jedwab naturalny Wełna	+	elektryzują się silnie	Bawełna Drewno Len wiskoza	+	elektryzują się słabo
Chlorin Polichlorek winylu Propylen	-		Skóra Poliakrylonitryl Poliester Poliuretan	-	

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

74

3.4. ZAGROŻENIA ELEKTROSTATYCZNE (7)

*Tabela 10. Rezystywność przykładowych materiałów(w stanie suchym),
występujących w budynkach mieszkalnych i gospodarczych*

Material	Rezystywność [Ω ·m]	Material	Rezystywność [Ω ·m]
Asfalt	$10^{10} \div 10^{12}$	Linoleum	$10^6 \div 10^{10}$
Beton	$10^5 \div 10^6$	Marmur	$10^6 \div 10^9$
Drewno	$10^5 \div 10^{14}$	Płytki PCW	$10^7 \div 10^9$
Guma elektroprzewodząca	10^3	Płytki ceramiczne	10^5
Guma zwykła	$10^{12} \div 10^{15}$	Terrakota	$10^5 \div 10^7$
Klinkier	10^7	Terrakota elektroprzewodząca	10^3
Ksylolit (skałodrzew)	$10^5 \div 10^6$	Wykładzina PCW	$10^6 \div 10^{10}$
Lakiery poliestroepoksydowe	10^{12}	Wykładzina podłogowa	$10^{10} \div 10^{14}$
Lastrico	$10^4 \div 10^5$		

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.4. ZAGROŻENIA ELEKTROSTATYCZNE (8)

75

Tabela 11. Stałe czasowe przykładowych materiałów

Material	Stałe czasowe, s
Bawełna	3,6 ÷ 3,8
Celofan	0,30
Nylon	936 ÷ 720
Orlon	5340 ÷ 5670
Wełna	2,5 ÷ 1,55
Wykładzina podłogowa	30,0 ÷ 0,30

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.4. ZAGROŻENIA ELEKTROSTATYCZNE (9)

76

OCHRONA PRZED ELEKTRYCZNOŚCIĄ STATYCZNĄ

- 1) **Zapobieganie elektryzacji, tj. stosowanie środków uniemożliwiających lub ograniczających powstawanie i gromadzenie się ładunków,**
 - odpowiedni dobór elementów konstrukcyjnych (zwiększenie przewodności),
 - modyfikacje fizyko-chemiczna materiałów,
 - ustalenie stosowanych parametrów technologicznych.
- 2) **Usuwanie ładunku elektrostatycznego tj. stosowanie środków powodujących neutralizację lub odprowadzenie ładunku,**
 - stosowanie różnorodnych materiałów,
 - zwiększenie przewodności elektrycznej otaczającego środowiska,
 - stosowanie uziemień zmniejszających opór upływu
- 3) **Zapobieganie skutkom elektryzacji tj. stosowanie środków zmniejszających zagrożenie, gdy niemożliwa jest skuteczna ochrona antyelektrostatyczna**
 - zabezpieczenia przeciwpożarowe,
 - zabezpieczenia przeciwwybuchowe

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.4. ZAGROŻENIA ELEKTROSTATYCZNE (10)

77

Na wybór wariantu ochrony wpływa:

- analiza warunków występowania elektryczności statycznej,
- analiza możliwych zagrożeń,
- przeprowadzenie badań i pomiarów laboratoryjnych oraz
- przegląd i analiza podstawowych metod i środków ochrony

Zwykle należy stosować kilka środków zaradczych.

- Przemysł chemiczny produkuje :** - preparaty antyelektrostatyczne
płyny do płukania tkanin
środki do pielęgnacji nadwozi
- elektroprzewodzące (antystatyczne)
wykładziny PCW
 - wykładziny podłogowe z gumy
przewodzącej
 - posadzki przewodzące na bazie żywic
epoksydowych i poliestrowych,
 - wyroby z gumy przewodzącej dla
szpitali i dystrybucji paliw płynnych,
 - antystatyzowany polipropylen

3.4. ZAGROŻENIA ELEKTROSTATYCZNE (12)

Ponadto produkuje się:

- obuwie antyelektrostatyczne (trzewiki, półbuty, sandały,
- ubranie antyelektrostatyczne,
- rękawice elektrostatyczne,
- neutralizatory ładunku elektrostatycznego,
- dmuchawy zjonizowanego powietrza,
- aparaturę pomiarową.

3.5. ZAGROŻENIA POCHODZENIA BURZOWEGO(1)

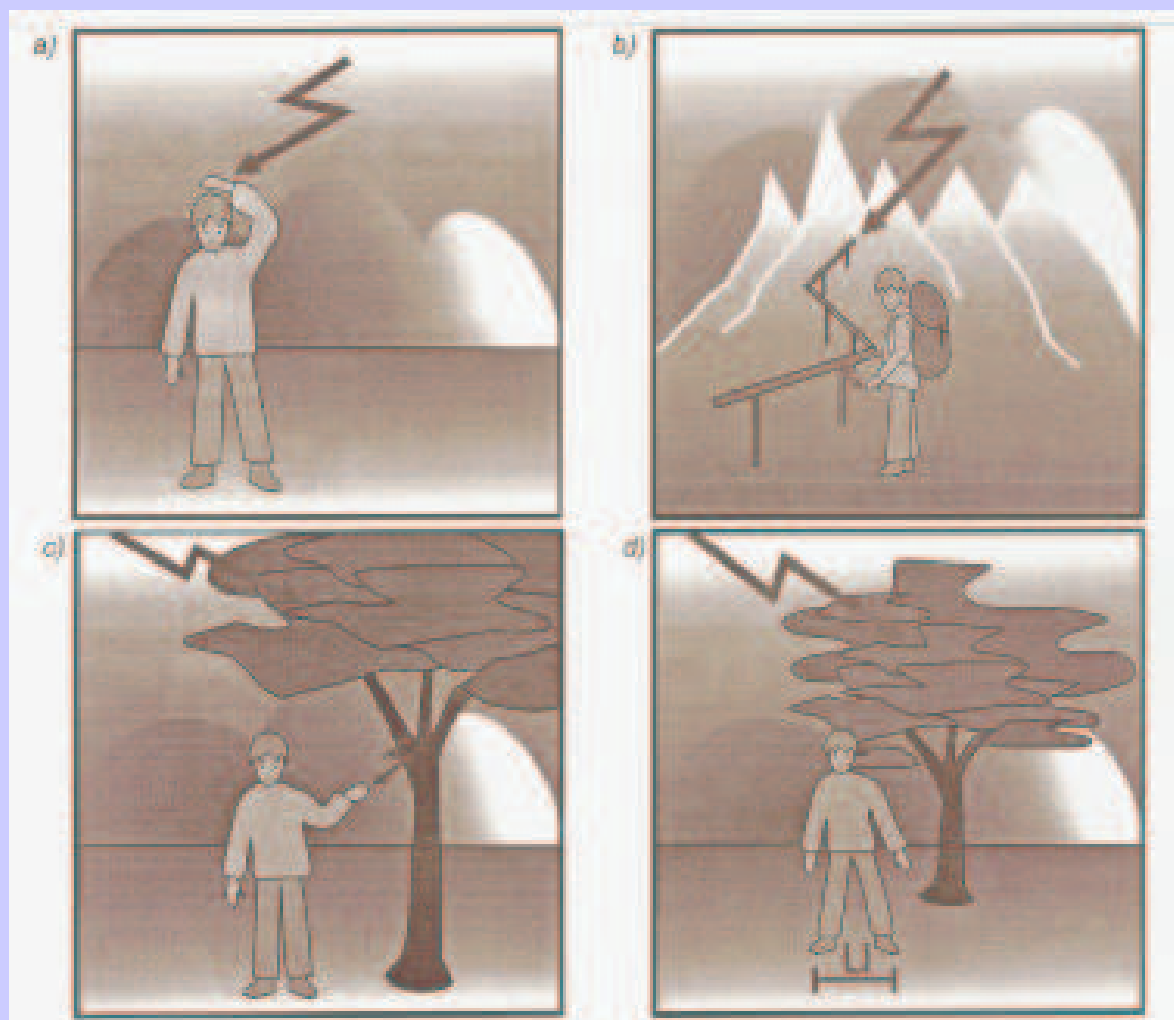
Wyładowania atmosferyczne stwarzają zagrożenie związane z:

- trafieniem bezpośrednim,
- sprzężeniem indukcyjnym (napięcia indukowane),
- uderzeniem w obiekt budowlany,
- przeskokami iskrowymi,
- napięciem krokowym.

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.5. ZAGROŻENIA POCHODZENIA BURZOWEGO(2)

81



Rys. 10. Zagrożenia występujące podczas burzy

a) bezpośrednie wyładowanie, b), c) przeskoki iskrowe, d) napięcia krokowe

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.5. ZAGROŻENIA POCHODZENIA BURZOWEGO(3)

82

rok	Liczba pożarów od wyładowań atmosferycznych	
	ogółem	w tym w rolnictwie
1987	562 (1,78%)	518 (92,0%)
1988	740 (2,34%)	642 (86,8%)
1989	582 (1,75%)	500 (85,9%)
1990	794 (1,48%)	689 (86,8%)
1991	575 (0,97%)	494 (85,9%)
1995	1026 (1,06%)	Brak danych

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.5. ZAGROŻENIA POCHODZENIA BURZOWEGO(4)

83

Tabela 12. Liczba pożarów w budynkach ogółem oraz spowodowanych wadami lub nieprawidłową eksploatacją instalacji i urządzeń elektrycznych w Polsce w latach 2000-2005

Rok	Liczba pożarów w budynkach ogółem	Liczba pożarów w budynkach spowodowanych wadami lub nieprawidłową eksploatacją instalacji i urządzeń elektrycznych	Procent ogółu pożarów w budynkach spowodowanych wadami lub nieprawidłową eksploatacją instalacji i urządzeń elektrycznych %
2000	36993	5248	14,2
2001	36159	4690	13,0
2002	36649	4763	13,0
2003	40175	4615	11,5
2004	39177	4860	12,4
2005	45658	5387	11,8

3.5. ZAGROŻENIA POCHODZENIA BURZOWEGO(5)

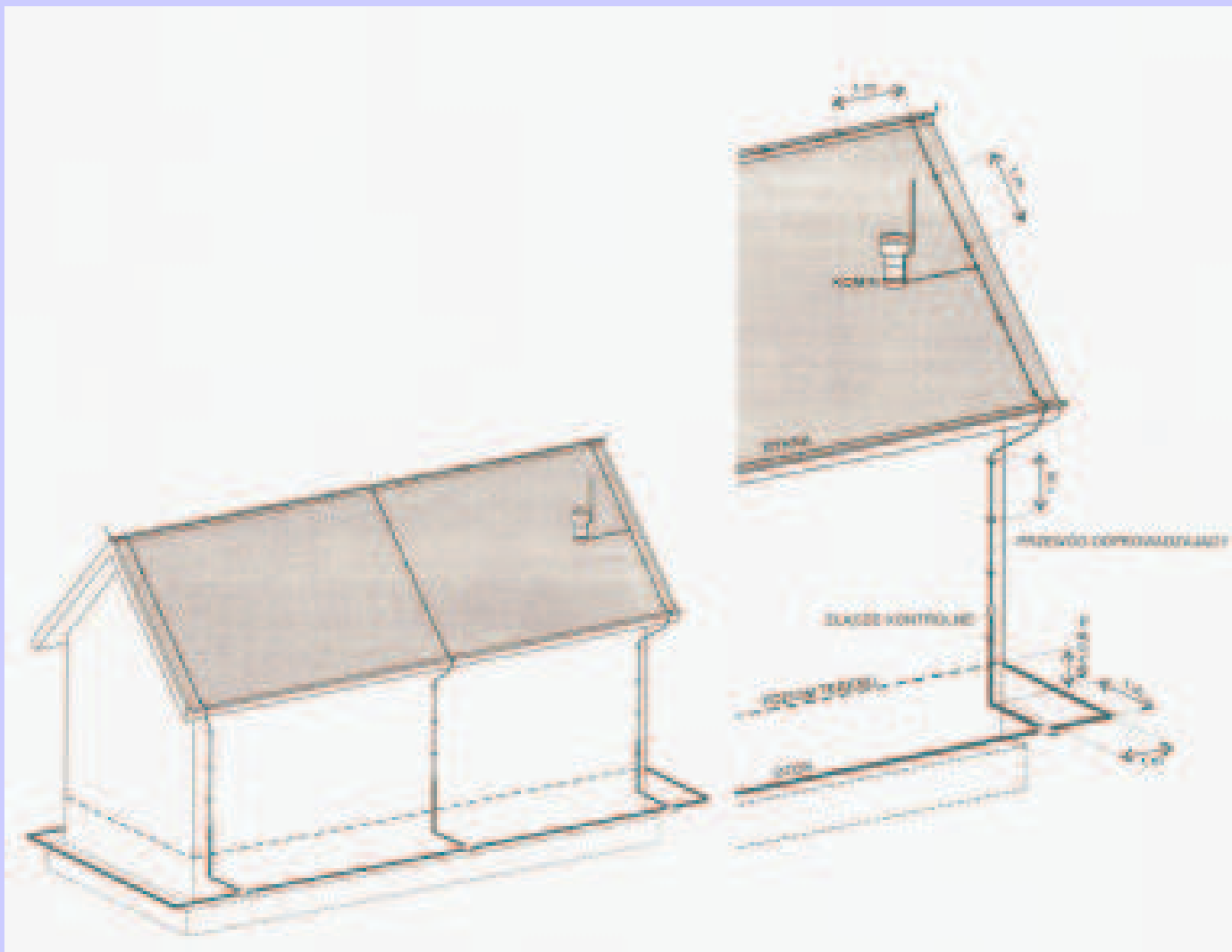
Sposoby ochrony:

- przewody odgromowe w linach napowietrznych WN,
- zwody poziome i pionowe,
- koordynacja instalacji,
- aparaty ochrony przepięciowej (iskierniki, odgromniki wydmuchowe i zaworowe, ograniczniki przepięć),
- ochrona przeciwprzepięciowa w instalacjach.

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.5. ZAGROŻENIA POCHODZENIA BURZOWEGO(6)

85



Rys. 11. Przykład urządzenia piorunochronnego na typowym obiekcie budowlanym

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.5. ZAGROŻENIA POCHODZENIA BURZOWEGO(7)

86

Tabela. 13. Przykładowe zagrożenia występujące podczas burzy i sposoby ochrony

Zachowań, których należy unikać	Sposoby ochrony
W czasie burzy nie należy: – przebywać w odkrytym terenie, na którym jesteśmy najwyższym "obiektem", – chodzić po górach, – przebywać pod drzewami lub w zagajnikach, – szukać schronienia w namiotach, szałasach lub innych niewielkich obiektach, szczególnie jeśli są one w zagajnikach lub pod drzewami, – trzymać w rękach długich przewodzących, przedmiotów (np. parasole, wędki, kije golfowe), – dotykać lub stać w bliskim sąsiedztwie przewodów odprowadzających instalacji piorunochronnej, – łowić ryb (z pomostów, z brzegu lub z łodzi), – bawić się przedmiotami unoszącymi się w powietrzu (latawce, modele na uwięzi),	Podstawowe zalecenia poprawnego postępowania w czasie burzy. – Przerwij wykonywanie czynności przedstawionych w lewej kolumnie tablicy. – Przebywaj w obiektach budowlanych, samochodach, autobusach, tramwajach. – Pozostań w strefie osłonowej tworzonej przez obiekty budowlane. – Jeśli burza dopiero się zbliża szukaj schronienia przy wysokim obiekcie (w strefie osłonowej tworzonej przez obiekt). – Jeśli w pobliżu nie ma wysokiego obiektu, tworzącego bezpieczną strefę osłonową, przykucnij łącząc stopy razem (starać się nie być najwyższym obiektem w danym terenie). – Unikaj schronienia w namiotach, szałasach lub innych niewielkich obiektach. – Nie szukaj schronienia w zagajnikach lub pod pojedynczymi drzewami.

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.5. ZAGROŻENIA POCHODZENIA BURZOWEGO(8)

87

Tabela. 13. Przykładowe zagrożenia występujące podczas burzy i sposoby ochrony

Zachowań, których należy unikać	Sposoby ochrony
W czasie burzy nie należy: – jeździć na rowerze lub konno, – pływać w otwartych zbiornikach wodnych, żeglować lub grać w golfa, – unikać szybkiej jazdy samochodem, – prowadzić zbędnych rozmów telefonicznych z aparatów stacjonarnych, – w obiektach budowlanych przebywać w bliskim sąsiedztwie instalacji elektrycznych lub telekomunikacyjnych.	Podstawowe zalecenia poprawnego postępowania w czasie burzy. – Jeśli znajdujesz się w bliskim sąsiedztwie wyższego obiektu, np. drzewa, to zachowaj od niego odległości uniemożliwiające wystąpienie przeskoków iskrowych (sugerowane odległości od ok. 3.m do 5.m). – Odlóż i nie trzymaj długich metalowych lub przewodzących przedmiotów (np. parasole, wędki, kije golfowe). – Jeśli prowadzisz samochód zwolnij lub nawet zatrzymaj się z dala od drzew i pozostań w samochodzie. – Siedząc w samochodzie nie dotykaj odległych części metalowych (najlepiej położyć ręce na kolanach i przeczekać burzę). – Jeśli znajdujesz się na łodzi, przytyń do brzegu, zacumuj łódź i opuść ją. – Przerwij jazdę na rowerze, jazdę konną lub przejażdżkę w kabrioletcie.

Oświetlenie stanowi jeden z podstawowych składników środowiska pracy, mający znaczny wpływ na bezpieczeństwo i higienę pracy, jej wydajność i jakość. Stanowi on o zdrowiu, a niekiedy o życiu człowieka.

Bezpośrednią przyczyną około 20% wypadków przy pracy w przemyśle są złe warunki oświetleniowe. Nieodpowiednie oświetlenie miejsca pracy (za niskie natężenie oświetlenia, niewłaściwy rozkład luminacji w polu widzenia, olśnienie, tętnienie strumienia świetlnego) powoduje: przekrwienie spojówek, dwojenie się obrazu, łzawienie, nieostre widzenie szczegółu, bóle głowy, zmęczenie wzroku połączone z uczuciem pieczenia, zapalenie spojówek, powoduje przedwczesne zmęczenie fizyczne.

3.6. Oświetlenie pomieszczeń i stanowisk pracy(2)

Skutki przebywania i pracy w warunkach niedoświetlenia:

- a) spadek sprawności widzenia, wynikający z nieoptymalnej przy niedostatecznym oświetleniu ostrości widzenia, zdolności odczucia barw, akomodacji i szybkości spostrzegania,
- b) zmęczenie oczu objawiające się m.in. spadkiem zdolności akomodacji oraz subiektywnymi dolegliwościami tj. ból głowy, pieczenie oczu, itp.,
- c) wady refrakcji lub choroby oczu (wśród wad refrakcji głównie powstawanie krótkowzroczności, wśród chorób oczu - np. oczopląs górników, przewlekłe zapalenie spojówek),
- d) pojawianie się zniekształceń układu kostnego i mięśniowego, wskutek napięcia mięśni szkieletowych jako reakcji na stres lub wskutek przyjmowania wadliwej postawy,

3.6. Oświetlenie pomieszczeń i stanowisk pracy(3)

- e) zmęczenie psychiczne, spowodowane niepewnością sytuacji w otoczeniu, uczuciem zagrożenia lub też koniecznością wzmożonej koncentracji na pracy wzrokowej,
- f) obniżenie wydajności pracy (dłuższy czas pracy, większa ilość błędów),
- g) zniechęcenie dzieci i młodzieży do nauki, wynikające z dyskomfortu widzenia,
- h) rezygnacja ludzi starszych z aktywności w życiu codziennym, wynikająca np. z obawy przed przemieszczaniem się,
- i) wypadek, do którego dochodzi wskutek niedostrzeżenia sygnału ostrzegawczego, przeszkody lub innej sytuacji zagrażającej bezpieczeństwu.

3.6. Oświetlenie pomieszczeń i stanowisk pracy(4)

Wymagania dotyczące oświetlenia elektrycznego wewnątrz, określała norma

PN-84/E-02033, która wprowadzała **4-ry podstawowe kryteria oświetlenia:**

- 1) stałość natężenia oświetlenia,
- 2) dostatecznej luminacji,
- 3) właściwego rozkładu luminacji,
- 4) unikanie olśnień.

W normie podano wymagane minimalne średnie natężenia oświetlenia na płaszczyźnie roboczej dla różnego typu prac. Podane w normie natężenia oświetlenia są dobrane odpowiednio do stopnia trudności pracy wzrokowej: im praca wzrokowa jest trudniejsza, tym wymagane dla niej natężenia oświetlenia jest wyższe. Norma zaleca, aby szczegół pracy wzrokowej miał największą luminację, ale nie większą niż trzykrotna luminacja tła.

3.6. Oświetlenie pomieszczeń i stanowisk pracy(5)

Zmiany natężenia oświetlenia w czasie, przyspieszają zmęczenie wzroku i pogarszają bezpieczeństwo pracy. Na przykład: tętnienie światła może wywołać **efekt stroboskopowy** tj. obserwację pozornych ruchów części wirujących i drgających lub ich pozorny bezruch. Norma zaleca ograniczenie tętnienia światła w czasie przez zasilanie sąsiednich opraw z różnych faz sieci 3-fazowej i używanie opraw 3-fazowych lub z układami antystroboskopowymi. Norma wymaga również odpowiednie **równomierności oświetlenia** na płaszczyźnie roboczej – 0,65. Mało równomierne oświetlenie pogarsza warunki pracy wzrokowej – są strefy o za niskim oświetleniu.

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

93

3.6. Oświetlenie pomieszczeń i stanowisk pracy(6)

Norma oświetleniowa rozróżnia 5 klas oświetlenia:

- | | | |
|-----------|---------------------------|--|
| - I kl. | – bezpośrednie | $\phi_d > 90\% \phi_c$ |
| - II kl. | – przeważnie bezpośrednie | $60\% \phi_c \leq \phi_d \leq 90\% \phi_c$ |
| - III kl. | – mieszane | $40\% \phi_c \leq \phi_d \leq 60\% \phi_c$ |
| - IV kl. | – przeważnie pośrednie | $10\% \phi_c \leq \phi_d \leq 40\% \phi_c$ |
| - V kl. | – pośrednie | $\phi_d \leq 10\% \phi_c$ |

gdzie: ϕ_c – strumień całkowity oprawy,

ϕ_d – strumień kierowany w dolną półprzestrzeń.

Norma wprowadza też 3 systemy oświetlenia:

- ogólne,
- miejscowe,
- złożone.

Od 2005r. wymagania w zakresie oświetlenia wnętrz wprowadza norma **PN-EN 60124-1**, która jednak dotąd nie jest obowiązująca, a która w szeregu przypadkach stawia ostrzejsze wymagania niż norma **PN/E-02033**.

3.7. Zagrożenia porażeniowe (1)

Przyczynami porażień prądem są:

- nieostrożność,
- lekkomyślność,
- lekceważenie przepisów,
- omyłki,
- brak nadzoru,
- brak konserwacji,
- nieznanomość instrukcji.

3.7. Zagrożenia porażeniowe (2)

Przepływ prądu przez ciało człowieka i związane z tym skutki mogą wystąpić na skutek:

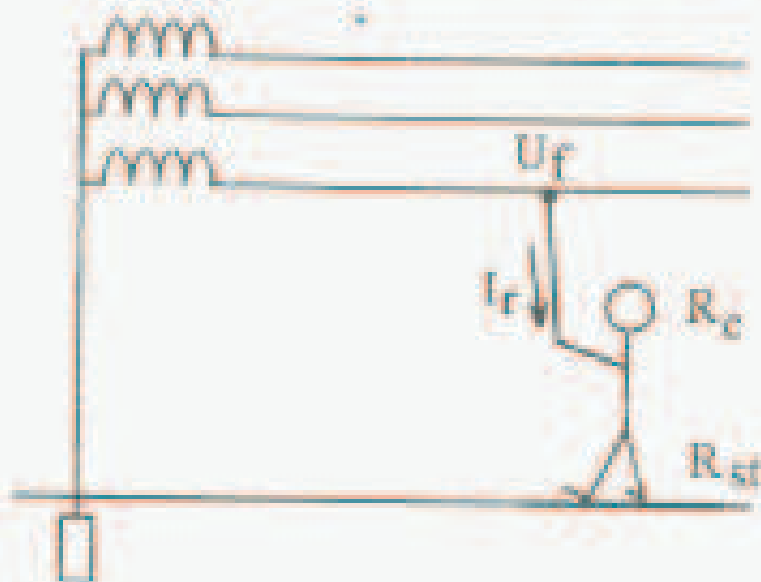
- a) **porażień od napięć roboczych** (obejmujących ok. 60% porażień) – czyli zetknięcia się człowieka z częściami obwodu elektrycznego znajdującymi się normalnie pod napięciem, lub wskutek nadmiernego zbliżenia się do tych części,
- b) **porażień od napięć dotykowych** (obejmujących ok. 40% porażień) – czyli zetknięcia się człowieka z częściami metalowymi nie znajdującymi się normalnie pod napięciem, na których pojawiło się napięcie w wyniku uszkodzenia izolacji roboczej,
- c) **porażień od napięć krokowych** (obejmujących poniżej 1% porażień prądem) – czyli wskutek różnicy potencjałów na powierzchni ziemi w strefie objętej rozplływem prądu w ziemi.

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

96

3.7. Zagrożenia porażeniowe (3)

1) Od U_{rob} (~ 60%) - bezpośr. dotknięcie fazy
lub nadmierne zbliżenie



$$I_r \approx \frac{U_f}{R_c + R_d}$$

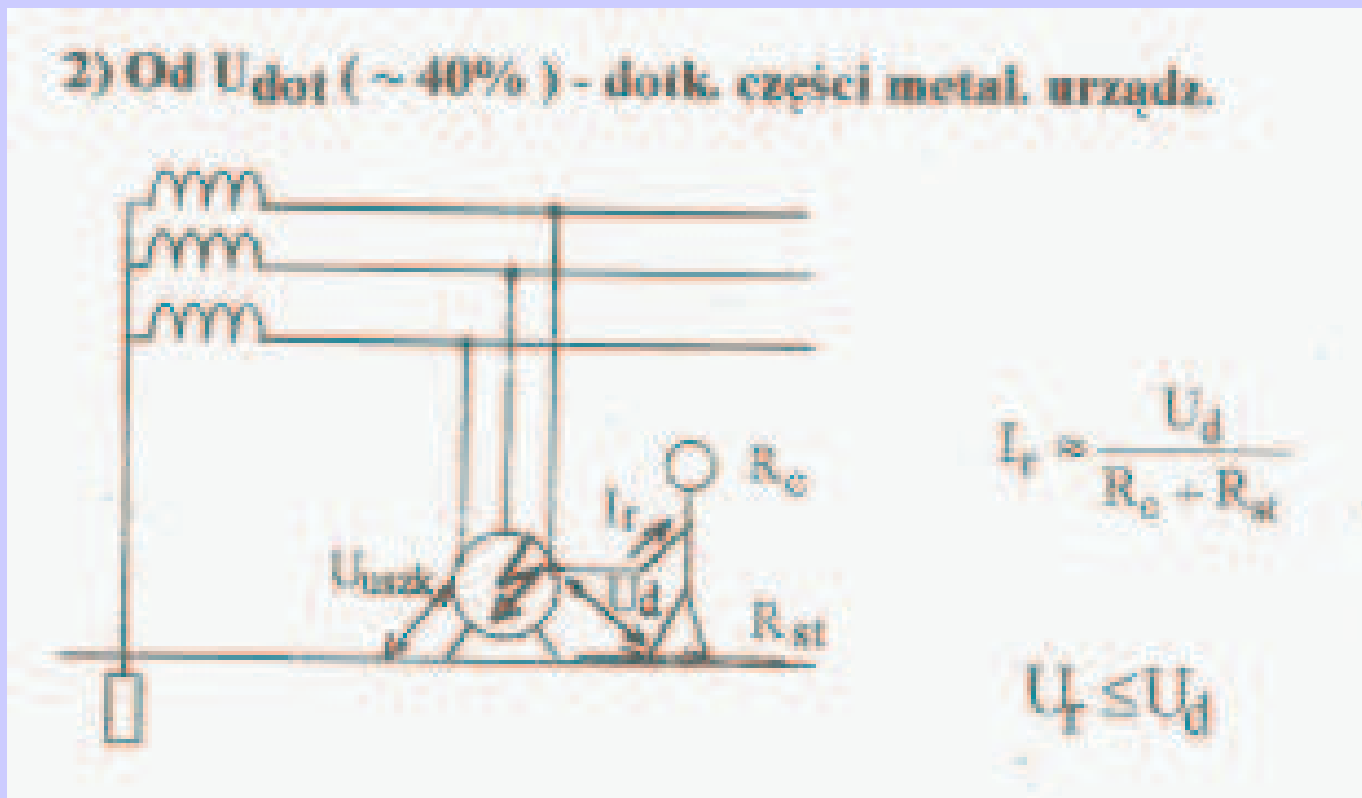
$$U_r \leq U_f$$

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.7. Zagrożenia porażeniowe (4)

97

2) Od U_{dot} (~ 40%) - dotk. części metal. urzadz.

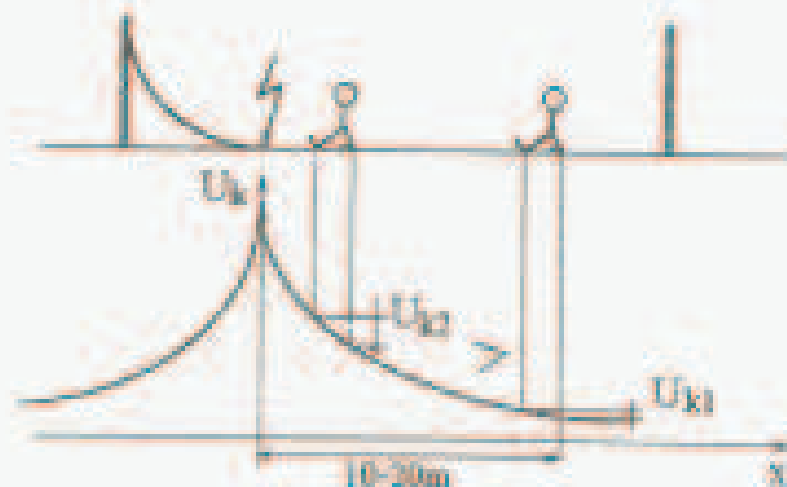


3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.7. Zagrożenia porażeniowe (5)

98

3) $U_{kr} (< 1\%)$



3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

99

3.7. Zagrożenia porażeniowe (6)

Ogółem:

ok. 80% - nn

ok. 20% - WN

W energetyce zawodowej:

ok. 45% - nn

ok. 55% - WN

Udział śmiertelnych porażeń:

– do ok. 5% - nn

– do ok. 20% - WN

Wskaźnik "w" – liczba śmiertelnych wypadków porażeń na 1 mln mieszkańców na rok.

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.7. Zagrożenia porażeniowe (7)

100

Tabela 14. Śmiertelne wypadki spowodowane porażeniem prądem elektrycznym w Polsce w latach 2000-2005.

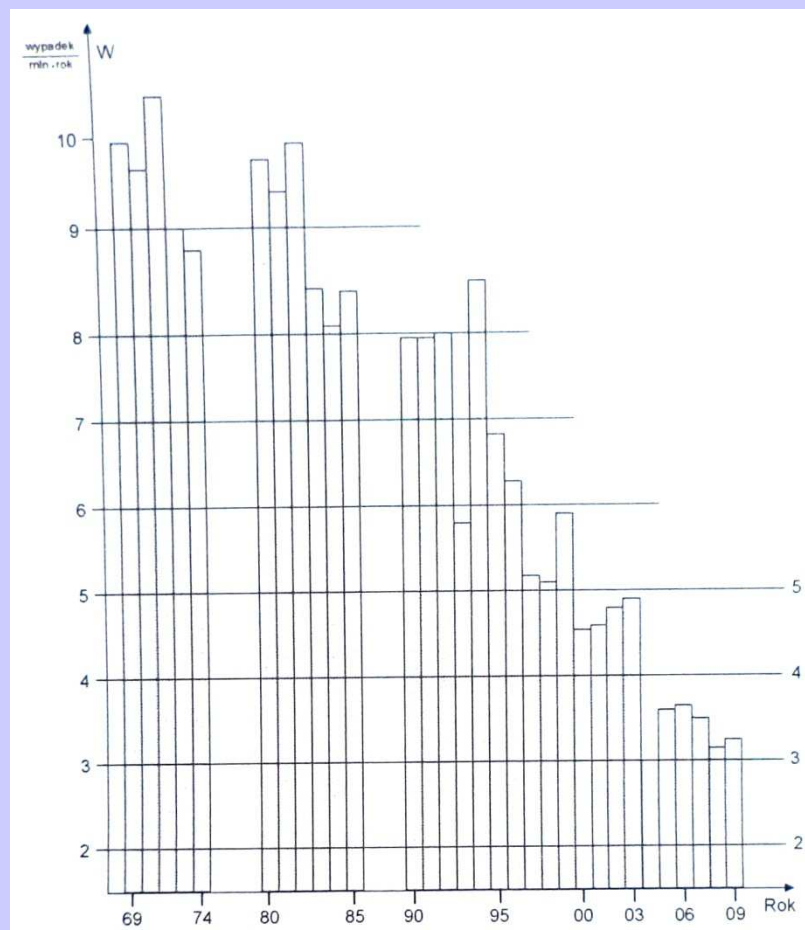
Rok	Liczba wypadków ogółem	Liczba wypadków wśród mężczyzn	Liczba wypadków wśród kobiet	Liczba wypadków w mieście	Liczba wypadków na wsi	k ogółem	k mężczyźni	k kobiety	k miasto	k wieś
2000	176	163	13	85	91	4,6	8,7	0,7	3,6	6,2
2001	178	164	14	86	92	4,6	8,7	0,7	3,6	6,2
2002	186	167	19	87	99	4,9	9,0	1,0	3,7	6,8
2003	188	169	19	78	110	4,9	9,1	1,0	3,3	7,5
2004	116	110	6	58	58	3,0	6,0	0,3	2,5	4,0
2005	136	128	8	46	90	3,6	6,9	0,4	1,96	6,1

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.7. Zagrożenia porażeniowe (8)

101

Rysunek 12. Wskaźnik „W” śmiertelności w wypadkach porażen prądem elektrycznym w Polsce w latach 1969-2009.



3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.7. Zagrożenia porażeniowe (9)

102

Tabela 15. Rozkład wypadków elektrycznych ciężkich i śmiertelnych przy urządzeniach elektroenergetycznych energetyki.

Skutki wypadków	Procentowy udział wypadków na poszczególnych poziomach napięcia, w %								
	do 6 kV	15 kV	20 kV	30 kV	110 kV	220 kV	400 kV	1-30 kV	110-400 kV
śmiertelny	16,3	60,4	7,2	2,0	9,0	4,1	1,0	85,9	14,1
ciężki	17,9	64,0	8,0	1,9	1,4	-	6,8	91,8	8,2

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

103

3.7. Zagrożenia porażeniowe (10)

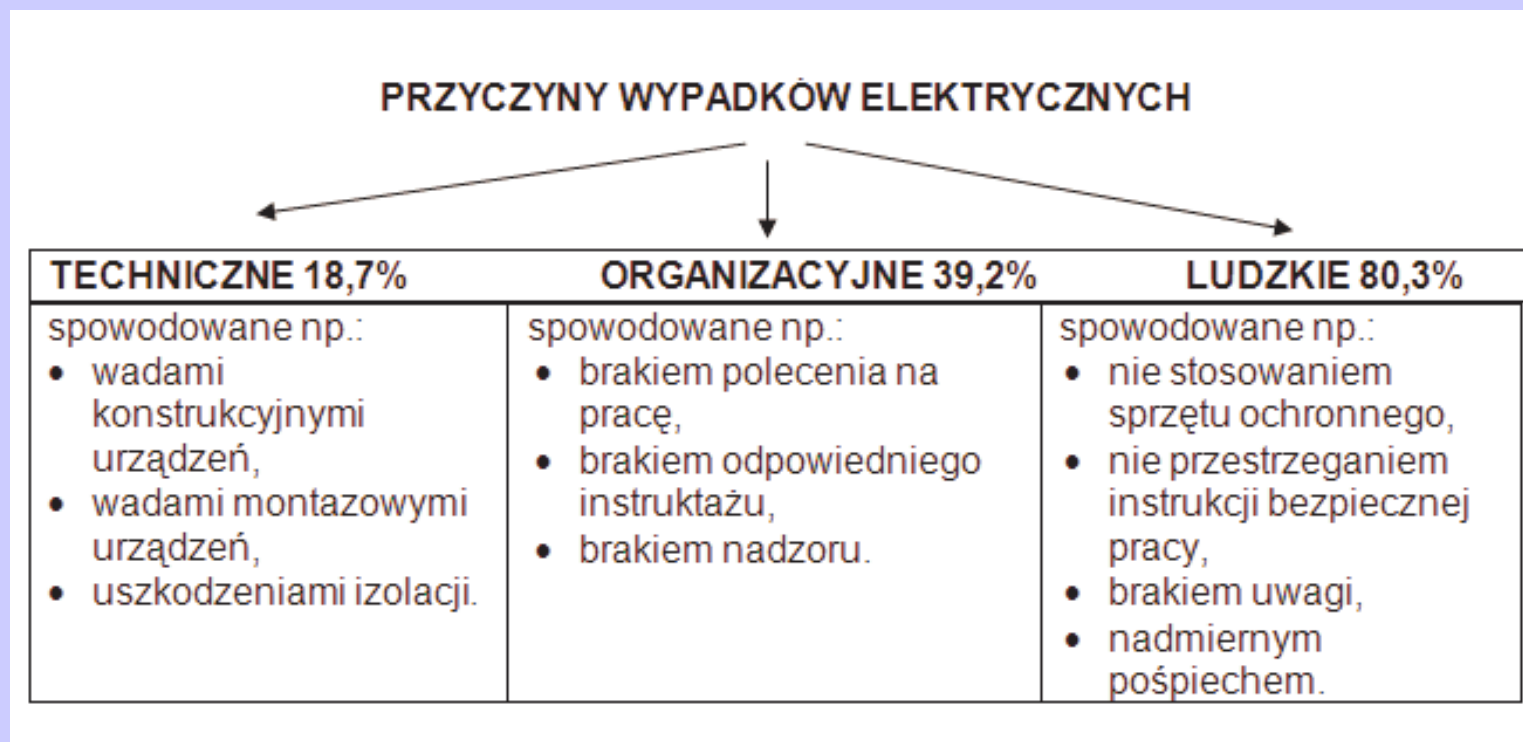
Tabela 16. Procentowy udział przyczyn ludzkich w wypadkach ciężkich i śmiertelnych w energetyce zawodowej.

Przyczyny ludzkie	Procentowy udział przyczyn w wypadkach	
	ciężkich	śmiertelnych
Podjęcie pracy w sposób rażąco niezgodny z regułami bezpiecznej pracy	22,9	41,4
Wykonywanie pracy bez polecenia	22,8	19,8
Nie stosowanie oznaczeń i ogrodzeń miejsca pracy	6,9	9,9
Pominięcie sprawdzenia braku napięcia	13,8	7,9
Pomyłkowe przystąpienie do pracy na urządzeniu innym niż należało	9,3	7,9
Nie użycie sprzętu ochronnego	11,0	6,9
Bezmyślność, lekkomyślność, pośpiech	8,3	6,6

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.7. Zagrożenia porażeniowe (11)

104



3.7. Zagrożenia porażeniowe (12)

Czynniki wpływające na stopień porażenia

Porażeniem nazywamy zmiany i zakłócenia w normalnym funkcjonowaniu organizmu człowieka spowodowane przepływem prądu rażeniowego przez ciało człowieka.

Zmiany te dotyczą:

- zaburzeń w pracy serca,
- zaburzeń w układzie oddychania,
- cieplnego działania prądu,
- szoku i reakcji z nim związanych.

Pośrednie działania prądu:

- oparzenie łukiem,
- uszkodzenie wzroku,
- uszkodzenie narządu słuchu,
- urazy mechaniczne przy upadkach.

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

106

3.7. Zagrożenia porażeniowe (13)

Na stopień porażenia prądem elektrycznym wpływają czynniki: **elektryczne**, **fizjologiczne** i **zewnętrzne** (otoczenia).

W grupie czynników elektrycznych należy wymienić:

- a) rodzaj prądu (stały czy przemienny),
- b) wielkość natężenia prądu,
- c) czas przepływu prądu,
- d) droga przepływu.

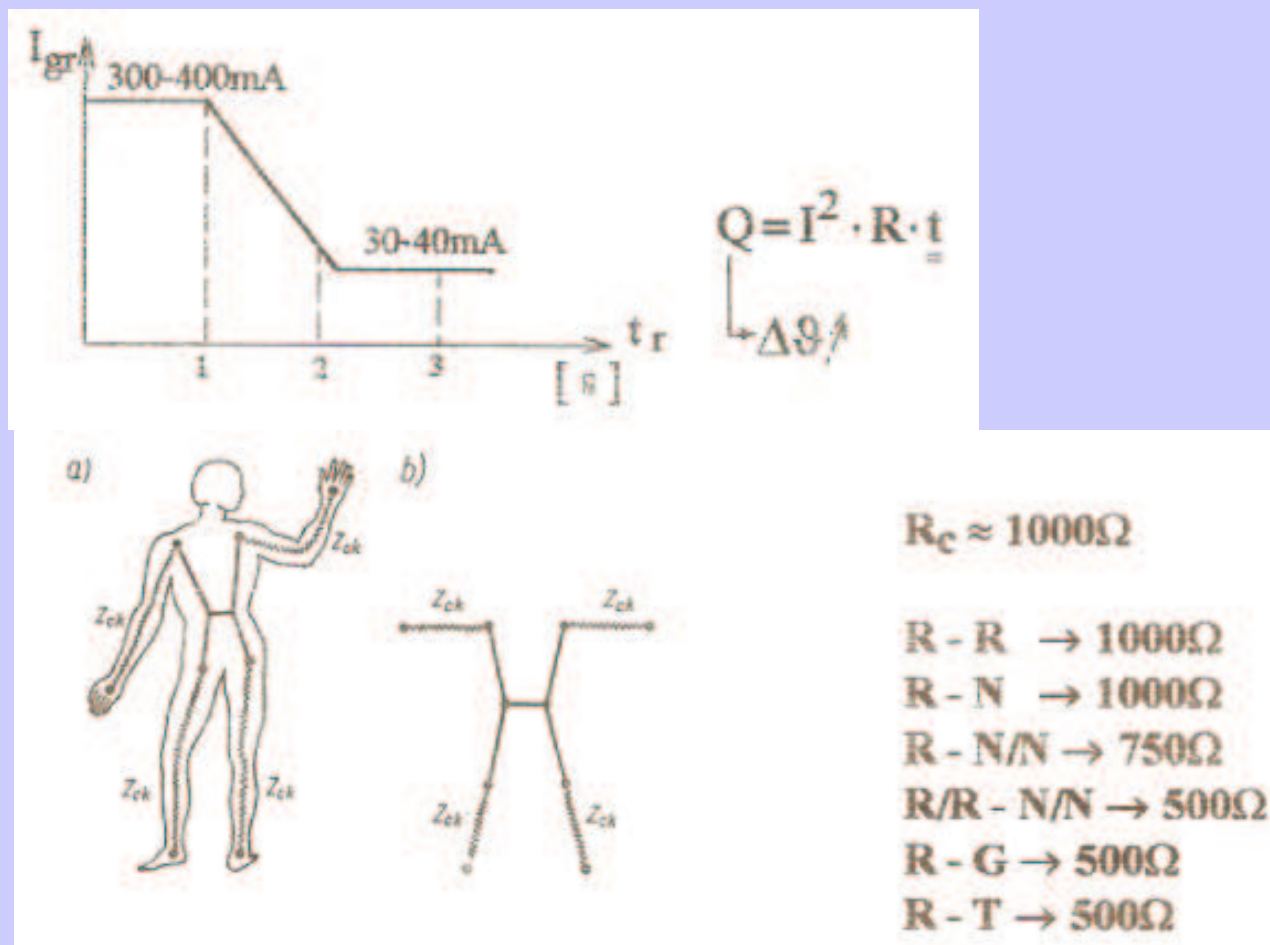
Najważniejsze znaczenie odgrywa natężenie prądu przepływającego przez człowieka, przy czym wyróżnia się trzy charakterystyczne wielkości zwane poziomami bezpieczeństwa:

poziom I-szy :	$I_{po} = 0,5 \div 1 \text{ mA}$	– próg odczuwalności,
poziom II-gi :	$I_s = 10 \div 15 \text{ mA}$	– prąd samouwolnienia
poziom III-ci :	$I_{gr} = 30 \div 400 \text{ mA}$	– prąd graniczny niebezpieczny dla zdrowia i życia, ze względu na prawdopodobieństwo migotania komór serca.

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

107

3.7. Zagrożenia porażeniowe (14)



Rysunek 13. Uproszczony rozkład impedancji w ciele człowieka. Impedancje częściowe Z_{ek} skupione tylko w kończynach górnych i dolnych: a) rozkład impedancji częściowych; b) elektryczny schemat zastępczy.

3.7. Zagrożenia porażeniowe (15)

Do czynników **fizjologicznych** należą:

- a) ukształtowanie rozwoju organizmu,
- b) stan emocjonalno-psychiczny,
- c) stany chorobowe: choroba wieńcowa, astma, gruźlica, padaczka, cukrzyca i alkoholizm.

Do czynników **zewnętrznych** (środowiskowych) zalicza się:

- a) czynniki wpływające na zmniejszenie odporności ciała ludzkiego (wilgotność, wysoka temperatura),
- b) czynniki ułatwiające przepływ prądu do ziemi (stanowiska na gołej ziemi, podłoga przewodząca).

3.7. Zagrożenia porażeniowe (16)

Środki ochrony przeciwporażeniowej

Rozróżnia się dwie grupy środków ochrony:

- 1) organizacyjne,
- 2) techniczne.

W grupie organizacyjnych środków ochrony należy wymienić:

- Systematyczne szkolenie pracowników,
- Uprawnienia kwalifikacyjne dla elektryków,
- Środki propagandy wizualnej,
- Czynności eksploatacyjne: oględziny, przeglądy, remonty, konserwacje,
- Badania odbiorcze i eksploatacyjne (w tym: pomiary izolacji, sprawdzenie skuteczności ochrony przeciwporażeniowej),
- Właściwą organizację prac przy urządzeniach elektrycznych (w tym: polecenia i przygotowanie miejsca pracy),
- Umiejętność udzielania pomocy przedlekarskiej,
- Stosowanie sprzętu ochronnego:
 - w tym: - izolacyjny sprzęt zasadniczy i dodatkowy do 1kV i powyżej 1 kV,
- Zapewnienie właściwego oświetlenia.

3.7. Zagrożenia porażeniowe (17)

Organizacja bezpiecznej pracy

Organizacja prac konserwacyjno-remontowych, elektromontażowych i kontrolno-pomiarowych powinna odpowiadać ogólnym warunkom ustalonym przepisami eksploatacji oraz Rozporządzeniem Min.Gosp. z 17.09.1999r. określającym zasady bezpieczeństwa pracy przy urządzeniach elektrycznych.

W szczególności prace te powinny być wykonane zgodnie z instrukcjami eksploatacji.

Prace przy urządzeniach elektroenergetycznych muszą być wykonane z zachowaniem maksymalnej ostrożności oraz przy przestrzeganiu zasad organizacji pracy i przepisów bhp. **Prace te mogą być wykonane:**

- 1) bez polecenia,
- 2) na polecenie ustne,
- 3) na polecenie pisemne.

3.7. Zagrożenia porażeniowe (18)

Bez polecenia mogą być wykonane:

- a) czynności związane z ratowaniem życia lub mienia,
- b) proste czynności eksploatacyjne (wymiana żarówek lub świetlówek, wymiana bezpiecznika),
- c) stale wykonywane prace określone w instrukcjach stanowiskowych.

Polecenie ustne – może być wydane bezpośrednio, telefonicznie lub drogą radiową,

Polecenia pisemnego – wymagają prace wykonywane w warunkach szczególnego zagrożenia zdrowia i życia ludzkiego, lub prace szczególnie niebezpieczne w warunkach danego zakładu pracy.

3.7. Zagrożenia porażeniowe (19)

Do prac wykonywanych w warunkach szczególnego zagrożenia zalicza się m.in. prace:

- 1) przy urządzeniach pod napięciem,
- 2) w pobliżu urządzeń pod napięciem,
- 3) przy urządzeniach wyłączonych spod napięcia lecz nie uziemionych,
- 4) na urządzeniach częściowo wyłączonych spod napięcia,
- 5) w pomieszczeniach zagrożonych pożarem lub wybuchem ,

Polecenia mogą wydawać osoby dozoru upoważnione przez kierownika zakładu.

Polecenie powinno określać:

- miejsce, zakres i terminy wykonania pracy,
- podstawowe warunki bezpiecznego wykonania,
- liczbę pracowników,
- osoby funkcyjne (koordynujące, dopuszczające, kierownika robót, nadzorującego i brygadzystę),

3.7. Zagrożenia porażeniowe (20)

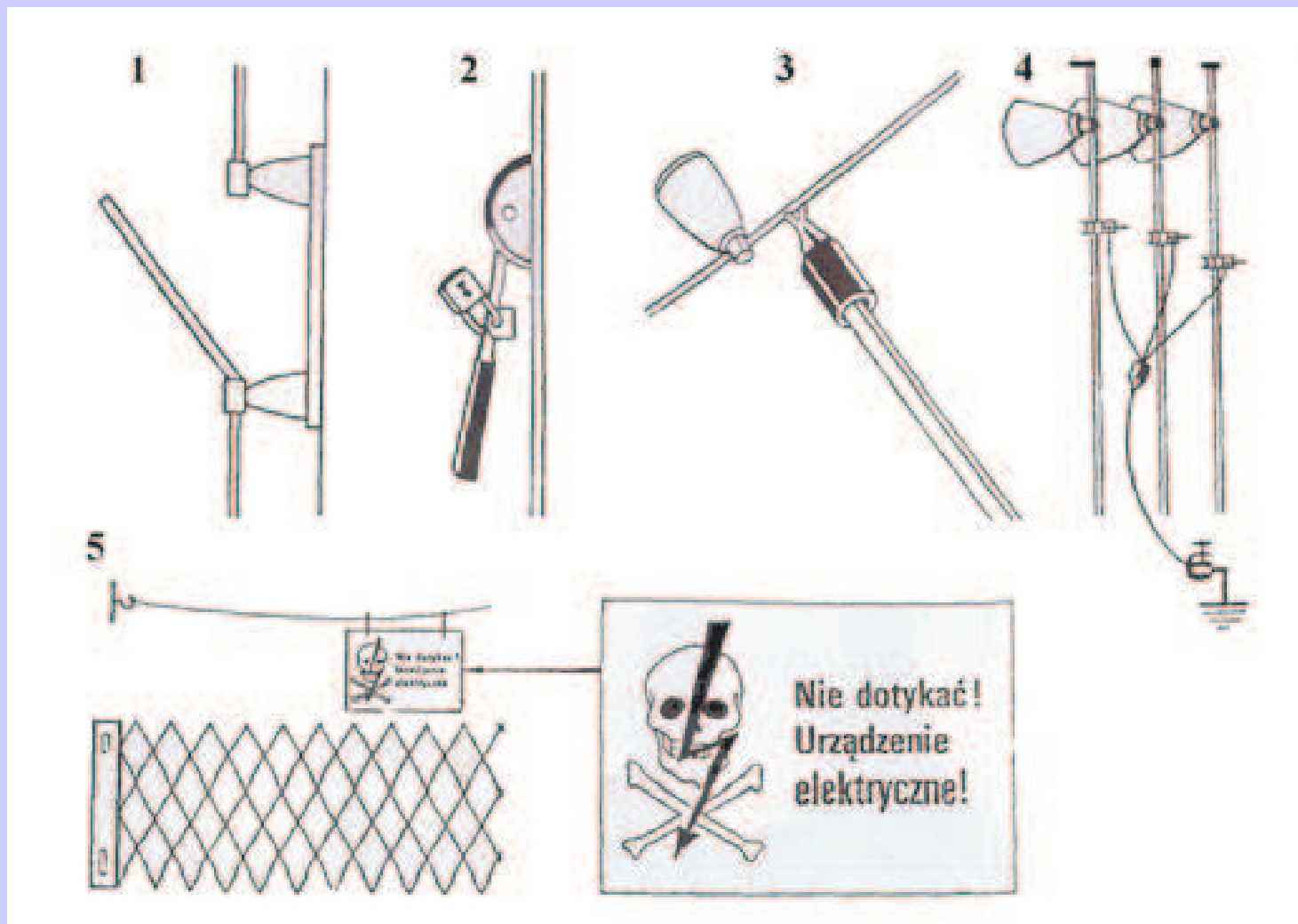
Przygotowanie miejsca pracy, polega na:

- a) wyłączeniu napięcia,
- b) zabezpieczeniu przed ponownym podaniem napięcia (np. przez zablokowanie napędów),
- c) sprawdzeniu braku napięcia (wskaźnikiem napięcia – zasada 3-krotnego sprawdzenia: **czynne – wyłączone – czynne**),
- d) założeniu uziemień (co najmniej 2, w tym jedno widoczne z miejsca pracy),
- e) oznaczeniu miejsca pracy przez wywieszenie tablic i założeniu ogrodzeń.

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

114

3.7. Zagrożenia porażeniowe (21)



Rys.14. Pięć złotych reguł przygotowania miejsca pracy.

3.7. Zagrożenia porażeniowe (22)

Sprzęt ochronny stosowany przy urządzeniach elektrycznych

Sprzętem ochronnym nazywane są wszelkie przenośne przyrządy i urządzenia chroniące osoby pracujące przy urządzeniach elektrycznych lub w pobliżu tych urządzeń przed porażeniem prądem elektrycznym, szkodliwym działaniem łuku lub urazami mechanicznymi. **Sprzęt ochronny dzieli się na 4 grupy:**

- 1) sprzęt izolujący,
- 2) sprzęt chroniący przed pojawieniem się napięcia,
- 3) sprzęt zabezpieczający przed działaniem łuku elektrycznego i obrażeniami mechanicznymi,
- 4) sprzęt pomocniczy.

3.7. Zagrożenia porażeniowe (23)

Sprzęt izolujący - odizolowujący człowieka od urządzeń pod napięciem i od ziemi

dzieli się na:

- a) zasadniczy,
- b) dodatkowy

Podział sprzętu izolującego podano w tabeli 17.

Tabela 17. Podział sprzętu izolującego

Rodzaj sprzętu	do 1kV	powyżej 1kV
Zasadniczy	Drażki i kleszcze izolacyjne, Wskaźniki napięcia, Rękawice dielektryczne, Izolacyjne narzędzia monterskie	Drażki i kleszcze izolacyjne, Wskaźniki napięcia
Dodatkowy	Kalosze izolacyjne, Dywaniki i chodniki gumowe, Pomosty izolacyjne	Rękawice dielektryczne, Półbuty dielektryczne, Dywaniki i chodniki gumowe, Pomosty izolacyjne

3.7. Zagrożenia porażeniowe (24)

Jako sprzęt chroniący przed pojawieniem się napięcia służą urządzenia przenośne do uziemienia i zwierania (uziemiacze przenośne i zarzutki). Jako sprzęt izolacyjny wskazujący obecność napięcia stosowane są wskaźniki napięcia do 750 V, wskaźniki wysokiego napięcia, amperomierze cęgowe oraz uzgadniacze faz.

Do sprzętu zabezpieczającego zalicza się: słupolazy, szelki bezpieczeństwa, okulary ochronne, hełmy z przyłbicą, maski przeciwgazowe, pasy bezpieczeństwa.

Sprzęt pomocniczy stanowią: ogrodzenia, barierki i liny, płyty izolacyjne, siatki ochronne oraz tablice ostrzegawcze. Sprzęt ochronny użytkowany i zapasowy winien być ewidencjonowany. Niezależnie od przeglądów sprzętu, poprzedzających każdorazowe użycie, poszczególne rodzaje sprzętu ochronnego należy poddawać okresowym próbom napięciowym.

3.7. Zagrożenia porażeniowe (25)

Sprzęt ochronny powinien być oznakowany w sposób trwały. Zabrania się użytkowania sprzętu, który nie posiada oznakowania.

Osoby dozoru powinny okresowo sprawdzać stan techniczny, warunki przechowywania i stosowania sprzętu ochronnego i jego ewidencjonowania.

Sprzęt ochronny niesprawny lub taki, który utracił ważność próby okresowej, powinien być **niezwłocznie** wycofany z eksploatacji.

3.7. Zagrożenia porażeniowe (26)

Sprzęt zabezpieczający przed oddziaływaniem łuku elektrycznego

Przyczyny łuku elektrycznego :

- zwarcia i doziemienia,
 - przepiecia atmosferyczne i łączeniowe,
 - przerzwanie obwodu aparatem nieprzystosowanym do tego.
- (błąd człowieka)

Łuk elektryczny charakteryzuje się bardzo wysoką temperaturą.

Skutki łuku elektrycznego:

- poparzenia,
- uszkodzenia ciała,
- uszkodzenie wzroku,
- silna fala ciśnieniowa w trakcie wybuchu,
- przemieszczające się cząsteczki stopionych metali.

3.7. Zagrożenia porażeniowe (27)

Dla ochrony pracowników przed skutkami działania łuku stosuje się :

➤ odzież trudnopalna (np. tkanina INDURA)

- Bawełna 87% (komfort użytkowania)
- Poliamid 12% (zapewnia pochłanianie energii cieplnej)
- Carbon 1%

Spełnia wymagania normy PN-EN 61482-1-2.
Posiada certyfikat Instytutu STFI w Chemnitz.
Chroni przed poparzeniami II°.

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.7. Zagrożenia porażeniowe (28)

121

➤ rękawice elektroizolacyjne ELSEC firmy SECURA

- spełniają wymagania normy CLS/TS 50354:2003,
- chronią przed skutkami łuku elektrycznego.

➤ Hełmy ochronne z osłoną twarzy (hełm SECRA firmy HUBIX)

- przeszły pozytywnie badania w Chemnitz i w CIOP,
- hełm skutecznie chroni głowę,
- osłona twarzy chroni twarz, brodę i szyję,
- badania z użyciem komory probierczej, prąd 4 kA /0,5s, 135 kJ/m².

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

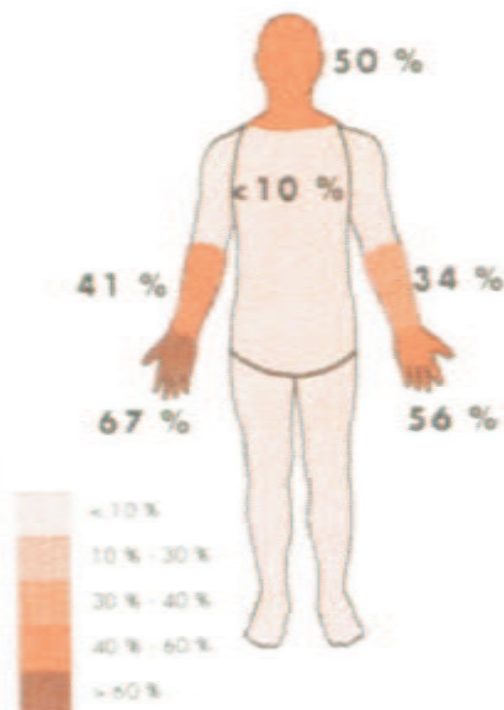
3.7. Zagrożenia porażeniowe (29)

122

1.1 Wyposażenie ochronne do PPN – odzież chroniąca przed skutkami łuku elektrycznego



Rys. 1. Ustawienie manekina do badań naprzeciw komory probierczej



Rys. 2. Narażenia ciała manekina na skutki wystąpienia łuku elektrycznego wg ISSA



Rys. 3. Ubiór nalożony na manekin przygotowany do prób

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.7. Zagrożenia porażeniowe (30)

123

Techniczne sposoby ochrony przeciwporażeniowej

1) Techniczne środki ochrony do 1 kV

Wymagania przepisów

Wymagania odnośnie ochrony przeciwporażeniowej do 1 kV określały lub określają:

- Rozporządzenie MP z 08.10.1990r.
- PN-IEC 60364 (PN/E – 05009), PN-HD 60364: 2009
- N SEP-E-001: 2003

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

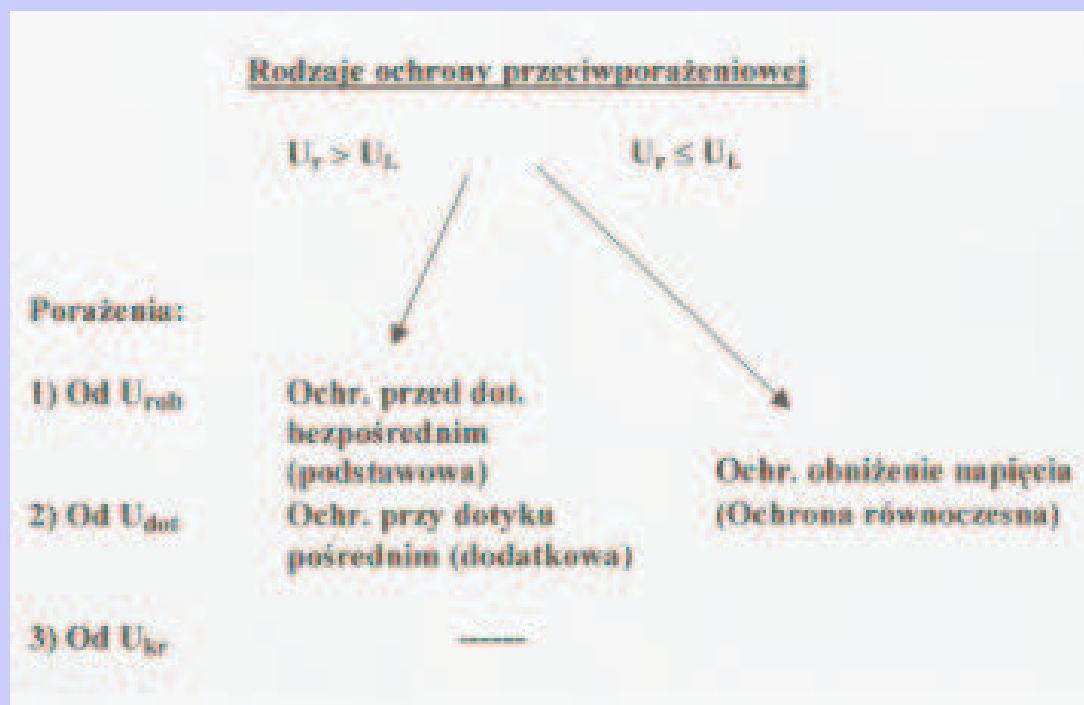
3.7. Zagrożenia porażeniowe (31)

124

Rodzaje ochrony przeciwporażeniowej

Podstawowe znaczenie odgrywają techniczne środki ochrony, do których zaliczamy:

- * ochronę podstawową (przed dotykiem bezpośrednim),
- * ochronę dodatkową (przy uszkodzeniu, przy dotyku pośrednim),
- * ochronę uzupełniającą.



3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.7. Zagrożenia porażeniowe (32)

125

Napięcia bezpieczne U_L :

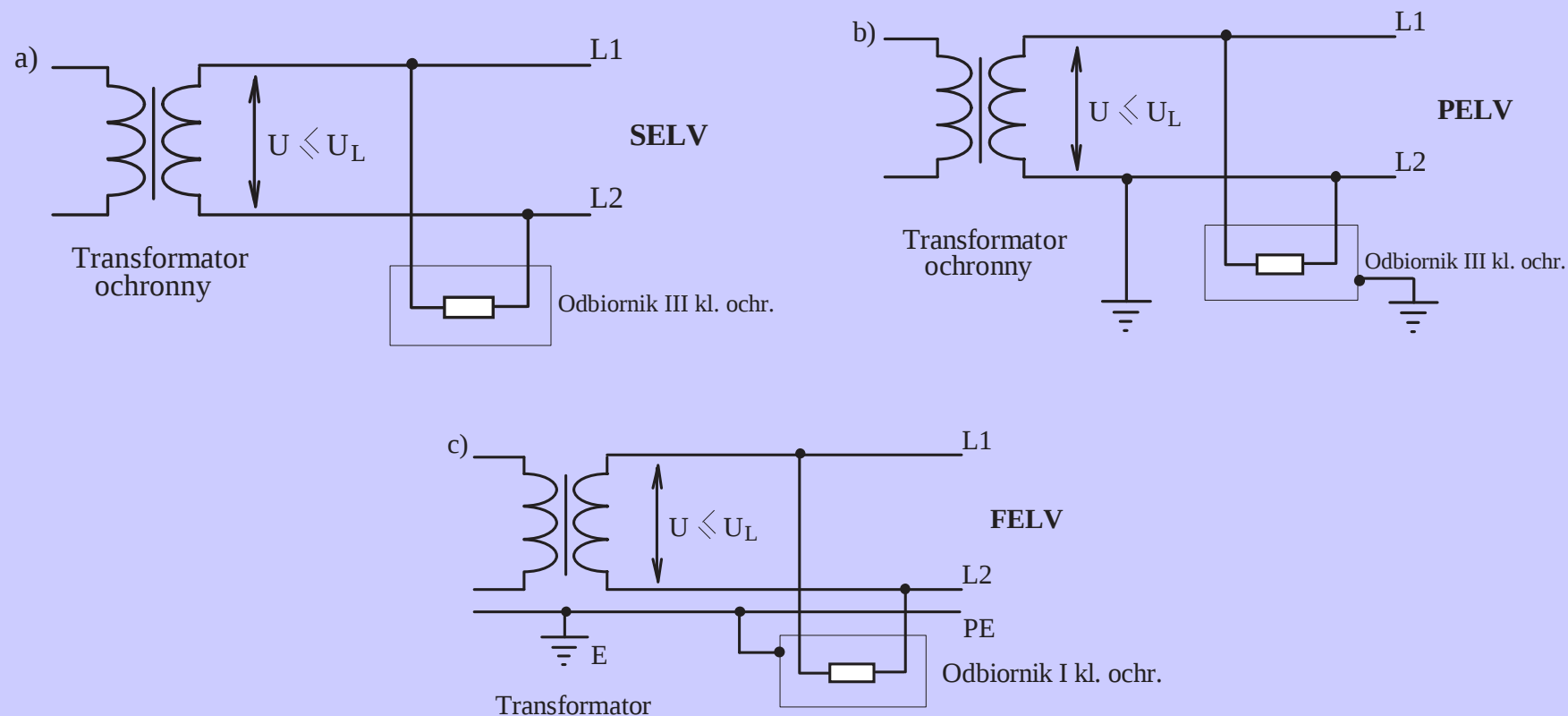
Tabela 18. Wartości napięć bezpiecznych.

Rodzaj prądu	Napięcie bezpieczne U_L (V) w warunkach		
	normalnych	szczególnych	ekstremalnego zagrożenia
Prąd przemienny	≤ 50	≤ 25	≤ 12
Prąd stały	≤ 120	≤ 60	≤ 30

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.7. Zagrożenia porażeniowe (33)

126



Rysunek 15. Układy sieciowe SELV, PELV i FELV

3.7. Zagrożenia porażeniowe (34)

Ochrona podstawowa (przed dotykiem bezpośrednim)

Ochrona podstawowa – ma na celu zapobieżenie porażeniom od napięć roboczych. Jej zadaniem jest niedopuszczenie do zetknięcia człowieka z przewodzącymi elementami obwodów elektrycznych.

Do środków ochrony podstawowej zaliczamy:

Wg Rozp. MP z 08.10.1990r.:

- izolacja robocza,
- osłony i obudowy (min IP2X)
- elementy izol. urządzeń,
- umieszczenie poza zasięgiem ręki,
- zastosowanie przeszkód, ogrodzeń, osiatkowań.
-

Wg PN-IEC 60364-4-41:

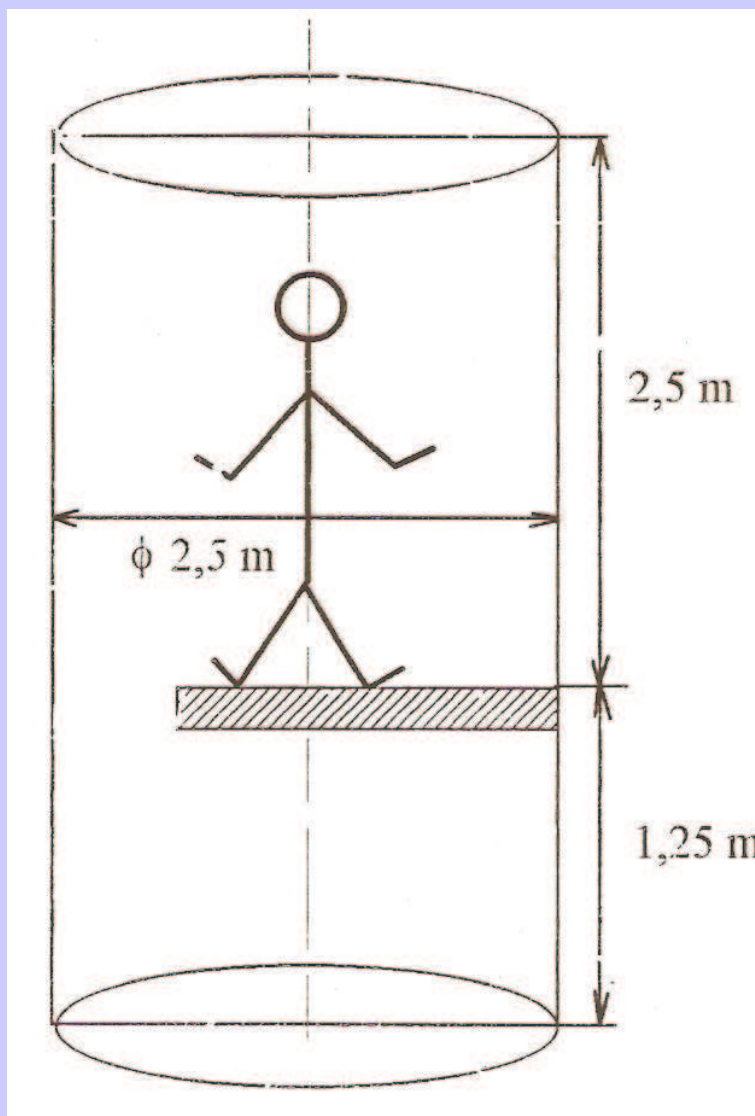
- izolowanie części czynnych,
- przeszkody (przegrody) lub osłony (obudowy) minimum IP2X,
- ogrodzenia (bariery),
- umieszczenie poza zasięgiem ręki,
- wysokoczułe urządzenia ochronne różnicowoprądowe ($I_{\Delta n} \leq 30\text{mA}$), jako uzupełniający środek ochronny.

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.7. Zagrożenia porażeniowe (35)

128

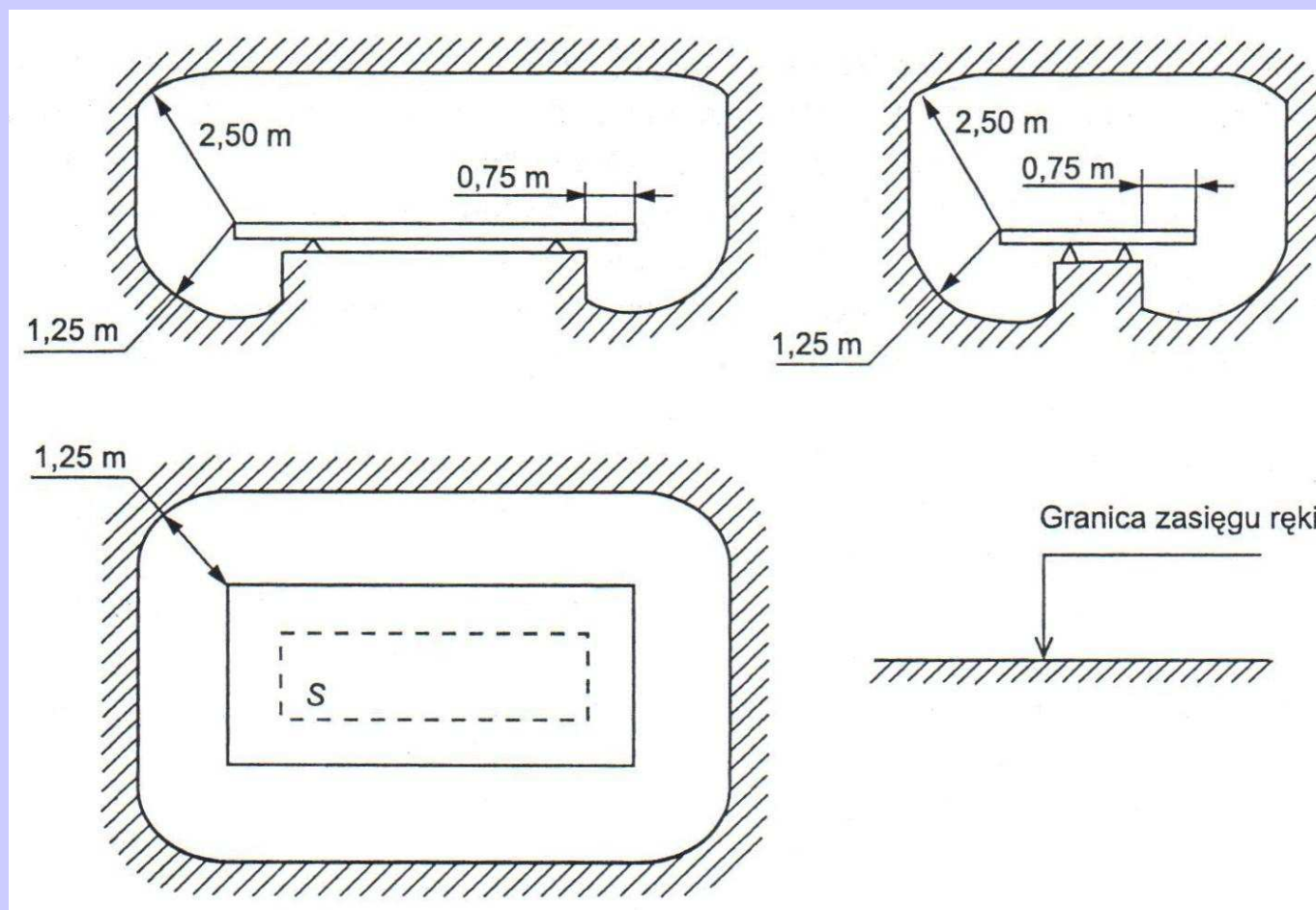
Pojęcie "zasięgu ręki":



3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.7. Zagrożenia porażeniowe (36)

129



Rysunek 16. Definicja zasięgu ręki. S – powierzchnia stanowiska, na którym może przebywać człowiek.

3.7. Zagrożenia porażeniowe (37)

Ochrona dodatkowa (przy uszkodzeniu, przy dotyku pośrednim)

Ochrona dodatkowa (przy dotyku pośrednim) - ma na celu zapobieżenie porażeniom od napięć dotykowych. Zadaniem jej jest niedopuszczenie do wystąpienia i długotrwałego utrzymywania się niebezpiecznego napięcia dotykowego (np. powyżej 50V~ w warunkach normalnych).

Przepisy Rozp.MP z 1990r. rozróżniały 7 środków ochrony dodatkowej:

1. zerowanie,
2. uziemienie ochronne,
3. sieć ochronną,
4. wyłączniki przeciwporażeniowe różnicowoprądowe,
5. izolację ochronną,
6. separacje odbiorników,
7. izolowanie stanowiska.

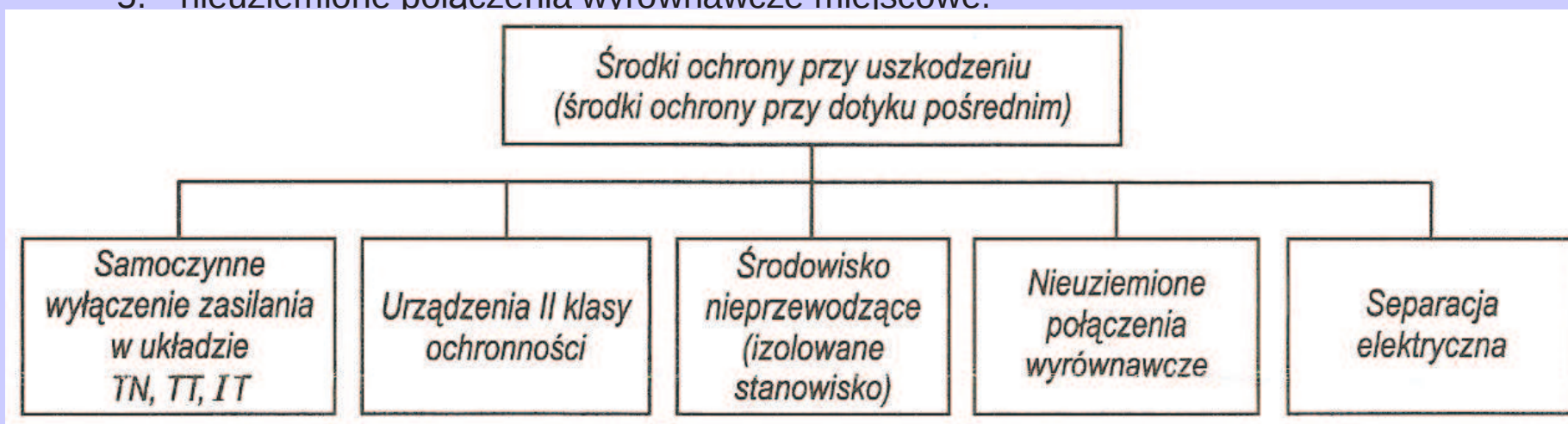
3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

131

3.7. Zagrożenia porażeniowe (38)

Norma **PN-HD 60364** (zaktualizowana PN/E-05009) w zakresie ochrony przy dotyku pośrednim wprowadziła znaczne zmiany w stosunku do Rozp.MP z 1990r., przewidując następujące **sposoby ochrony**:

1. zastosowanie samoczynnego wyłączenia zasilania,
2. zastosowanie urządzeń II klasy ochronności lub o izolacji równoważnej,
3. separacja elektryczna,
4. izolowanie stanowiska,
5. nieuziemiene połączenia wyrównawcze miejscowe.



Rysunek 17. Środki ochrony przy uszkodzeniu.

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.7. Zagrożenia porażeniowe (39)

132

Tabela 19. Układy sieci niskiego napięcia i systemy ochrony przeciwporażeniowej

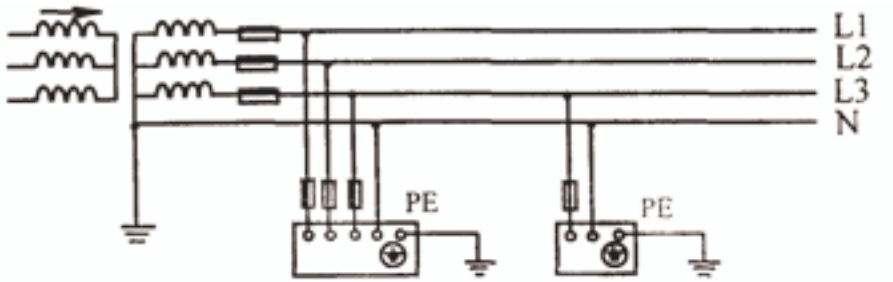
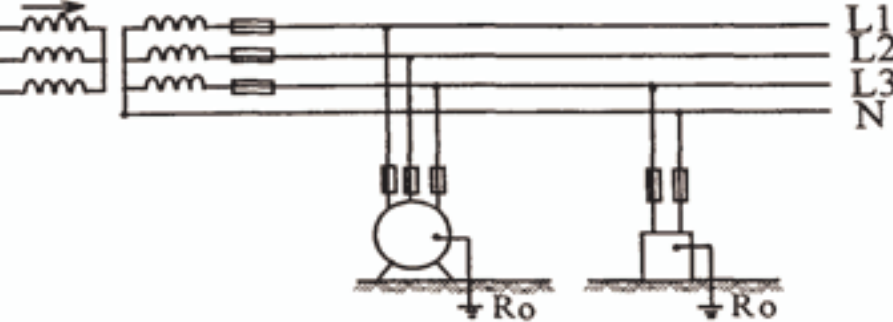
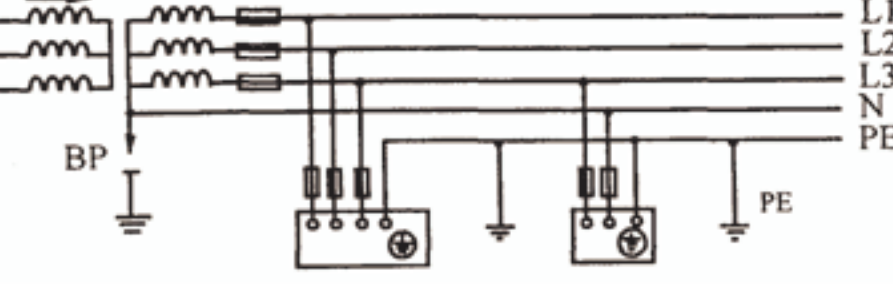
Układ sieciowy		System ochrony przeciwporażeniowej *)
Oznaczenie	Schemat funkcjonalny	
1	2	3
TN-S		Zerowanie
TN-C		Zerowanie
TN-C-S		Zerowanie

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.7. Zagrożenia porażeniowe (40)

133

Tabela 19. Układy sieci niskiego napięcia i systemy ochrony przeciwporażeniowej c.d.

TT		Uziemienie ochronne
IT		Uziemienie Ochronne
IT		Sieć ochronna

*) Wszystkie wymienione systemy ochrony przeciwporażeniowej objęte są aktualnie systemem samoczynnego wyłączenia zasilania

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.7. Zagrożenia porażeniowe (41)

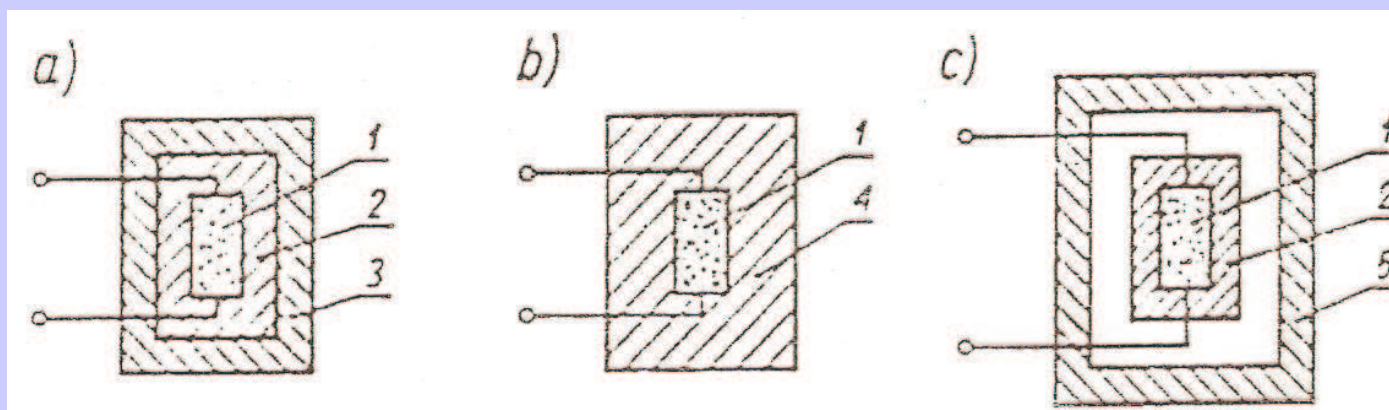
134

Znacznie większą skuteczność ochrony gwarantują jednak:

- 1) zastosowanie urządzeń II klasy ochronności (izolacja ochronna),
- 2) wyłączniki ochronne różnicowoprądowe.

Pierwszy z podanych systemów polega na fabrycznym wyposażeniu urządzenia w:

- a) izolację podwójną (roboczą oraz dodatkową),
- b) izolację wzmocnioną (ulepszoną izolację roboczą),
- c) ochronną osłonę izolacyjną (uniemożliwiającą dotknięcie części metalowych).

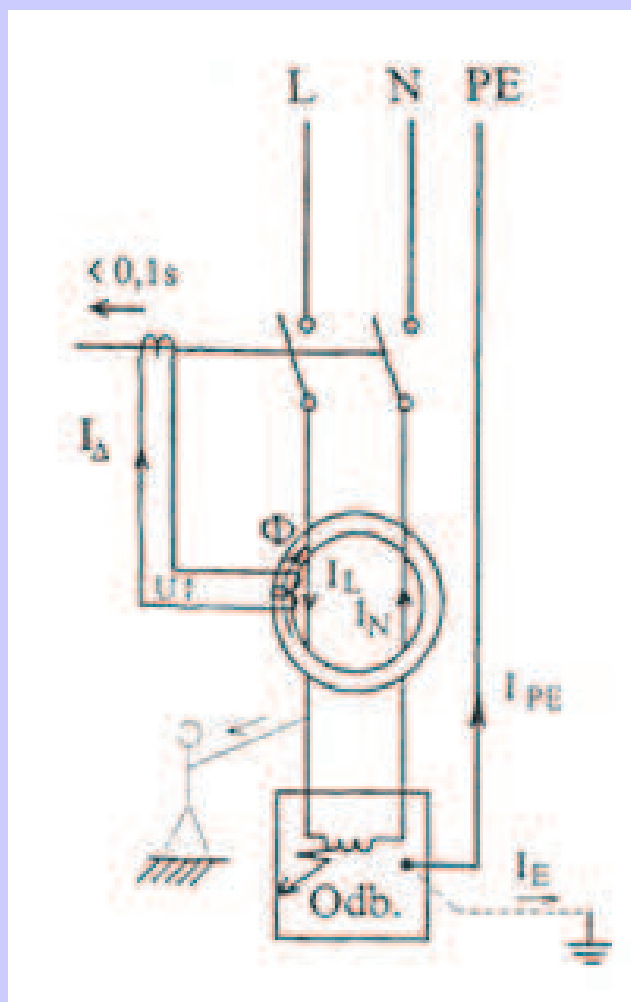


Rys. 18. Budowa urządzeń II klasy ochronności: a) z izolacją podwójną, przy czym izolacją jest obudowa izolacyjna; b) z izolacją podwójną i obudową metalową; c) z izolacją wzmocnioną 1 – część czynna, 2 – izolacja podstawowa, 3 – izolacja dodatkowa, 4 – izolacja wzmocniona, 5 – osłona izolacyjna

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.7. Zagrożenia porażeniowe (42)

135



Bez upływności:

$$I_L = I_N \rightarrow \Phi = 0 \rightarrow \text{Wył. nie działa}$$

Przy przebiciu (lub dotyku):

$$I_L = I_N + I_{PE(E)}$$

$$I_L \neq I_N \quad \Phi \neq 0 \rightarrow \text{Wył. działa } (< 0,1s)$$

$$I_{\Delta n} = 10, 30, 100, 300, 500 \dots \text{ mA}$$

Rys.19. Zasada działania wyłącznika różnicowoprądowego 1-fazowego.

3.7. Zagrożenia porażeniowe (43)

Samoczynne wyłączenie zasilania w układzie TN (dawne zerowanie)

Polega na bezpośrednim połączeniu części metalowych urządzenia podlegającego ochronie z uziemionym przewodem ochronnym PE lub ochronno-neutralnym PEN sieci (dawnym przewodem zerowym).

Przy przebiciu izolacji na urządzeniu w pętli zwarcia przepływa prąd zwarciovowy, który powinien spowodować zadziałanie zabezpieczeń nadprądowych (np. przepalenie wkładek bezpiecznikowych).

3.7. Zagrożenia porażeniowe (44)

Zerowanie jest skuteczne, jeśli prąd zwarciový I_z jest **większy** od prądu zapewniającego samoczynne zadziałanie urządzenia odłączającego zasilanie I_a .

$$I_z \geq I_a = k \cdot I_n$$

gdzie: I_n - prąd znamionowy wkładki bezpiecznikowej lub wyłącznika nadmiarowego,
ew. prąd nastawczy wyzwalaczy zwarciových

k - współczynnik liczbowy równy:

- $2,5 \div 7$ - dla bezpieczników przy $t_w \leq 5$ s

- $6 \div 12$ - dla bezpieczników przy $t_w \leq 0,2$ s

(zależnie od rodzaju i prądu znamionowego wkładki)

- 1,2 - dla wyłączników z wyzwalaczami elektromagnetycznymi bezzwłocznymi

- 5 do 20 - dla wyłączników instalacyjnych nadmiarowych typu B, C lub D.

3.7. Zagrożenia porażeniowe (45)

Czas wyłączenia

t_w

$\leq 5s$

- urz. stałe
- urz. stacjonarne
- linie zasilające

$\leq 0,1 \div 0,8$

- odb. ręczne
- przenośne
- ruchome

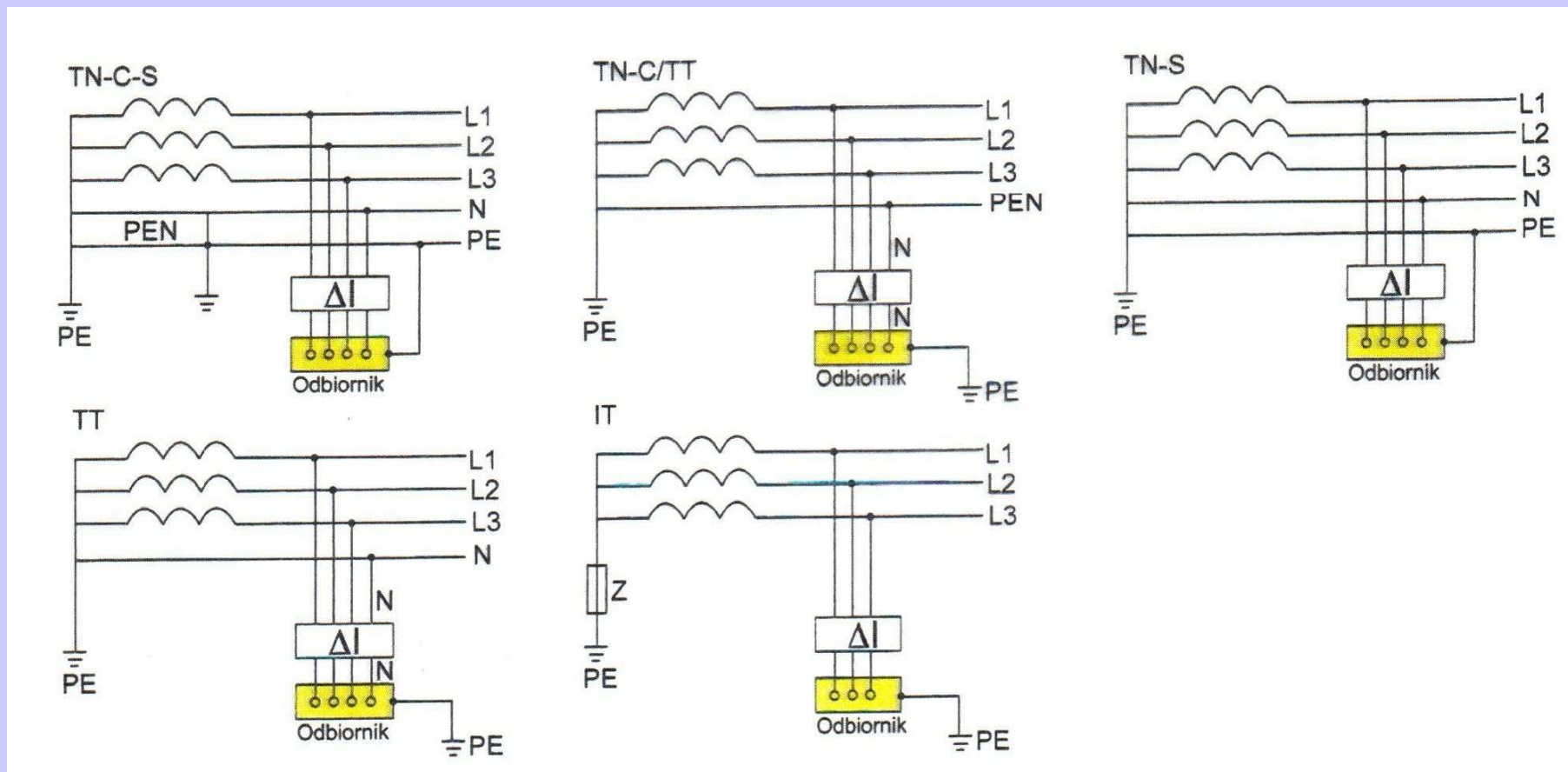
$t_w = f(U_f, \text{war. \acute{s}rod})$

dla	w. \acute{s}r.1	w \acute{s}r. 2
$U_f = 230 \text{ V}$	$\leq 0.4s$	$\leq 0,2s$

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.7. Zagrożenia porażeniowe (46)

139



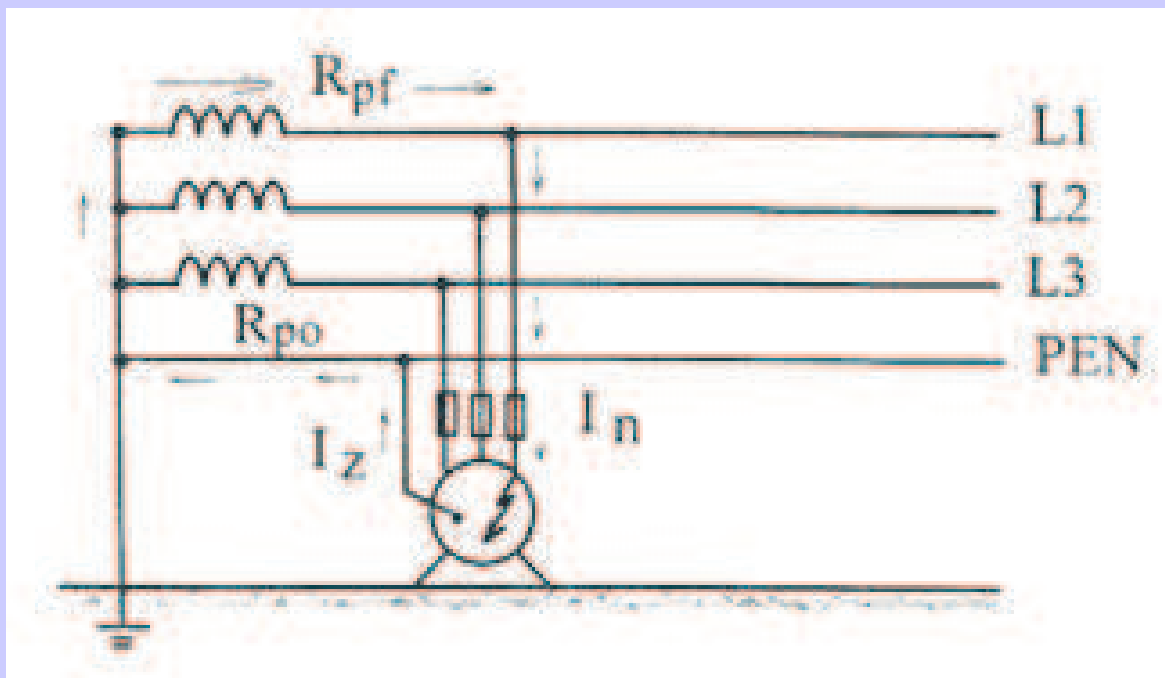
Rys. 20. Sposoby instalowania wyłączników różnicowoprądowych w różnych układach sieci.

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.7. Zagrożenia porażeniowe (47)

140

System zerowania:



$$I_z = \frac{U_f}{R_{pf} + R_{po}}$$

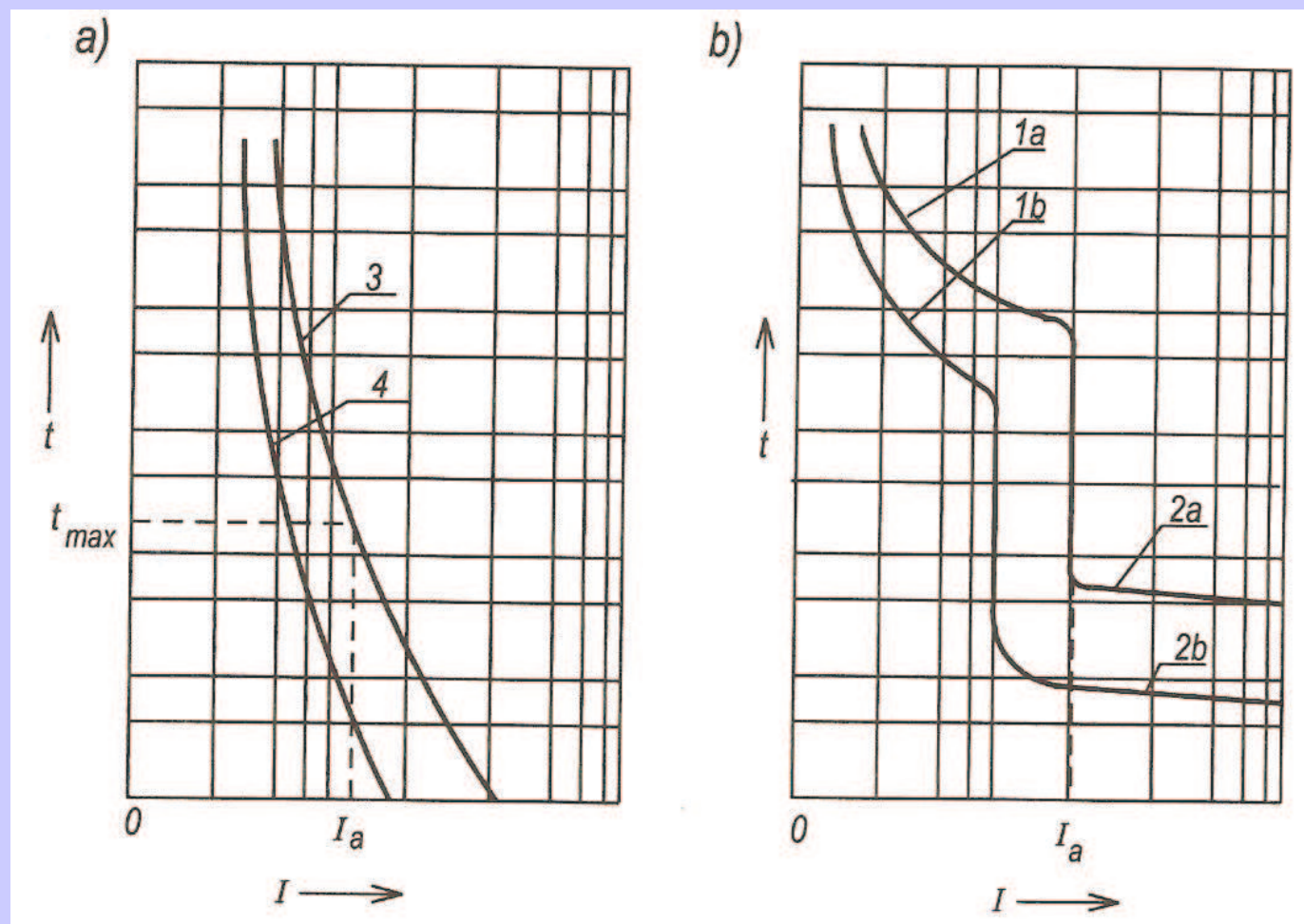
$$I_z \geq I_w = k \cdot I_n$$

Rys.21. Schemat ilustrujący zasadę działania samoczynnego wyłączenia zasilania w sieci TN-C (zerowania).

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.7. Zagrożenia porażeniowe (48)

141



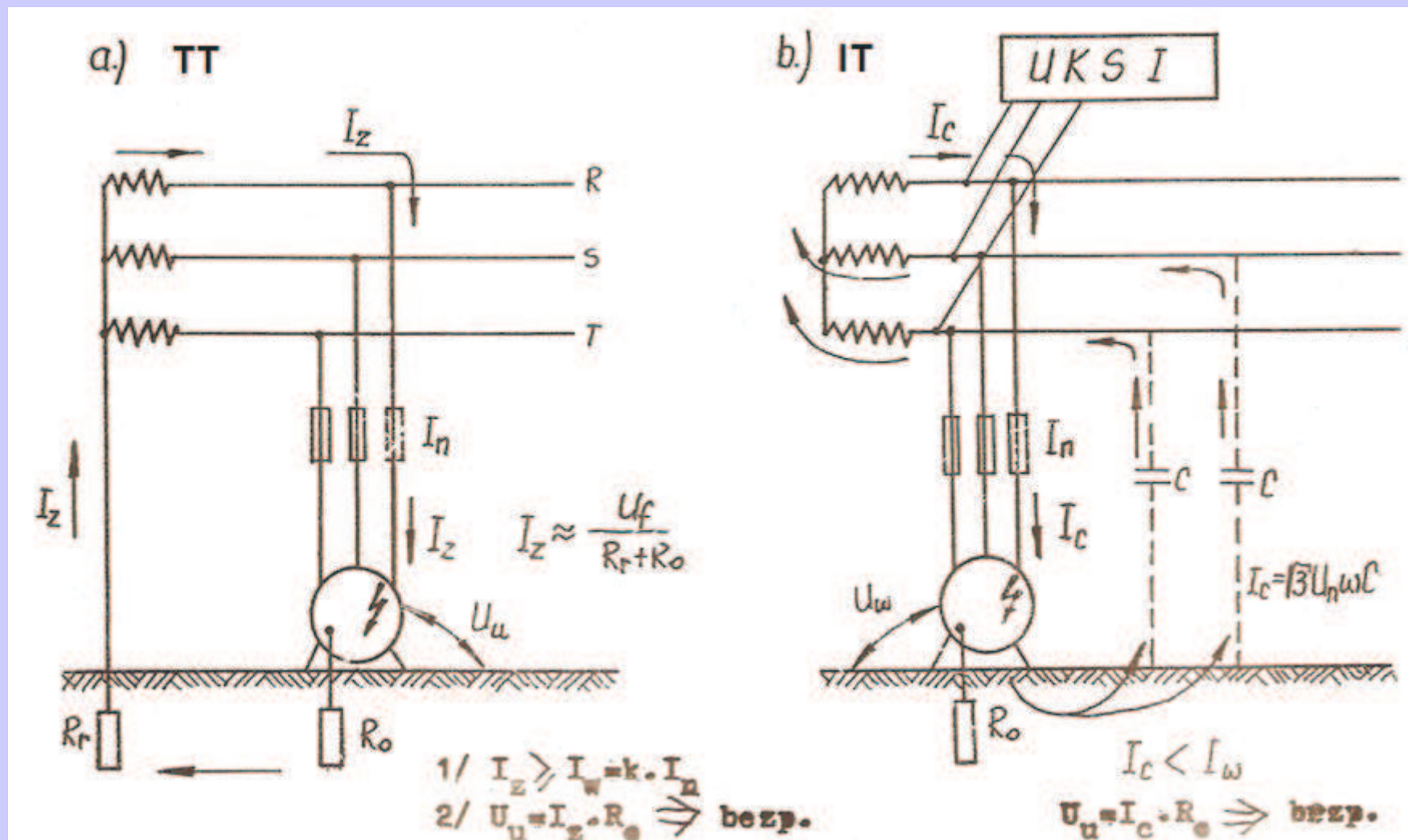
Rys.22. Wyznaczanie prądu I_a w przypadku: a) bezpiecznika; b) wyłącznika nadprądowego
1 – charakterystyki czasów zadziałania (1a) i czasów przetrzymania (1b) wyzwalaczy przeciążeniowych, 2 – charakterystyki czasów zadziałania (2a) i czasów przetrzymania (2b) wyzwalaczy zwarciovych, 3 – charakterystyka najdłuższych czasów wyłączania, 4 – charakterystyka najkrótszych czasów przedłukowych

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.7. Zagrożenia porażeniowe (49)

142

Uziemienie ochronne:



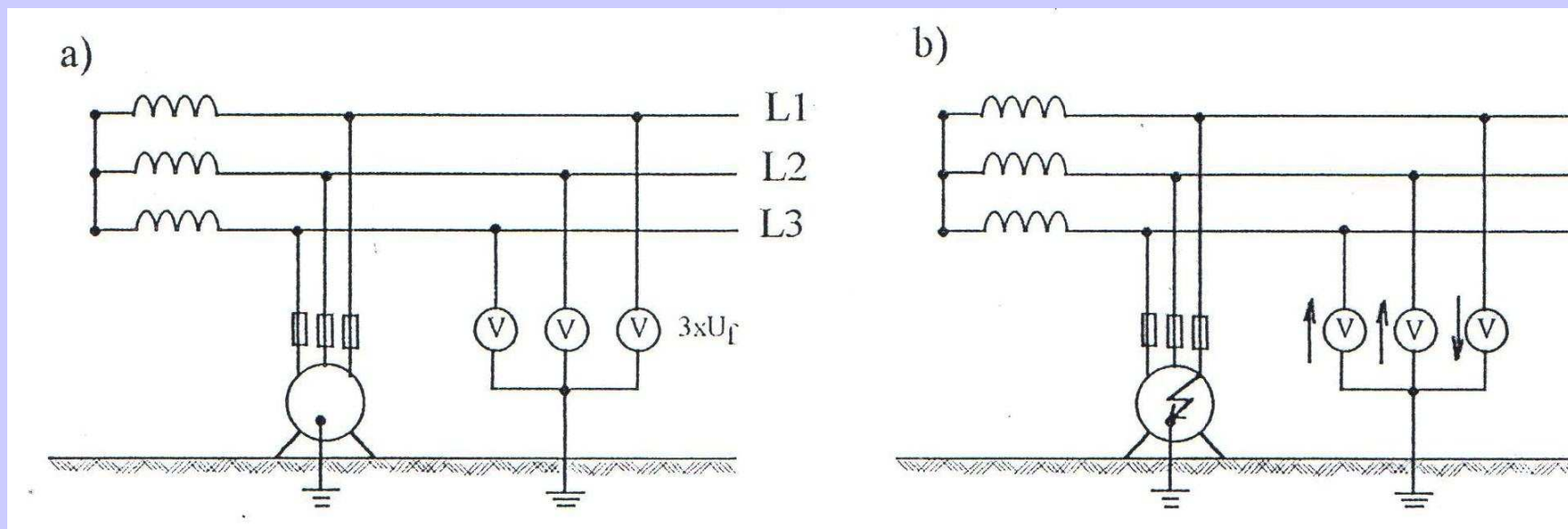
3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.7. Zagrożenia porażeniowe (50)

143

Wymóg stosowania UKSI - sygn. opt./akust.

Najprostszy układ kontroli



Praca bez doziemienia

Przy doziemieniu fazy L1
zróżnicowanie wskazań woltomierzy

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

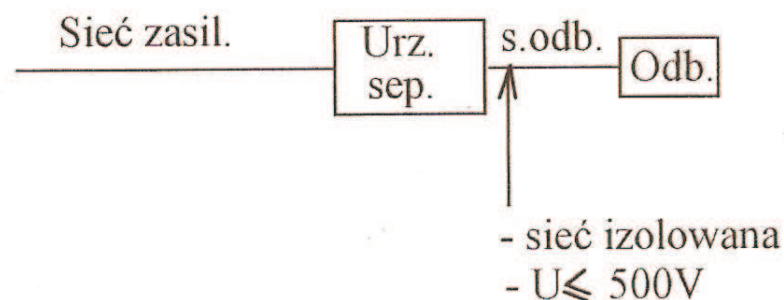
144

3.7. Zagrożenia porażeniowe (51)

Separacja elektryczna

Galwaniczne rozdzielenie odbiornika od sieci zasilającej poprzez :

- transf. separacyjny
- przetwornicę separacyjną



Wykorzystuje właściwości sieci IT :

$$L \downarrow C \downarrow I_z = I_c \downarrow \rightarrow \underline{U_u \ll U_L}$$

Warunki :

$$U \cdot L \leq 100\,000 \text{ [V} \cdot \text{m]}$$

$$L_{\max} = 500 \text{ [m]}$$

Zwykle jeden odbiornik !

Przy kilku urządzeniach :
- połączenia wyrównawcze nieuziemiane między nimi
- zasil. gn. wt. zaopatrz. w styki ochronne

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

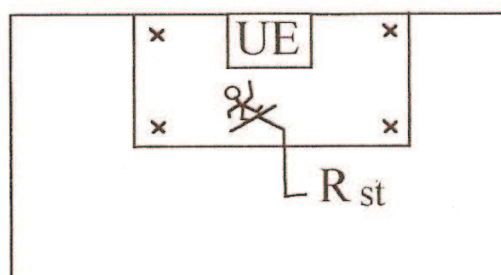
3.7. Zagrożenia porażeniowe (52)

145

Izolowanie stanowiska

Polega na zastosowaniu na stanowisku pracy materiałów izolacyjnych zapewniających rezystancję :

50 [kΩ]	dla	$U \leq 500 \text{ V}$
100 [kΩ]	dla	$U > 500 \text{ V}$



$$I_r \approx \frac{U_{f(d)}}{R_c + R_{st}} \rightarrow \text{ogranicz. prądu rażeniowego}$$

Wymagania :

- pomieszczenie suche,
- mat. izol. jako wyposaż. stałe,
- dostępne części przewodzące oddalone na min. 2 [m] lub na min. 1,25 [m] poza strefą zasięgu ręki,
- z zewnątrz nie można wprowadzić obcego potencjału (np. użycie urz. i kl. ochr. zasil. z zewnątrz)
- wymaga szczególnego nadzoru eksploatacyjnego.

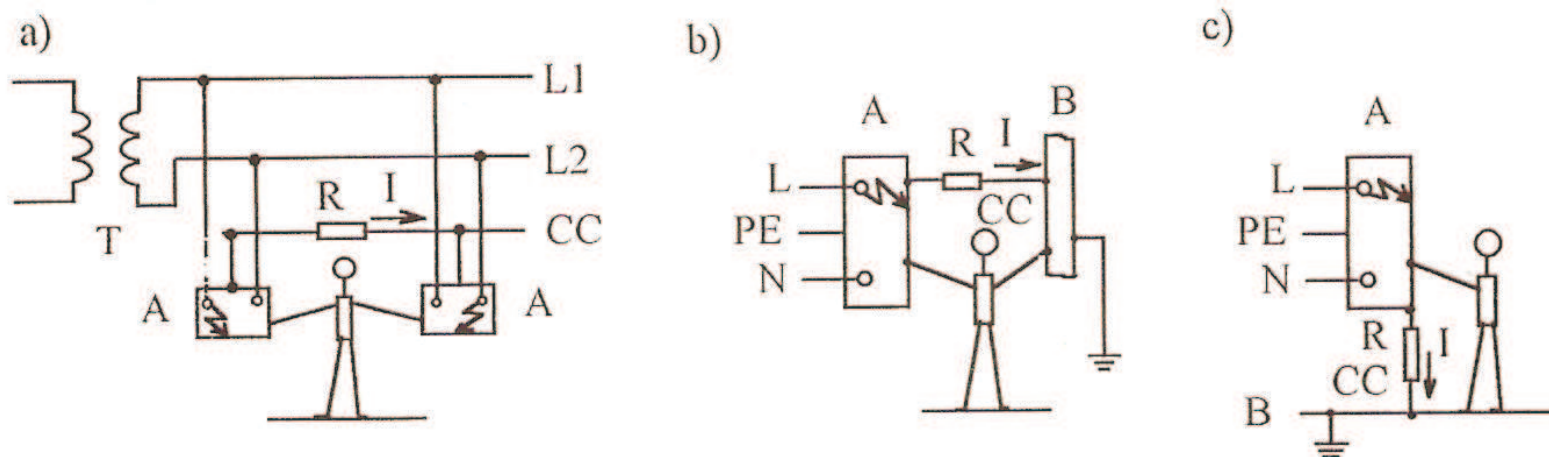
3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.7. Zagrożenia porażeniowe (53)

146

Zastosowanie nieuziemionych połączeń wyrównawczych miejscowych.

Polega na wyrównaniu potencjałów między dostępnymi częściami przewodzącymi oraz częściami przewodzącymi obcymi (ekwipotencjalizacja)



3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

147

3.7. Zagrożenia porażeniowe (54)

Norma PN-HD 60364-4-41:2009 wprowadziła:

- Ochronę przeciwporażeniową podstawową (1⁰):
 - Dla urządzeń użytkowanych przez osoby postronne (laików)
 - o Izolacja podstawowa
 - o Obudowa o stopniu ochrony min. IP2X
 - Dla urządzeń użytkowanych w pomieszczeniach ruchu elektrycznego
 - o odgrodzenie (przeszkoda)
 - o uniedostępnienie, czyli umieszczenie poza zasięgiem ręki

3.7. Zagrożenia porażeniowe (55)

- Ochronę przeciwporażeniową dodatkową (ochronę przy uszkodzeniu) 2⁰:

- Do powszechnego stosowania

- o samoczynne wyłączenia zasilania,
 - o izolacja podwójna, izolacja wzmocniona lub ochronna obudowa izolacyjna
 - o separacja obwodu pojedynczego odbiornika,
 - o obwody bardzo niskiego napięcia SELV i PELV

- Do stosowania w instalacjach pozostających pod nadzorem osób wykwalifikowanych lub poinstruowanych

- o separacja obwodu zasilającego więcej niż 1 odbiornik,
 - o nieuziemiene połączenia wyrównawcze miejscowe
 - o izolowanie stanowiska

- Ochronę przeciwporażeniową uzupełniającą (3⁰)

- Wyłączniki różnicowoprądowe wysokoczułe ($I_{\Delta n} \leq 30\text{mA}$)
 - Miejscowe połączenia wyrównawcze ochronne

3.7. Zagrożenia porażeniowe (56)

Ochrona przeciwporażeniowa w liniach el-en nn

Wymagania określały:

- 1) Rozp. MP z 08.10.1990r.
- 2) N SEP-E -001: 2003r.

Przepisy ww. określają wymagania dla ochrony przy uszkodzeniu (przy dotyku pośrednim).

Ochronę przeciwporażeniową linii nn należy realizować przez samoczynne wyłączenie zasilania.

Zalecany układ TN-C pozwalający na zasilanie instalacji odbiorczych w ukł. TN-C, TN-S i TT.

Norma dopuszcza czas wyłączenia > 5 s, jeśli:

- urząd. zabezpieczającym są bezpieczniki,
- $I_a \geq 2 \cdot I_{nb}$
- w obiekcie odbiorcy wykonano połączenia wyrównawcze główne

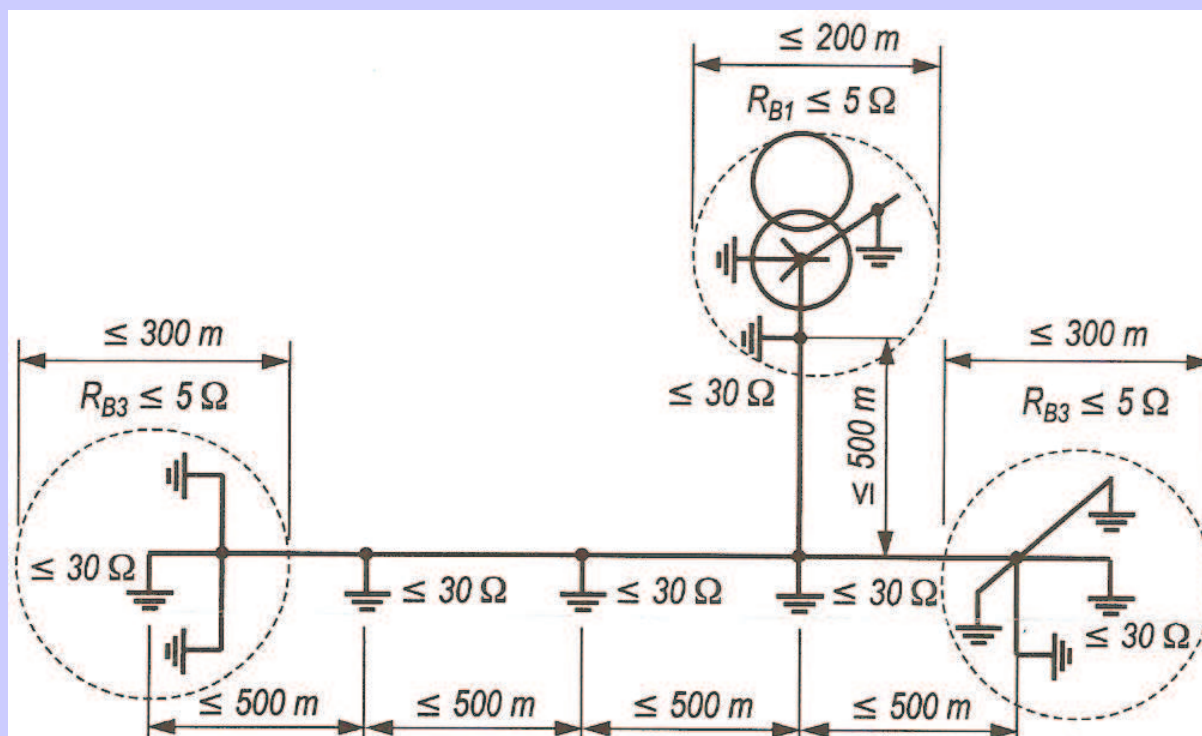
3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

150

3.7. Zagrożenia porażeniowe (57)

Norma N SEP-E-001 podaje szczegółowe wymagania odnośnie:

- zakresu stosowania ochrony,
- przewodów PE i PEN,
- uziemień ochronnych i roboczych,
- łączenia punktów neutralnych sieci nn z uziemieniem stacji el-en.



Rys. 23. Uziemienia ochronno-robocze (o rezystancji nie większej niż 30Ω) punktu neutralnego sieci i przewodów PEN w liniach napowietrznych pracujących w układzie TN.

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

151

3.7. Zagrożenia porażeniowe (58)

Tabela 20. Rezystancje uziemień w sieciach rozdzielczych i instalacjach niskiego napięcia, pracujących w układach TN.

Lp.	Rodzaj i miejsce uziemienia	Rezystancja uziemień, Ω przy rezystywności gruntu	
		$\rho < 500 \Omega \cdot \text{m}$	$\rho \geq 500 \Omega \cdot \text{m}$
1	Uziemienie punktu neutralnego i uziemienia przewodów PEN (PE) sieci nn (każde o rezystancji $R_B \leq 30 \Omega$), znajdujące się na obszarze koła o średnicy 200 m, obejmującego stację zasilającą sieć	$R_{B1} \leq 5$	$R_{B1} \leq \frac{\rho_{\min}}{100}$
2	Uziemienia wszystkich punktów neutralnych sieci nn połączone z uziemieniem stacji zasilającej oraz uziemienia przewodów PEN (PE) linii elektroenergetycznych tej sieci, w której jest możliwe zwarcie doziemne z pominięciem przewodów PEN (PE)	$R_{B2} \leq R_E \frac{50}{U_0 - 50}$	$R_{B2} \leq R_E \frac{50}{U_0 - 50}$
3	Uziemienia punktów neutralnych sieci nn połączonych z uziemieniem stacji zasilającej i uziemienia przewodów PEN (PE) tej sieci	$R_{B2} \leq \frac{U_F}{rI_{k(1)}} = \frac{U_F}{I_E}$	$R_{B2} \leq \frac{U_F}{rI_{k(1)}} = \frac{U_F}{I_E}$
4	Uziemienia przewodu PEN (PE) sieci nn wykonane wzdłuż trasy każdej linii napowietrznej w odległości między nimi nie większej niż 500 m	$R_B \leq 30$	$R_B \leq \frac{\rho_{\min}}{16}$
5	Uziemienia przewodu PEN (PE) wzdłuż trasy każdej linii napowietrznej nn wykonane dodatkowo (oprócz uziemień wymienionych w lp. 4)	nie normuje się	nie normuje się

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.7. Zagrożenia porażeniowe (59)

152

Tabela 20. Rezystancje uziemień w sieciach rozdzielczych i instalacjach niskiego napięcia, pracujących w układach TN c.d.

Lp.	Rodzaj i miejsce uziemienia	Rezystancja uziemień, Ω przy rezystywności gruntu	
		$\rho < 500 \Omega \cdot m$	$\rho \geq 500 \Omega \cdot m$
6	Uziemienie przewodów PEN (PE) wykonane na końcu każdej linii napowietrznej i kablowej oraz na końcu każdego odgałęzienia linii o długości większej niż 200 m	$R_B \leq 30$	$R_B \leq \frac{\rho_{\min}}{16}$
7	Uziemienia przewodów PEN (PE) wykonane na obszarze koła o średnicy 300 m, obejmującego dowolnie końcowy odcinek każdej linii napowietrznej i kablowej oraz jej odgałęzienia	$R_{B3} \leq 5$	$R_B \leq \frac{\rho_{\min}}{100}$
8	Uziemienie głównej szyny uziemiającej instalacji elektrycznej zasilanej z linii napowietrznej niskiego napięcia	$R_B \leq 30$	$R_B \leq 30$

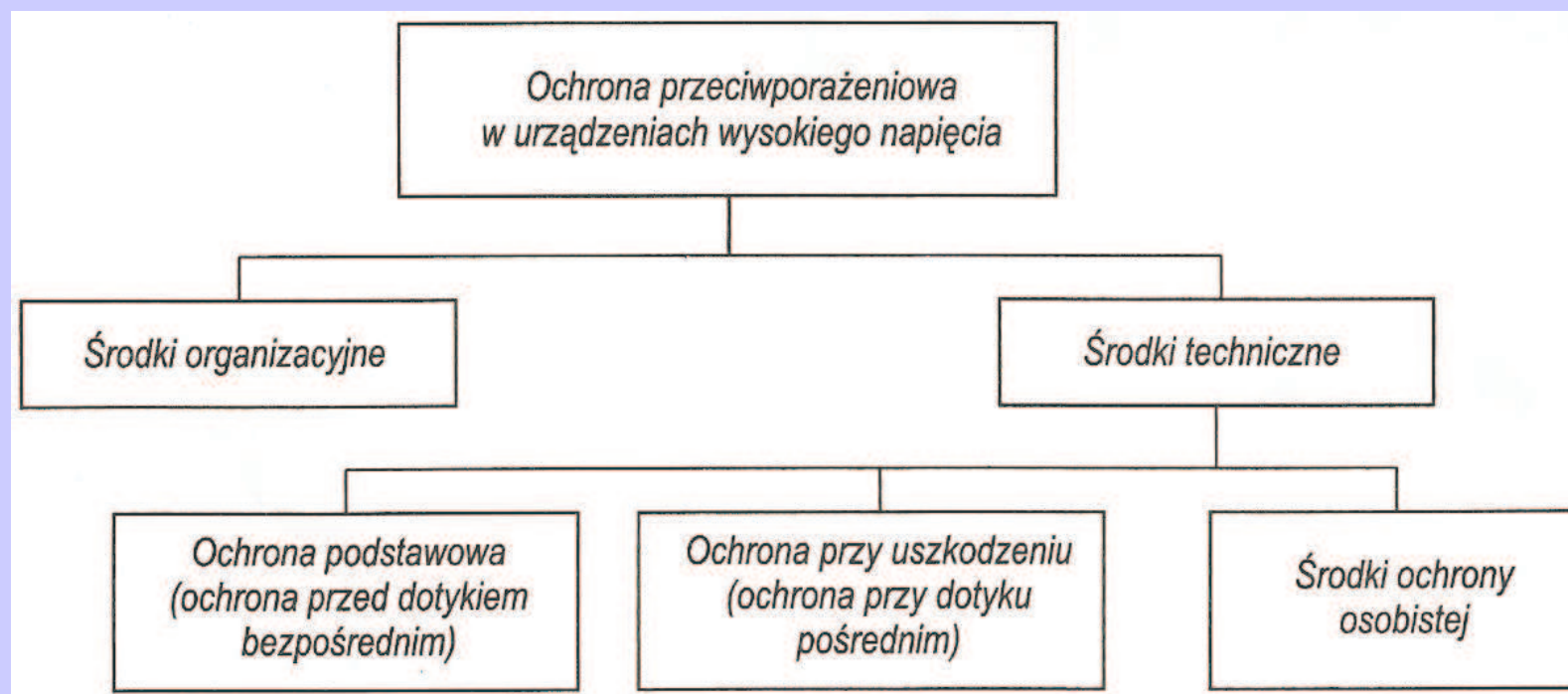
Oznaczenia:
 R_B — rezystancja pojedynczego uziemienia przewodu PEN (PE); R_{B1} , R_{B2} , R_{B3} — rezystancja wypadkowa uziemień połączonych równolegle w poszczególnych układach sieci niskiego napięcia (nn); R_E — rezystancja w miejscu zwarcia doziemnego z pominięciem przewodu PEN (PE), jeżeli ustalenie wartości R_E jest trudne, można przyjmować $R_E = 10 \Omega$; U_0 — napięcie sieci względem ziemi; I_E — prąd uziomowy; $I''_{k(1)}$ — prąd jednofazowego zwarcia doziemnego w urządzeniach stacyjnych wysokiego napięcia; r — współczynnik redukcji (iloraz prądu uziomowego I_E i prądu zwarciovego $I''_{k(1)}$), gdy nie ma dokładnych danych, można przyjmować $r = 0,6$ przy zasilaniu stacji linią kablową z sieci o napięciu wyższym niż 1 kV i punkcie neutralnym uziemionym przez rezystor oraz $r = 1$ w innych przypadkach; U_F — najwyższe dopuszczalne napięcie uszkodzeniowe odczytane z krzywej F z rys. 3.25 dla czasu t_F , w którym płynie prąd $I''_{k(1)}$.

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.7. Zagrożenia porażeniowe (60)

153

Struktura ochrony



Rys.24. Klasyfikacja ochrony przeciwporażeniowej w urządzeniach wysokiego napięcia.

3.7. Zagrożenia porażeniowe (61)

Wymagania przepisów:

1. Rozp. MP z 08.10.1990r. (Załącznik 2)
2. PBUE – projekt WT z 1997r.
3. PN-E-05115: 2002
4. PN-E-05100-1: 1998 Liniowe z przewod. gołymi
PN-EN-50341: 2005 Liniowe > 45 kV
PN-EN-50423: 2007 Liniowe > 1 kV do 45 kV

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

155

3.7. Zagrożenia porażeniowe (62)

W urządzeniach o napięciu powyżej 1 kV stosuje się następujące techniczne środki ochrony:

- **środki ochrony podstawowej** (ochrony przed dotykiem bezpośrednim),
- **środki ochrony dodatkowej** (ochrony przy dotyku pośrednim).

Do środków ochrony podstawowej w urządzeniach wysokiego napięcia zalicza się:

- izolację roboczą urządzeń (izolację pokrywającą części czynne),
- umieszczenie części czynnych na bezpiecznej wysokości,
- ogrodzenia (bariery) urządzeń elektrycznych dla zachowania bezpiecznej odległości poziomej od ich części czynnych.

Środki ochrony przeciwporażeniowej dodatkowej spełniają swoje zadania w warunkach zakłóceń w pracy sieci elektroenergetycznej (przy uszkodzeniu izolacji). Ich zadaniem jest niedopuszczenie do pojawienia się niebezpiecznych napięć dotykowych i krokowych w czasie zwarć doziemnych. Zapobiegają one pojawieniu się w tych warunkach prądu rażeniowego lub ograniczają prąd rażeniowy do wartości bezpiecznych. Środki dodatkowej ochrony przeciwporażeniowej w urządzeniach wysokiego napięcia wg Rozp. MG z 08.10.1990 r. zestawiono w **tabeli 10**.

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.7. Zagrożenia porażeniowe (63)

156

Tabela 21. Środki dodatkowej ochrony przeciwporażeniowej w urządzeniach wysokiego napięcia.

Lp.	Nazwa środka ochrony dodatkowej	Postać środka ochrony	Działanie środka ochrony
1	2	3	4
1.	Uziemienie ochronne	uziom pojedynczy lub układ uziomowy	ograniczenie U_d i U_{kr} poprzez uzyskanie małej wartości R_u lub odpowiednie sterowanie rozkładem potencjałów na powierzchni gruntu
2.	Izolacja stanowiska	pokrycie stanowiska warstwą o dużej rezystancji	ograniczenie prądu rażeniowego I_r poprzez wzrost rezystancji przejścia między stopą a stanowiskiem
3.	Powłoka elektroizolacyjna	pokrycie części przewodzących dostępnych i obcych warstwą o dużej rezystancji	ograniczenie prądu rażeniowego I_r poprzez wzrost rezystancji przejścia między ręką a częścią przewodzącą
4.	Ogrodzenie lub bariera ochronna	ogrodzenie urządzeń i stanowisk	uniemożliwienie lub utrudnienie dostępu do urządzeń lub stanowisk, na których mogą pojawić się U_d i U_{kr} wywołujące niebezpieczne napięcia wrażeńiowe
5.	Izolacja ochronna	izolacja o zwiększonej wytrzymałości elektrycznej w postaci izolatorów dodatkowych lub nieprzebijalnych	niedopuszczenie do powstania zwarcia doziemnego i pojawienia się U_d i U_{kr}
6.	Wstawka izolacyjna	jedna lub kilka wstawek izolacyjnych w częściach przewodzących wychodzących poza teren przeznaczony dla celów elektroenergetycznych	niedopuszczenie do wyniesienia napięcia uziomowego z terenów wydzielonych dla celów elektroenergetycznych, a tym samym do powstania U_d i U_{kr} poza tym terenem

3.7. Zagrożenia porażeniowe (64)

Najważniejszym ze środków ochrony dodatkowej było uziemienie ochronne wymienione wyżej w tabeli w p. 1. Pozostałe sposoby wymienione w p. 2 ÷ 6 pełnią rolę uzupełniających środków ochrony. Wprowadzona w 2002 r. norma PN-E 05115 jako sposób ochrony dodatkowej wprowadza instalację uziemiającą, natomiast dla jej wspomagania w ograniczeniu napięć dotykowych rażeniowych zaleca stosowanie następujących uznanych środków uzupełniających M1÷M4:

- wykonanie **uziomu wyrównawczego** w postaci uziomu otokowego lub gęstej kraty ułożonej na niewielkiej głębokości pod rozpatrywanym stanowiskiem (M 1.2, M 2.2, M 2.4, M 3.1, M 4.1, M 4.2)
- pokrycie stanowiska **warstwą izolacyjną** zwiększającą impedancję obwodu rażeniowego (M 1.3, M 2.3, M 2.4, M 3.3, M 4.1)
- wykonanie **stanowiska przewodzącego** w postaci metalowej płyty lub kraty połączonej z dostępnymi częściami przewodzącymi (M 3.2, M 4.1)
- zastosowanie **nie przewodzących przegród** np. ścian (M 1.1, M 2.1)
- zastosowanie **wstawek izolacyjnych** dla zapobieżenia przenoszenia potencjałów (M 2.4)

3.7. Zagrożenia porażeniowe (65)

Środki ochrony podstawowej

- Cel:
- zapobieganie niezamierzonemu dotknięciu części czynnych,
 - zapobieganie niezamierzonemu sięgnięciu do strefy w pobliżu części czynnych.

Norma PN-E-05115: 2002 rozróżnia 4 środki ochrony:

- zastosowaniu obudów,
- zastosowaniu przegród ochronnych (ogrodzeń),
- zastosowaniu przeszkód ochronnych,
- umieszczeniu poza zasięgiem.

Uwaga: W urządzeniach wysokiego napięcia "zasięg" zależy od wartości napięcia znamionowego urządzeń. Nie jest to więc termin jednoznaczny z "zasięgiem ręki" stosowanym w urządzeniach niskiego napięcia.

3.7. Zagrożenia porażeniowe (66)

Zasady i środki ochrony przy uszkodzeniu

Ochrona przy uszkodzeniu zapobiega porażeniom od napięć dotykowych i krokowych.

Ochrona może być realizowana przez graniczne U_{dot} i U_{kr} oraz sterowanie rozkładu potencjału na stanowisku.

Pojęcia:

U_{ST} – napięcie dotykowe spodziewane,

U_{T} – napięcie dotykowe rażeniowe,

U_{E} – napięcie uziomowe,

I_{E} – prąd uziomowy,

$\alpha_{\text{ST}} = U_{\text{ST}}/U_{\text{E}}$ – współczynnik dotykowy,

$\alpha_{\text{T}} = U_{\text{T}}/U_{\text{ST}}$ – współczynnik dotykowy rażeniowy,

R_{E} – rezystancja uziemienia.

3.7. Zagrożenia porażeniowe (67)

Napięcie uziomowe:

$$U_E = I_E \cdot R_E$$

Możliwości obniżenia U_E :

- zmniejszenie rez. R_E (koszty)
- zmniejszenie I_E |(teor.)

Napięcie dotykowe rażenia:

$$U_T = U_E \cdot \alpha_{ST} \cdot \alpha_T$$

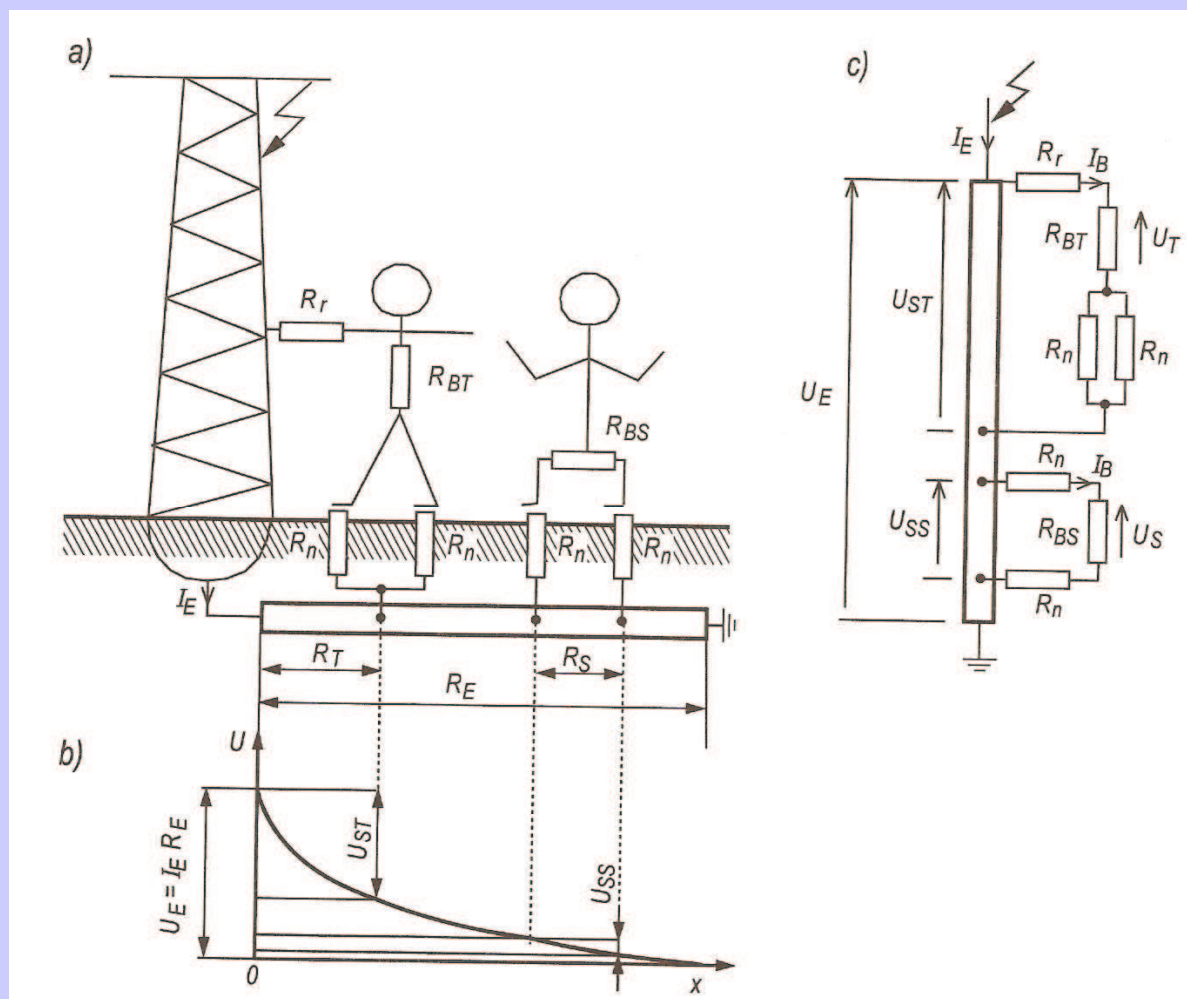
Możliwości obniżenia U_T :

- zmniejszenie U_E
- zmniejszenie α_{ST} i α_T (płyta metalowa i zmiana konfiguracji uziomu kratowego)

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.7. Zagrożenia porażeniowe (68)

161

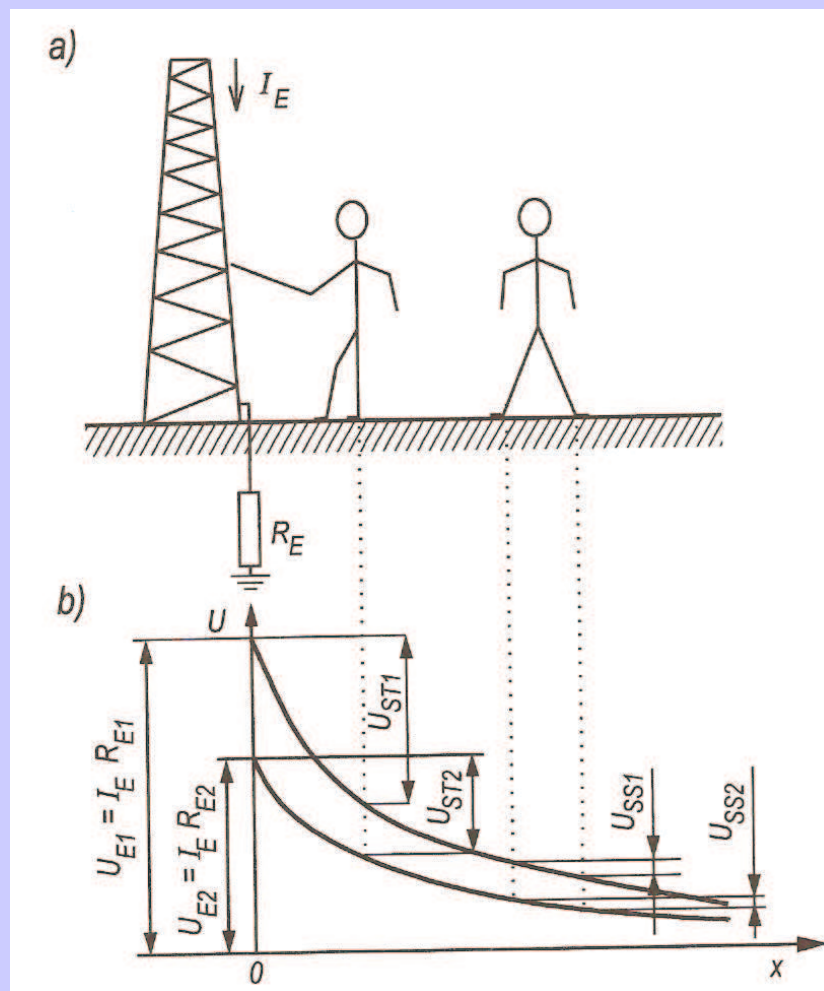


Rys. 25. Rażenie człowieka na skutek dotyku pośredniego na drodze ręka-stopy lub stopa-stop: a) szkic sytuacyjny; b) rozkład napięcia na powierzchni gruntu; c) schemat zastępczy

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.7. Zagrożenia porażeniowe (69)

162

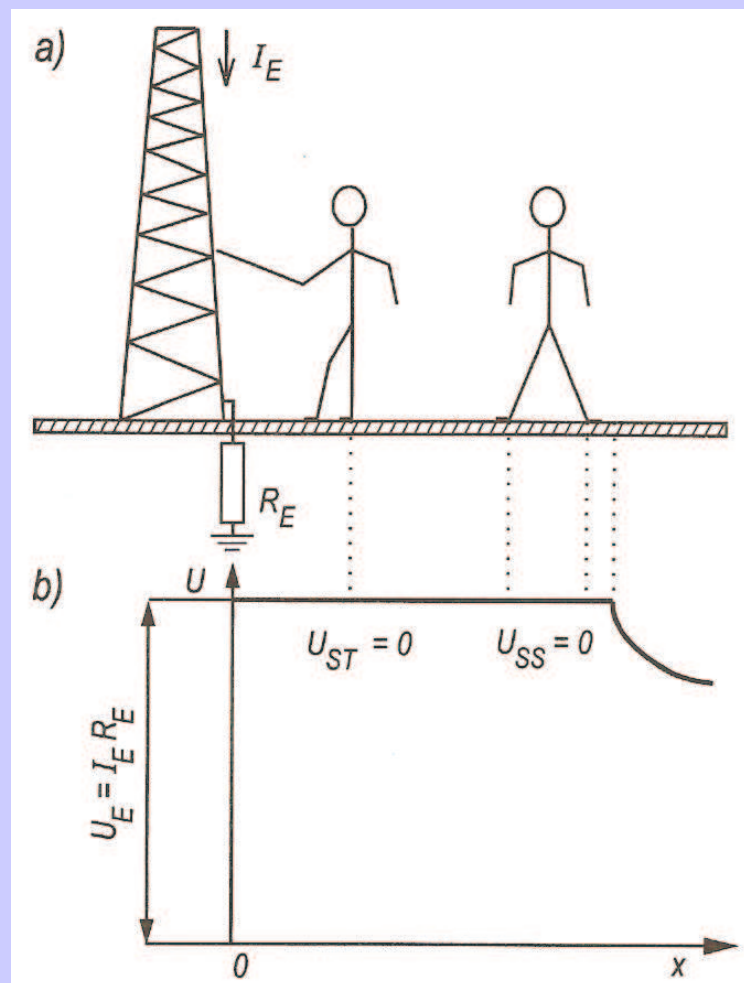


Rys. 26. Zależność napięcia U_{ST} i U_{SS} od rezystancji uziemienia R_E : a) szkic sytuacyjny;
b) rozkład potencjałów na powierzchni stanowiska oraz napięcie dotykowe i krokowe.

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.7. Zagrożenia porażeniowe (70)

163

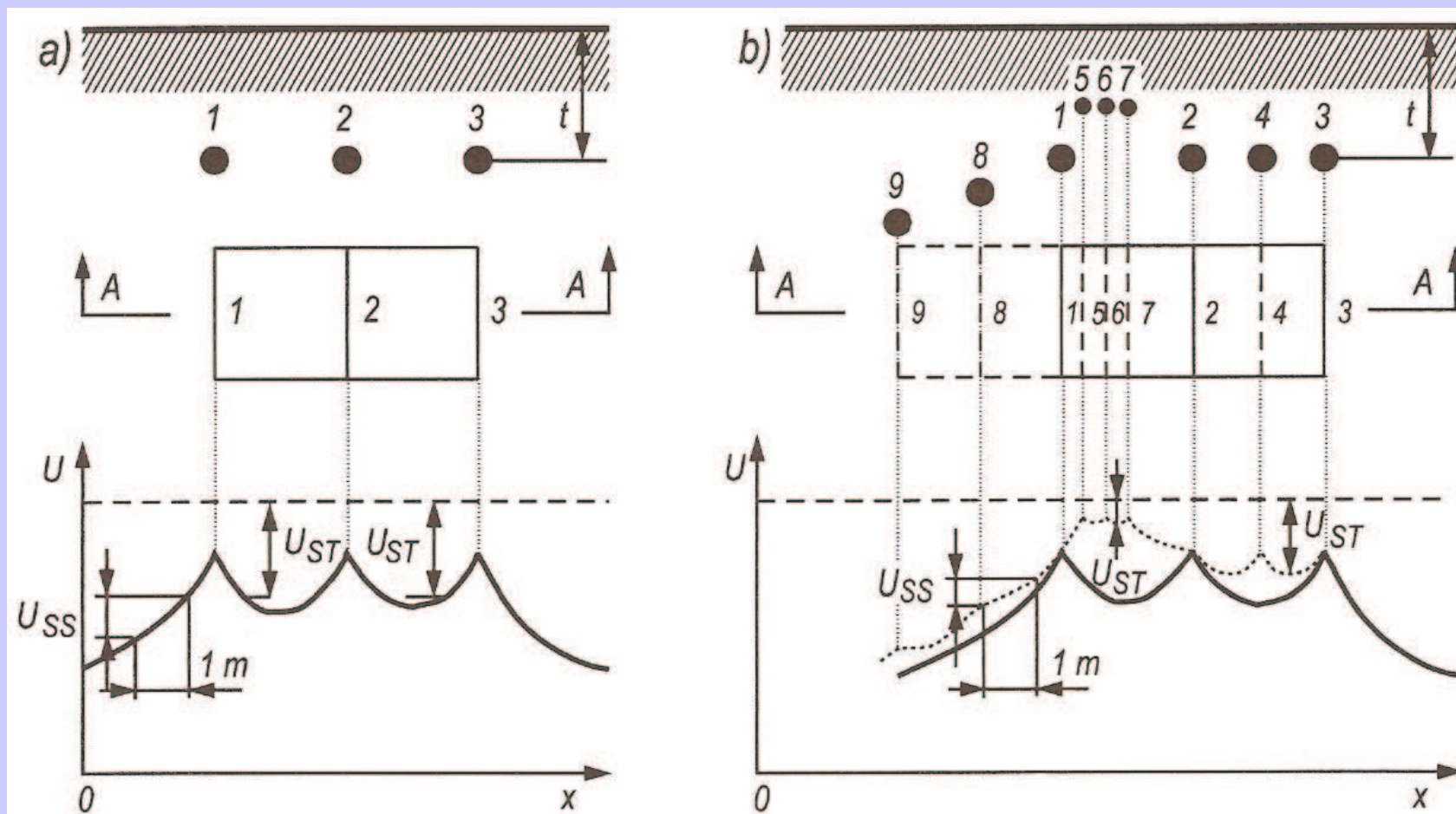


Rys. 27. Rozkład potencjałów na płycie metalowej i w jej pobliżu: a) szkic sytuacyjny;
b) rozkład potencjałów.

3. ZAGROŻENIA ELEKTRYCZNE I SPOSOBY OCHRONY

3.7. Zagrożenia porażeniowe (71)

164



Rys. 28. Wpływ konfiguracji uziomu kratowego na napięcie dotykowe U_{ST} i krokowe U_{SS} : a) uziom kratowy prosty; b) uziom kratowy zagęszczony z elementami ułożonymi na różnej głębokości.

3.7. Zagrożenia porażeniowe (72)

Istnieją jeszcze inne sposoby osiągnięcia **bezpieczeństwa pod względem porażeniowym**.

Należą do nich:

- niedopuszczanie do powstania zwarcia doziemnego,
- ograniczanie napięć wynoszonych poza tereny, na których są wykonywane uziemienia ochronne,
- utrudnianie dostępu do części i miejsc, na których mogą się pojawić napięcia dotykowe i napięcia krokowe o dużych wartościach.

Norma PN-E-05115: 2002 jako środek ochronny przy uszkodzeniu zaleca stosowanie:

- uziemienia ochronnego oraz
- uzupełniających środków ochronnych (środki M)
 - M1 – na zewnątrz budynków rozdzielni wewnętrznych,
 - M2 – na zewnątrz ogrodzeń rozdzielni napowietrznych,
 - M3 – w rozdzielniach wewnętrznych,
 - M4 – w rozdzielniach napowietrznych.

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ