

Instrukcja bezpieczeństwa pracy w laboratorium elektrotechniki i elektroniki

1. Zagrożenia występujące przy pracy z urządzeniami elektrycznymi
2. Działanie prądu elektrycznego na organizm ludzki
3. Napięcia i elementy obwodu rażeniowego
4. Stosowane układy sieci niskiego napięcia
5. Środki ochrony od porażień prądem elektrycznym w urządzeniach niskiego napięcia
 - 5.1. Uwagi ogólne
 - 5.2. Środki ochrony
6. Zasady postępowania przy ratowaniu osób porażonych
7. Zasady bezpiecznej eksploatacji urządzeń elektrycznych i aparatury pomiarowej

1. Zagrożenia występujące przy pracy z urządzeniami elektrycznymi

Studenci odrabiający ćwiczenia w Laboratorium Elektrotechniki i Elektroniki muszą być świadomi, jakie jest działanie prądu elektrycznego na organizm ludzki i muszą znać podstawowe zasady zapewniające bezpieczne wykonywanie pomiarów.

Obsługa urządzeń elektrycznych stwarza większe zagrożenie niż obsługa innych urządzeń technicznych. Przyczyną tego jest fakt, że pojawienie się napięcia na obudowie urządzenia nie jest w żaden sposób sygnalizowane i człowiek nie może przy pomocy słuchu, wzroku, węchu, odebrać informacji o zaistniałym stanie zagrożenia.

Urządzenia elektryczne są wykonane w sposób zapewniający bezpieczne ich użytkowanie dzięki zastosowaniu izolacji części normalnie znajdujących się pod napięciem. Jednak w czasie eksploatacji, na skutek działania czynników mechanicznych (wilgoci, podwyższonej temperatury, nieprawidłowej obsługi lub samowolnych niefachowych napraw), izolacja ulega uszkodzeniu a metalowa obudowa urządzenia może znaleźć się pod napięciem. Dlatego każdy z biorących udział w ćwiczeniach laboratoryjnych powinien, zanim przystąpi do wykonywania niezbędnych łączy, zwrócić uwagę na stan techniczny używanych maszyn, aparatów, przewodów, aparatury kontrolno-pomiarowej i osprzętu dodatkowego. O zauważonych usterkach student powinien natychmiast powiadomić prowadzącego ćwiczenia.

Sposób obsługi urządzeń ma bezpośredni wpływ na prawdopodobieństwo porażenia. Znacznie większe prawdopodobieństwo porażenia występuje w tych przypadkach, w których obsługa manipuluje częściami mogącymi znaleźć się pod napięciem, niż wtedy, gdy obsługa tylko dozoruje ich prawidłową pracę. Dlatego też, osoby wykonujące ćwiczenia w laboratorium powinny wykonywać tylko te połączenia i regulacje w czasie pracy urządzeń i aparatury kontrolno-pomiarowej, które są przewidziane w instrukcji do ćwiczenia. Wszelkie inne prace przy włączonym napięciu są niedozwolone.

2. Działanie prądu elektrycznego na organizm ludzki

Prąd elektryczny przepływający przez organizm człowieka wywołuje szereg zmian fizycznych, chemicznych i biologicznych, które ogólnie nazywa się porażeniem. Prąd wywołujący te zmiany nazywa się prądem rażenia. Działanie prądu elektrycznego na organizm ludzki może być pośrednie, gdy prąd nie przepływa przez ciało człowieka i bezpośrednie, gdy prąd przepływa przez ciało. Do zaburzeń w organizmie wywołanych pośrednio przez prąd elektryczny najczęściej należą: oparzenie łukiem elektrycznym lub rozgrzanymi częściami urządzeń, uszkodzenie oczu wywołane dużą jaskrawością łuku elektrycznego, uszkodzenia mechaniczne ciała spowodowane upadkiem w wyniku rażenia. Zaburzenia wynikające z bezpośredniego przepływu prądu przez ciało człowieka są następujące: działanie cieplne, zaburzenia w układzie krążenia krwi i w oddychaniu, uszkodzenia systemu nerwowego.

Skutki rażenia człowieka zależą od rodzaju i natężenia przepływającego prądu oraz czasu i drogi przepływu prądu przez ciało człowieka oraz indywidualnych cech i stanu fizjologicznego organizmu w chwili rażenia. Najbardziej niebezpieczne dla człowieka są prądy przemiennie o częstotliwości 40...60 Hz. Im częstotliwość wyższa, tym działanie prądu jest bardziej powierzchowne. Prądy o dużej częstotliwości nie powodują zaburzeń w czynnościach mięśnia sercowego, jednak mogą uszkodzić tkanki ciała w wyniku działania cieplnego. Wartość natężenia prądu, który przepływa przez ciało człowieka, zależy - zgodnie z prawem Ohma - od wartości napięcia z którym styka się człowiek oraz od rezystancji całej drogi między punktami na której wystąpiło napięcie. Rezystancja tej drogi składa się z rezystancji ciała człowieka, a w przypadku przepływu prądu do ziemi także z rezystancji przejścia do ziemi. Rezystancja ciała ludzkiego jest trudna do określenia ze względu na specyficzne właściwości poszczególnych tkanek i części organizmu. Rezystancja ta zależy od wartości i rodzaju napięcia, czasu trwania rażenia i drogi rażenia. Rezystancja ciała po usunięciu naskórka wynosi ok. 1 k Ω , a rezystancja naskórka zmienia się w szerokich granicach (od 1 do 10 k Ω). Mniejsze wartości występują przy przedłużonym czasie przepływu prądu, nawilgoceniu oraz wzroście docisku (tylko przy napięciu do 250 V). Największy wpływ na rezystancję naskórka ma wilgoć, która może być pochodzenia zewnętrznego lub też wynikiem pocenia się. Pot zawiera dużą ilość soli, która przyczynia się znacznie do zmniejszenia rezystancji. Z niektórych najnowszych badań wynika, że ciało ludzkie dla prądu przemiennego o częstotliwości 50 Hz przedstawia nie rezystancję, lecz impedancję. Wartości tej impedancji zależą od miejsca przyłożenia elektrod, parametrów napięcia, stanu fizycznego i psychicznego człowieka, zwłaszcza zaś od stanu naskórka. Impedancję tę można traktować jako szeregowo połączenie rezystancji wewnętrznej ciała oraz drugiej gałęzi, w której występują równolegle połączone rezystancja skóry i pojemność skóry. Rezystancja przejścia prądu od stopy do ziemi składa się z rezystancji obuwia oraz z rezystancji samego podłoża. Rezystancje te łącznie mogą wynosić setki kiloomów ale mogą również mieć kilkanaście omów.

Z punktu widzenia ochrony przed porażeniem elektrycznym istotna jest znajomość wartości prądu rażenia wywołującego określone zmiany w organizmie. Powstaje zatem pytanie; jaki prąd rażenia jest niebezpieczny dla zdrowia i życia człowieka? Wartości prądów wywołujących określone skutki patofizjologiczne, podawane w literaturze, są niekiedy bardzo różne. Natężenia prądu przemiennego przepływającego przez człowieka (w układzie elektrod: ręka - ręka) i skutki wówczas występujące, w przybliżeniu najczęściej są przyjmowane następująco:

- poniżej 10 mA - całkowite bezpieczeństwo, chociaż mogą przy natężeniach granicznych (10 mA) wystąpić bóle mięśni dłoni i rąk,
- (10...50) mA - występowanie bolesnych skurczy mięśni, nieregularność pracy serca, zmiany ciśnienia krwi, czasem utrata przytomności, możliwość zgonu przy długotrwałym przepływie prądu (rzędu minut). Obecnie przeważa pogląd, że w tych przypadkach w których czas rażenia nie przekracza kilkunastu sekund można przyjmować wartość prądu 30 mA jako górną granicę prądów nie zagrażających życiu.

- (50...150) mA - jeśli przepływ prądu trwa dłużej niż jeden okres pracy serca występuje z reguły migotanie komór, utrata przytomności, prawdopodobny zgon w czasie kilku sekund, natomiast przy przepływie prądu w czasie krótszym niż 0,5 s prawie pewność przeżycia,
- powyżej 150 mA - możliwy natychmiastowy zgon wskutek migotania komór serca.

Skutki przepływu prądu elektrycznego przez ciało człowieka oraz największe dopuszczalne prądy rażeniowe zawiera raport IEC/TS 60479-1 [1].

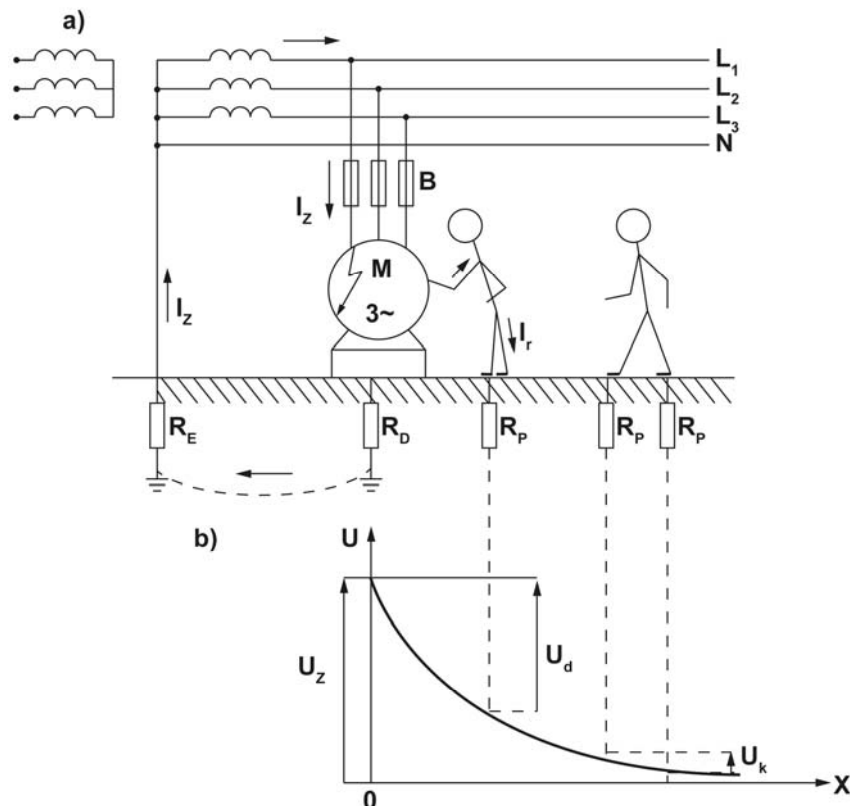
Działania ciepłe występujące w miejscu przepływu prądu powyżej 500mA, powodują wydzielanie w uszkodzonych mięśniach substancji mogących prowadzić do zatrucia organizmu nawet po pewnym czasie. Dlatego osoba, która była narażona na działanie prądu, musi przez pewien okres pozostawać pod opieką lekarską.

Okres pracy serca wynoszący u człowieka ok. 0,75 s jest jedną z najważniejszych wielkości służących do oceny zagrożenia elektrycznego. Parametr ten uwzględnia się przy określaniu charakterystyk wyzwalania wysokoczułych wyłączników ochronnych.

Prąd stały wywołuje w żywym organizmie podobne zmiany histopatologiczne jak prąd przemienny, jednak reakcje fizjologiczne organizmu przy rażeniu stałoprądowym, z punktu widzenia techniki ochrony przeciwporażeniowej, są inne. Składowa stała prądu rażeniowego nie powoduje w tkance mięśniowej reakcji skurczowej, natomiast taką reakcję może wywołać odpowiednio szybka zmiana natężenia prądu.

3. Napięcia i elementy obwodu rażeniowego

W przepisach ochrony przeciwporażeniowej rozróżnia się kilka rodzajów napięć, których nazwy pochodzą od drogi przepływu prądu (dotykowe, krokowe) lub działania prądu (rażeniowe, bezpiecznie, niebezpieczne).



Rys.1. Występowanie napięć dotykowego (U_d) i krokowego (U_k) w przypadku uziemionego urządzenia: a) schemat układu; b) wykres rozkładu napięć w ziemi

Napięcie dotykowe U_d jest to napięcie występujące w przypadku uszkodzenia izolacji pomiędzy dwoma punktami nie należącymi do obwodu elektrycznego, z którymi mogą się jednocześnie zetknąć obie ręce lub ręka i stopa człowieka.

Napięcie rażeniowe U_r jest to spadek napięcia wzdłuż drogi przepływu prądu przez rezystancję ciała człowieka.

Napięcie krokowe U_k jest to napięcie, jakie może wystąpić pomiędzy dwoma punktami na powierzchni ziemi (np. w przypadku wyładowań atmosferycznych) w odległości równej długości kroku (1 m).

Na rys.1 przedstawiono schematycznie miejsca występowania napięć dotykowego (U_d) i krokowego (U_k) w przypadku uziemionego urządzenia oraz wykres rozkładu napięć w ziemi. Występowanie napięć dotykowych, rażeniowych i krokowych spowodowane jest uszkodzeniami izolacji w urządzeniach elektrycznych. Zależnie od tego czy uszkodzenie izolacji wystąpiło w urządzeniu elektrycznym odizolowanym od ziemi czy w urządzeniu uziemionym, istnieją dwie różne możliwości występowania napięć dotykowych. W pierwszym przypadku człowiek, po dotknięciu metalowej obudowy urządzenia, zamknie swym ciałem obwód prądu rażeniowego I_r i rezystancja ciała zostanie włączona szeregowo. Napięcie dotykowe jest wówczas równe napięciu względem ziemi U_z i w przybliżeniu przyjmuje wartość napięcia fazowego U_f sieci zasilającej. W drugim przypadku (rys.1), po dotknięciu obudowy uszkodzonego urządzenia, rezystancja ciała jest włączona równolegle do części obwodu prądu doziemnego I_z . Napięcie dotykowe jest wówczas odpowiednio mniejsze a jednocześnie trudniejsze do wyznaczenia. Napięcie rażeniowe określa (w przybliżeniu) zależność:

$$U_r = U_d - U_p \quad (1)$$

gdzie: U_p — spadek napięcia na rezystancji podłoża R_p .

Napięcie bezpieczne w urządzeniach prądu przemiennego wg uprzednio obowiązujących przepisów było przyjmowane jako napięcie którego wartość względem ziemi nie przekracza: 30 V przy czasie rażenia powyżej 3 s i 65 V przy czasie rażenia poniżej 3 s. W przypadkach szczególnego zagrożenia ograniczano napięcia rażeniowe do 42 V lub nawet do 24 V. Według obecnie obowiązujących przepisów napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwale wynosi 50 V w warunkach zwykłych (pomieszczenia suche o izolowanych podłodze i ścianach) i 25 V w warunkach szczególnego zagrożenia porażeniem (goła ziemia lub mokry beton w sąsiedztwie elementów przewodzących jak np. konstrukcje stalowe, rurociągi). Dla obwodu prądu stałego napięcia te wynoszą odpowiednio 120 V i 60 V.

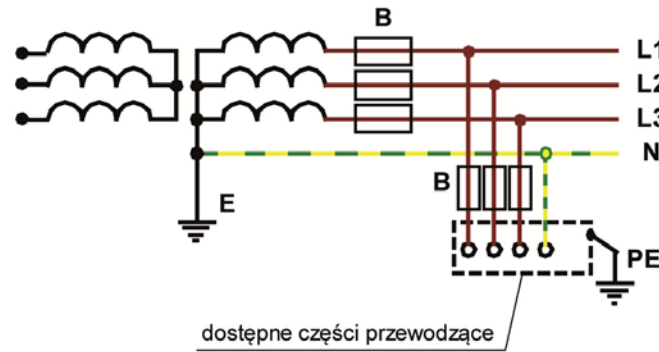
Uziemienie ochronne R_D polega na połączeniu z uziomem tych metalowych części urządzeń elektrycznych, które normalnie nie są pod napięciem i wykorzystaniu rezystancji uziemienia jako obwodu elektrycznego w celu zapewnienia odpowiedniej ochrony przeciwporażeniowej. Sposób ten stosowany jest w sieciach typu TT i IT.

Uziemienie robocze R_E - jest to uziemienie określonego punktu obwodu elektrycznego (np. punktu neutralnego transformatora) w celu zapewnienia prawidłowej pracy urządzeń elektrycznych.

4. Stosowane układy sieci niskiego napięcia

Na rysunkach od 2 do 5 przedstawiono schematycznie najczęściej stosowane układy sieci.

Rys.2 przedstawia schemat układu sieci TT (z fr. *terre* - ziemia).



Rys.2. Układ sieci TT

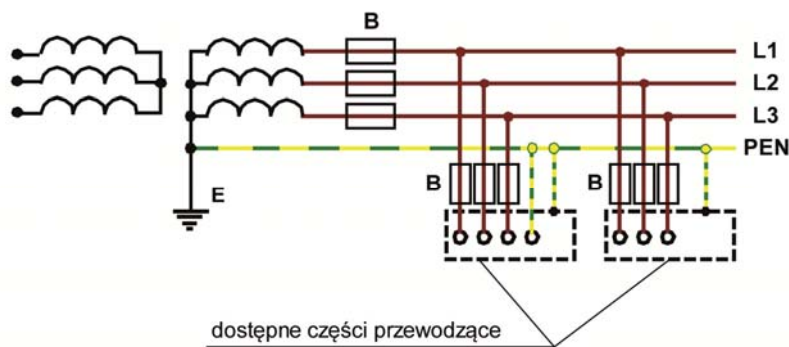
Na rys.2 do rys.5 zastosowano następujące oznaczenia:

L1; L2; L3 - przewody fazowe prądu przemiennego; N - przewód neutralny;

PE - przewód lub zacisk ochronny; E - przewód uziemiający; B – bezpiecznik.

W oznaczeniu układu sieci TT pierwsza litera T oznacza bezpośrednie połączenie punktu neutralnego z ziemią, druga litera T - połączenie zacisku PE urządzenia lub odbiornika z ziemią.

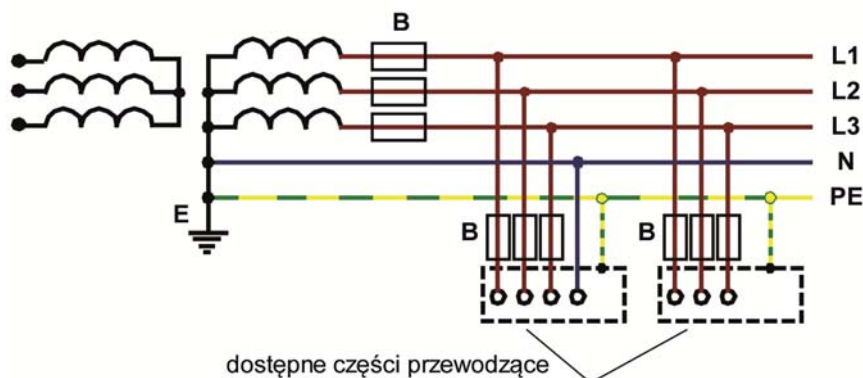
Rys.3. przedstawia schemat układu sieci TN-C (*combine* - wspólny).



Rys.3. Układ sieci TN-C

W oznaczeniu układu sieci TN druga litera N oznacza połączenie zacisku PE urządzenia z punktem neutralnym sieci. W układzie sieci TN-C występuje wspólny przewód ochronny i neutralny PEN.

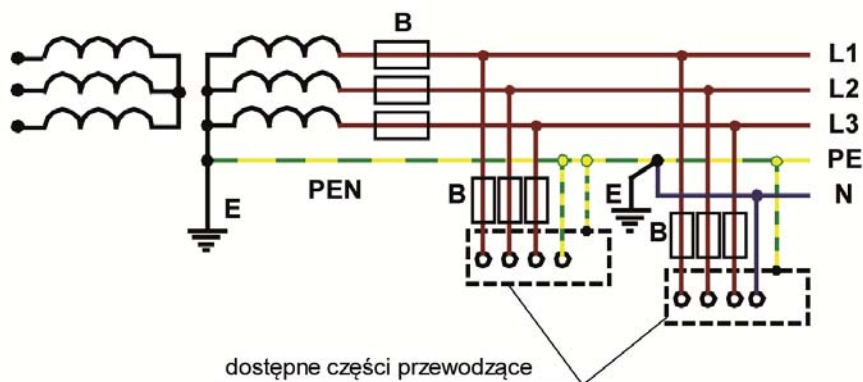
Rys.4. przedstawia schemat układu sieci TN-S (*separate* - oddzielny).



Rys.4. Układ sieci TN-S

W układzie sieci TN-S - przewód ochronny PE i neutralny N to dwa oddzielne przewody.

Rys.5. przedstawia schemat układu sieci TN-C-S.



Rys.5. Układ sieci TN-C-S

W układzie sieci TN-C-S na pewnym odcinku linii występuje wspólny przewód neutralny i ochronny PEN a w dalszej części oddzielne przewody neutralny N i ochronny PE.

5. Środki ochrony od porażień prądem elektrycznym w urządzeniach niskiego napięcia

5.1. Uwagi ogólne

Możliwość porażenia prądem elektrycznym istnieje we wszystkich urządzeniach, w których napięcie robocze jest wyższe niż napięcie bezpieczne. Prawdopodobieństwo porażenia zależy od wielu okoliczności, a między innymi od:

- wartości napięcia,
- czasu trwania niebezpiecznego napięcia,
- rezystancji przejścia prądu,
- sposobu dotknięcia części będącej pod napięciem.

Przepisy i normy nakładają obowiązek, aby każde urządzenie elektryczne na napięcie wyższe niż bezpieczne było wykonane w ten sposób, żeby w czasie normalnej obsługi nie istniała możliwość przypadkowego dotknięcia części wiodących prąd. Zgodnie z PN-EN 61140, podstawowa zasada ochrony przed porażeniem elektrycznym polega na tym, by części niebezpieczne nie były dostępne, a dostępne części przewodzące nie były niebezpieczne ani w warunkach normalnych, ani w warunkach pojedynczych uszkodzeń [2].

W celu łatwiejszego zrozumienia zasad stosowania określonych środków ochrony (p. 5.2) poniżej przedstawiono niektóre podstawowe pojęcia:

Wyłączniki różnicowoprądowe wykrywają występowanie prądu upływu i w przypadku, gdy zostanie przekroczona zadana wartość graniczna (np. 10; 30; 50) mA wyłączają obwód. Mogą być stosowane w dowolnych sieciach (TN, TT, IT) niezależnie od wartości napięcia znamionowego. W sieciach o układzie TN-C (z przewodem PEN) nie powinny być stosowane wyłączniki RCD (bez odpowiednich zmian).

Izolacja ochronna to zastosowanie w odbiornikach elektrycznych izolacji podwójnej, lub wzmocnionej. Izolacja podwójna składa się z izolacji roboczej oraz z niezależnej od niej izolacji dodatkowej o parametrach elektrycznych nie gorszych od izolacji roboczej. Izolacja wzmocniona stanowi jeden rodzaj izolacji (niekoniecznie z jednego materiału) o właściwościach równoważnych izolacji podwójnej. Stosowana jest tam, gdzie nie można zastosować izolacji podwójnej. Izolację ochronną posiadają narzędzia ręczne (wiertarki, szlifierki), urządzenia gospodarstwa domowego (odkurzacze, suszarki), urządzenia elektromedyczne. Sprzęt taki jest oznaczony specjalnym symbolem (kwadrat w kwadracie) i nie należy go uziemiać. Są to urządzenia II klasy ochronności. Przewody i kable zasilające te urządzenia powinny mieć także izolację wzmocnioną lub podwójną.

Obniżenie napięcia roboczego jest najpewniejszym środkiem chroniącym człowieka przed porażeniem. Jako źródła obniżonego napięcia stosuje się transformatory bezpieczeństwa lub przetwornice bezpieczeństwa (rzadziej). Obwodu obniżonego napięcia nie wolno łączyć z innym obwodem elektrycznym.

Separacja odbiornika polega na oddzieleniu obwodu odbiornika od obwodu zasilanego za pomocą transformatora separacyjnego lub przetwornicy separacyjnej (dla odbiorników prądu stałego). Obwodu odbiornika (wtórnego) nie wolno uziemiać lub łączyć z jakimkolwiek innym obwodem. Separację stosuje się w warunkach szczególnego zagrożenia porażeniem.

Izolowanie stanowiska polega na zwiększeniu jego rezystancji do wartości określonej w przepisach oraz połączeniu przewodami wszystkich metalowych mas dostępnych z tego stanowiska. Ochronę taką stosuje się często w postaci chodników izolacyjnych w tych przypadkach, gdy inne środki ochrony dodatkowej zawiodą lub są zbyt kosztowne.

5.2. Środki ochrony

W świetle wymagań przepisów o ochronie przed porażeniem elektrycznym ochrona przed porażeniem w normalnych warunkach jest zapewniona przez środki ochrony podstawowej, a ochrona w warunkach pojedynczego uszkodzenia jest zapewniona przez środki ochrony przy uszkodzeniu. Alternatywnie, ochrona przed porażeniem elektrycznym jest zapewniona przez wzmocniony środek ochrony, który zapewnia ochronę w normalnych warunkach i w warunkach pojedynczego uszkodzenia.

Środek ochrony powinien składać się z

- odpowiedniej kombinacji środka do ochrony podstawowej i niezależnego środka do ochrony przy uszkodzeniu, lub
- wzmocnionego środka ochrony, który zabezpiecza równoczesną ochronę podstawową, jak i ochronę przy uszkodzeniu.

Ochrona uzupełniająca jest uznana za część środka ochrony przeznaczonego do stosowania w specjalnych warunkach wpływów zewnętrznych i w niektórych specjalnych pomieszczeniach.

Zgodnie z PN-HD 60364-4-41 następujące środki ochrony są powszechnie dopuszczalne [3]:

- samoczynne wyłączenie zasilania,
- izolacja podwójna lub izolacja wzmocniona,
- separacja elektryczna do zasilania jednego odbiornika,
- napięcie bardzo niskie (SELV - Safety Extra Low Voltage i PELV - Protective Extra Low Voltage).

Samoczynne wyłączenie zasilania jest środkiem ochrony, w którym

- ochrona podstawowa jest zapewniona przez podstawową izolację części czynnych albo przez przegrody lub obudowy oraz
- ochrona przy uszkodzeniu jest zapewniona przez połączenie wyrównawcze i samoczynne wyłączenie w przypadku uszkodzenia.

Ten środek ochrony jest powszechnie stosowany w instalacjach elektrycznych. Samoczynne (szybkie) wyłączenie zasilania jest realizowane przez następujące urządzenia ochronne (zabezpieczające):

- a) urządzenia zabezpieczające przetężeniowe (nadprądowe): bezpieczniki topikowe, wyłączniki z wyzwalaczami / przekaźnikami nadprądowymi;
- b) urządzenia zabezpieczające napięciowe;
- c) urządzenia różnicowoprądowe z wbudowanymi zabezpieczeniami nadprądowymi lub z wyłącznikami samoczynnymi.

Samoczynne wyłączenia zasilania powinno nastąpić w czasie zależnym od: wartości napięcia zasilania, układu sieci i warunków środowiskowych.

Podwójna lub wzmocniona izolacja jest środkiem ochrony, w którym

- ochrona podstawowa jest zapewniona przez izolację podstawową, a ochrona przy uszkodzeniu jest zapewniona przez izolację dodatkową, lub

- ochrona podstawowa i ochrona przy uszkodzeniu jest zapewniona przez izolację wzmocnioną między częściami czynnymi a częściami dostępnymi.

Te środki ochrony są przewidziane do zapobiegania pojawienia się niebezpiecznego napięcia na częściach dostępnych urządzenia elektrycznego w wyniku uszkodzenia izolacji podstawowej.

Separacja elektryczna jest środkiem ochrony, w którym

- ochrona podstawowa jest zapewniona przez izolację podstawową części czynnych lub przegrody i obudowy oraz
- ochrona przy uszkodzeniu jest zapewniona przez separację podstawową obwodu od innych obwodów i od ziemi.

Ten środek ochrony powinien być ograniczony do zasilania jednego odbiornika energii elektrycznej zasilanego z jednego nieuziemionego źródła z separacją podstawową.

Środek ochrony – bardzo niskie napięcie – polega na zastosowaniu jednego z dwóch różnych obwodów bardzo niskiego napięcia SELV lub PELV, tzn.

- ograniczenia napięcia w obwodzie SELV lub PELV do górnej granicy zakresu tj. 50 V a.c. lub 120 V d.c. oraz
- ochronnego odseparowania obwodu SELV lub PELV od wszystkich obwodów innych niż obwody SELV i PELV oraz izolacji podstawowej między obwodem SELV / PELV i innymi obwodami SELV / PELV, oraz
- tylko dla obwodu SELV, izolacji podstawowej między obwodem SELV i ziemią.

Stosowanie obwodów SELV lub PELV jest uważane za środek ochrony we wszystkich sytuacjach. W obwodach PELV stosuje się uziemienie ochronne.

Ochrona uzupełniająca: urządzenia ochronne różnicowoprądowe (RCD)

Stosowanie RCD o znamionowym prądzie różnicowym nieprzekraczającym 30 mA, jest uznana w układach a.c. ochroną uzupełniającą w przypadku uszkodzenia środków ochrony podstawowej (ochrony przed dotykiem bezpośrednim) i/lub środków ochrony przy uszkodzeniu (ochrony przy dotyku pośrednim) lub przy braku ostrożności użytkowników. Stosowanie takich urządzeń nie jest uznawane za wystarczający środek ochrony i nie eliminuje konieczności zastosowania jednego z wcześniej wymienionych środków.

Szczegółowe wymagania dotyczące poszczególnych środków ochrony przed porażeniem elektrycznym podane są w normie PN-HD 60364-4-41 [3].

6. Zasady postępowania przy ratowaniu osób porażonych

Pierwszą czynnością w przypadku porażenia powinno być uwolnienie porażonego spod napięcia. Ratującemu nie wolno gołymi rękami odrywać porażonego od urządzenia, którego dotknięcie było przyczyną porażenia. W wielu przypadkach mięśnie rąk ulegają skurczowi i trzeba użyć siły aby porażonego uwolnić. Najważniejszą sprawą jest wyłączenie napięcia. Gdy nie możemy wyłączyć napięcia, to za pośrednictwem suchego izolacyjnego materiału można chwycić porażonego i odciągnąć go w bezpieczne miejsce. Należy uważać, aby nie narazić porażonego na dodatkowe uszkodzenia ciała. Po uwolnieniu porażonego spod napięcia rozpocząć akcje ratowniczą i nie przerywać jej do przybycia lekarza. W przypadku, gdy porażony jest przytomny należy, w celu ułatwienia oddychania, rozluźnić ubranie w okolicy szyi i klatki piersiowej. Poszkodowany powinien pozostawać w pozycji leżącej do chwili przybycia lekarza. W przypadku gdy porażony jest nieprzytomny, ale oddycha należy go ułożyć w pozycji bocznej ustalonej do czasu przybycia lekarza. W przypadku, gdy porażony jest nieprzytomny i nie oddycha, ale puls jest wyczuwalny, należy po udrożnieniu dróg oddechowych zastosować sztuczne oddychanie. W przypadku, gdy poszkodowany nie oddycha i nie jest wyczuwalny puls należy niezwłocznie przystąpić do wykonania sztucznego oddychania wraz z masażem serca. UWAGA! Ze względu na możliwość wystąpienia groźnych dla życia i zdrowia powikłań po porażeniowych poszkodowanego zawsze powinien zbadać lekarz.

7. Zasady bezpiecznej eksploatacji urządzeń elektrycznych i aparatury pomiarowej

- W układach pomiarowych stosowanych w laboratoriach istnieje zawsze wiele miejsc nieizolowanych, jak np. końcówki przewodów łączeniowych, zaciski, styki badanych aparatów itp. Okoliczność ta wymaga pełnego skupienia uwagi podczas pracy. Przesławianie aparatury w czasie, gdy układ jest pod napięciem, może grozić porażeniem, gdyż łatwo wtedy o nieumyślne dotknięcie nieizolowanych części obwodu znajdujących się pod napięciem. Jako zasadę należy przyjąć, że po przyłączeniu układu do napięcia można wykonywać tylko te manipulacje, które podane są w instrukcji oraz zmiany zakresów i odczyty wskazań przyrządów pomiarowych.
- Ponadto nie należy dotykać bądź opierać się o części uziemione (np. kadłuby silników, kaloryfery) w czasie wykonywania ćwiczeń.
- Jednym z warunków zwiększenia bezpieczeństwa pracy w laboratorium jest racjonalne rozstawienie aparatury tak, aby manipulacje oraz odczyty mogły być wykonane bez obawy dotknięcia części nieizolowanych. Korzystając z aparatury laboratoryjnej należy pamiętać o tym, że prawidłowy dobór zakresów pomiarowych jest gwarancją ich prawidłowej i bezpiecznej pracy.
- Jeżeli w układzie mają być dokonane przełączenia przewodów, układ należy odłączyć od zasilania. Po wykonaniu przełączeń układ musi być ponownie sprawdzony przez prowadzącego ćwiczenie i może być włączony tylko na jego polecenie. Obwód można rozłączyć po uprzednim sprawdzeniu, czy został wyłączony spod napięcia.
- Szczególną ostrożność należy zachować przy pracy z obwodami prądu przemiennego, w których występuje szeregowe połączenie kondensatorów i cewek, ponieważ napięcia na ich zaciskach mogą znacznie przewyższać napięcie źródła zasilającego.
- Niedopuszczalne jest hamowanie wirujących maszyn za pomocą ręki lub nogi, nawet wówczas, gdy maszyna odłączona jest od źródła zasilającego.
- O wszelkich zauważonych usterkach aparatury, urządzeń lub przewodów łączących należy natychmiast powiadomić prowadzącego ćwiczenie.
- Obok bezpieczeństwa osób odrabiających ćwiczenia ważna jest sprawa uniknięcia uszkodzeń niejednokrotnie bardzo drogich aparatów stosowanych w układach pomiarowych. Z tego względu obowiązuje zasada, że zmontowany układ może być przyłączony do zasilania dopiero po sprawdzeniu przez prowadzącego ćwiczenie i tylko w jego obecności.
- Student musi być odpowiednio przygotowany do wykonywania ćwiczenia w laboratorium, zaznajomiony z instrukcją BHP i z instrukcją ćwiczenia, co jest jednym z podstawowych warunków dopuszczenia do zajęć.

Student własnoręcznym podpisem stwierdza, że będzie przestrzegał instrukcji bezpieczeństwa pracy w Laboratorium Elektrotechniki i Elektroniki.

Literatura:

- [1] IEC/TS 60479-1, Effects of current on human beings and livestock - Part 1: General aspects, IEC, 2005.
- [2] PN-EN 61140, Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym -- Wspólne aspekty instalacji i urządzeń, PKN, 2005.
- [3] PN-HD 60364-4-41, Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed porażeniem elektrycznym, PKN, 2009.