MATERIAŁ NAUCZANIA – CZĘŚĆ 1

1. Przestrzeganie wymagań bezpieczeństwa i higieny pracy

Prawna ochrona pracy

Podstawowe obowiązki pracodawcy w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy ujęte są następująco:

- pracodawca ponosi odpowiedzialność za stan bezpieczeństwa i higieny pracy w zakładzie pracy,
- pracodawca jest obowiązany chronić zdrowie i życie pracowników przez zapewnienie bezpiecznych i higienicznych warunków pracy przy odpowiednim wykorzystaniu osiągnięć nauki i techniki.

Pracodawca przede wszystkim jest obowiązany:

- – organizować pracę w sposób zapewniający bezpieczne i higieniczne warunki pracy,
- – zapewniać przestrzeganie w zakładzie pracy przepisów oraz zasad bhp, wydawać polecenia usunięcia uchybień w tym zakresie oraz kontrolować wykonywanie tych poleceń,
- – zapewniać wykonanie nakazów, wystąpień, decyzji i zarządzeń wydawanych przez organy nadzoru nad warunkami pracy,
- – zapewniać wykonanie zaleceń społecznego inspektora pracy.

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.

W razie, gdy jednocześnie w tym samym miejscu wykonują pracę pracownicy zatrudnieni przez różnych pracodawców, pracodawcy ci mają obowiązek:

- współpracować ze sobą,
- wyznaczyć koordynatora sprawującego nadzór nad bezpieczeństwem i higieną pracy wszystkich pracowników zatrudnionych w tym samym miejscu,
- ustalić zasady współdziałania uwzględniające sposoby postępowania w przypadku wystąpienia zagrożeń dla zdrowia lub życia pracowników.

Zgodnie z artykułem Kodeksu Pracy pracodawca rozpoczynający działalność jest obowiązany, w określonym terminie od dnia rozpoczęcia działalności, zawiadomić na piśmie właściwego inspektora pracy i właściwego inspektora sanitarnego o miejscu, rodzaju i zakresie prowadzonej działalności oraz o przewidywanej liczbie pracowników, a także złożyć pisemną informację o środkach i procedurach przyjętych do spełnienia wymagań wynikających z przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy, dotyczących danej dziedziny działalności.

Pracodawca jest także obowiązany zapewnić pomieszczenia pracy odpowiednie do rodzaju wykonywanych prac i liczby zatrudnionych pracowników.

Obowiązki i uprawnienia pracownika w dziedzinie bhp

Zgodnie z postanowieniami Kodeksu Pracy pracownik jest obowiązany wykonywać pracę sumiennie i starannie oraz stosować się do poleceń przełożonych, które dotyczą pracy, jeżeli nie są one sprzeczne z przepisami prawa lub umowy o pracę.

Zgodnie z artykułem Kodeksu Pracy przestrzeganie przepisów i zasad bezpieczeństwa i higieny pracy jest podstawowym obowiązkiem pracownika.

Pracownik jest przede wszystkim obowiązany:

- znać przepisy i zasady bezpieczeństwa i higieny pracy, brać udział w szkoleniu i instruktażu z tego zakresu oraz poddawać się wymaganym egzaminom sprawdzającym,
- wykonywać pracę w sposób zgodny z zasadami i przepisami bezpieczeństwa i higieny pracy oraz stosować się do wydanych w tym zakresie poleceń i wskazówek przełożonych.

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.
Pracownik ma prawo, po uprzednim zawiadomieniu przełożonego, powstrzymać się od wykonywania pracy wymagającej szczególnej sprawności psychofizycznej, w przypadku, gdy jego stan psychofizyczny nie zapewnia bezpiecznego wykonywania pracy i stwarza zagrożenie dla innych osób.
Za naruszenie przepisów o bezpieczeństwie i higienie pracy pracownik może być pociągnięty do odpowiedzialności: porządkowej, karno-administracyjnej, karnej.
W ramach odpowiedzialności porządkowej wobec pracowników, którzy nie przestrzegają przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy, może być zastosowana:

- kara upomnienia,
- kara nagany,
- kara pieniężna.

Wymagania bezpieczeństwa i higieny dotyczące pomieszczeń pracy i pomieszczeń higieniczno-sanitarnych

Mówiąc o pomieszczeniu pracy, należy rozumieć pomieszczenie przeznaczone na pobyt pracowników, w którym wykonywana jest praca.
Pomieszczenia pracy dzielą się na:

- pomieszczenia stałej pracy – jeżeli łączny czas przebywania tego samego pracownika w pomieszczeniu w ciągu jednej doby przekracza 4 godziny,
- pomieszczenia czasowej pracy – jeżeli łączny czas przebywania tego samego pracownika w pomieszczeniu w ciągu jednej doby trwa od 2 do 4 godzin.

Nie uważa się za przeznaczone na pobyt pracowników pomieszczenia, w których:

- łączny czas przebywania tych samych pracowników w ciągu jednej zmiany roboczej jest krótszy niż 2 godziny, a wykonywane czynności mają charakter dorywczy bądź praca polega na krótkotrwałym przebywaniu związanym z dozorem lub konserwacją urządzeń albo utrzymaniem czystości i porządku,
- mają miejsce procesy technologiczne nie pozwalające na zapewnienie odpowiednich warunków przebywania pracowników w celu ich obsługi, bez zastosowania środków ochrony indywidualnej i zachowania specjalnego reżimu organizacji pracy,
- jest prowadzona hodowla roślin lub zwierząt niezależnie od czasu przebywania w nich pracowników zajmujących się obsługą.

W pomieszczeniach pracy należy przede wszystkim zapewnić oświetlenie naturalne i sztuczne, odpowiednią temperaturę, wymianę powietrza oraz zabezpieczenie przed wilgocią, niekorzystnymi warunkami cieplnymi i nasłonecznieniem, drganiami oraz innymi czynnikami szkodliwymi dla zdrowia i uciążliwościami. W pomieszczeniach magazynowych i na drogach znajdujących się w obiektach budowlanych powinny być umieszczone informacje o dopuszczalnym obciążeniu stropów.
Pomieszczenia stałej pracy nie powinny być lokalizowane poniżej poziomu otaczającego terenu, z wyjątkiem pomieszczenia pracy w garażu, kotłowni i warsztatach podręcznych, pomieszczenia handlowego, usługowego i gastronomicznego w ulicznych przejściach podziemnych, w podziemnych stacjach komunikacyjnych i tunelach, w domach handlowych i hotelach oraz w obiektach zabytkowych, pod warunkiem zachowania wymagań przepisów techniczno-budowlanych i po uzyskaniu zgody właściwego wojewódzkiego inspektora sanitarnego, wydanej w porozumieniu z okręgowym inspektorem pracy oraz wojewódzkim konserwatorem zabytków.
Powierzchnia i wysokość pomieszczeń pracy powinna zapewniać spełnienie wymagań bezpieczeństwa i higieny pracy, z uwzględnieniem rodzaju wykonywanej pracy, stosowanych technologii oraz czasu przebywania pracowników w tych pomieszczeniach.

Na każdego z pracowników jednocześnie zatrudnionych w pomieszczeniach stałej pracy powinno przypadać, co najmniej 13 m^3 wolnej objętości pomieszczenia oraz co najmniej 2 m^2 wolnej powierzchni podłogi nie zajętej przez urządzenia techniczne, sprzęt.
Wysokość pomieszczenia stałej pracy nie może być mniejsza niż:

- 3 metry w świetle, jeżeli w pomieszczeniu nie występują czynniki szkodliwe dla zdrowia,
- 3,3 metra w świetle, jeżeli w pomieszczeniu prowadzone są prace mogące powodować występowanie substancji szkodliwych dla zdrowia.

Wyżej wymienione wysokości pomieszczeń mogą być obniżone w przypadku zastosowania klimatyzacji – pod warunkiem uzyskania zgody wojewódzkiego inspektora sanitarnego.
W pomieszczeniu, w którym nie występują czynniki szkodliwe dla zdrowia, wysokość może być zmniejszona do:

- 2,5 metra w świetle, jeżeli w pomieszczeniu zatrudnionych jest nie więcej niż 4 pracowników, a na każdego z nich przypada, co najmniej po 15 m^3 wolnej objętości pomieszczenia lub w pomieszczeniu usługowym albo produkcyjnym drobnej wytwórczości mieszczącym się w budynku mieszkalnym, jeżeli przy wykonywanych pracach nie występują pyły lub substancje szkodliwe dla zdrowia, hałas nie przekracza dopuszczalnych wartości poziomu dźwięku w budynkach mieszkalnych, określonych w Polskich Normach, a na jednego pracownika przypada, co najmniej 15 m^3 wolnej objętości pomieszczenia,
- 2,2 metra w świetle – w dyżurce, portierni, kantorze, kiosku ulicznym, dworcowym i innym oraz w pomieszczeniu usytuowanym na antresoli otwartej do większego pomieszczenia.

Wysokość pomieszczenia czasowej pracy nie może być mniejsza niż:

- 2,2 metra w świetle, jeżeli w pomieszczeniu nie występują czynniki szkodliwe dla zdrowia,
- 2,5 metra w świetle, jeżeli w pomieszczeniu prowadzone są prace mogące powodować występowanie substancji szkodliwych dla zdrowia.

W pomieszczeniach o stropie pochyłym wyżej wymienione wymagania stosuje się do średniej wysokości pomieszczenia, przy czym w najniższym miejscu wysokość pomieszczenia nie może być mniejsza w świetle niż 1,9 m, licząc od poziomu podłogi do najniższej części konstrukcyjnej sufitu.
Między pomieszczeniami nie należy wykonywać progów chyba, że warunki techniczne wymagają ich zastosowania. W takich przypadkach należy je oznaczyć w sposób widoczny. Pomieszczenia pracy, w których przebywają pracownicy, nie mogą być zamykane w sposób uniemożliwiający z nich wyjście.
Jeżeli istnieją względy wymagające zamknięcia pomieszczeń w czasie pracy przed osobami nieupoważnionymi, należy stosować przy drzwiach zamki uniemożliwiające wejście z zewnątrz, a jednocześnie umożliwiające wyjście z pomieszczenia bez użycia klucza. W takiej sytuacji należy przewidzieć możliwość powiadamiania pracowników znajdujących się w takich pomieszczeniach o niebezpieczeństwie grożącym z zewnątrz.

Wymagania higieniczno-sanitarne i socjalne

W budynku, w którym znajdują się pomieszczenia pracy, powinny być zainstalowane na każdej kondygnacji ubikacje, osobno dla kobiet i mężczyzn. Nie dotyczy to zakładów – biur, w których zatrudnionych jest mniej niż 5 pracowników na jednej zmianie – pod warunkiem zapewnienia możliwości osobnego korzystania przez kobiety i mężczyzn z tych pomieszczeń. Ustęp powinien być oddzielony szczelnymi ścianami od pomieszczeń przeznaczonych na pobyt ludzi i dostępny z dróg komunikacji wewnętrznej budynku. W ubikacjach powinny znajdować się umywalki z dopływem ciepłej i zimnej wody, jedna na sześć misek ustępowych lub pisuarów, lecz nie mniej niż jedna. W obiekcie powinno być wydzielone pomieszczenie do spożywania posiłków w czasie pracy.

Tabela 1. Temperatura w pomieszczeniach roboczych.

Optymalne temperatury w pomieszczeniach roboczych		
temperatury obliczeniowe	**sposób wykorzystania pomieszczenia**	**przykłady pomieszczeń**
+ 5° C	pomieszczenia nie przeznaczone do stałego przebywania ludzi oraz pomieszczenia ogrzewane dyżurnie	– magazyny bez stałej obsługi – hale postojowe (bez remontów) – akumulatorownie
+ 8° C	a) pomieszczenia nie przeznaczone do stałego przebywania ludzi (jednorazowy pobyt ludzi w okryciach zewnętrznych nie przekracza 1 godz.); b) pomieszczenia, w których moc cieplna zainstalowanych urządzeń technologicznych przekracza 25 W/1m^2	– hale sprężarek, pompownie – kuźnie, wydziały obróbki cieplnej
+ 12° C	a) pomieszczenia przeznaczone do stałego przebywania ludzi (w okryciach zewnętrznych lub wykonujących ciężką pracę fizyczną); b) pomieszczenia, w których moc zainstalowanych urządzeń wynosi 10 ÷ 24 W/1m^2	– magazyny i składy wymagające stałej obsługi – hale ciężkiej pracy, hale formierni, maszynownie chłodni, ładownie akumulatorów
+ 16° C	a) pomieszczenia przeznaczone do przebywania ludzi w okryciach zewnętrznych w pozycji siedzącej lub bez okryć dla ludzi znajdujących się w ruchu lub wykonujących lżejsze prace fizyczne; b) pomieszczenia, w których zainstalowana moc cieplna nie przekracza 10 W/1m^2	– hale pracy lekkiej – korytarze, klatki schodowe w budynkach biurowych – zmywalnie i przygotowalnie wstępne w zakładach żywienia zbiorowego – ustępy publiczne
+ 20° C	pomieszczenia przeznaczone do przebywania ludzi bez okryć zewnętrznych nie wykonujących w sposób ciągły pracy fizycznej	– hale pracy siedzącej lekkiej – izby pomiarowe – pokoje biurowe, sale posiedzeń

Zagrożenia związane z obsługą i naprawą pojazdów samochodowych

Zagrożenia związane z obsługą i naprawą pojazdów samochodowych wynikają z zakresu prac do wykonania których zobowiązany jest pracownik.

Zadaniem pracownika/kierowcy wykonującego naprawy pojazdu ciężarowego:

- wprowadzanie i ustawianie samochodów na stanowisku,
- podnoszenie samochodu,
- montaż i demontaż kół i opon,
- praca w kanale pod samochodem,
- wymiana oleju i smarowanie pojazdu,
- prowadzenie prac obsługowo-naprawczych,
- mycie zespołów i części,

– uruchamianie silnika i sprawdzanie stanu technicznego pojazdu po naprawie.

Typowe zagrożenia związane z bieżącymi naprawami pojazdów samochodowych, są to zagrożenia:

- potłuczeniem, zgnieceniem przez poruszające się na placu postojowym i manewrowym innych pojazdów,
- upadkiem w wyniku potknięcia o przedmioty pozostawione na powierzchni,
- uderzeniem, zmiażdżeniem na skutek spadających przedmiotów, np. wskutek opadnięcia podnośnika z pojazdem, upadku koła z samochodu,
- uderzeniem, obtarciem spowodowane możliwością wytrysku powietrza (np. w instalacjach pneumatycznych) pod ciśnieniem,
- schorzeniem układu mięśniowo-szkieletowego wskutek wymuszonej pozycji pracy zwłaszcza podczas ręcznego przenoszenia i podnoszenia kół i opon oraz posługiwania się narzędziami zmechanizowanymi, zwłaszcza pneumatycznymi (np. kluczami),
- porażeniem prądem elektrycznym, np. od elektronarzędzi lub maszyn,
- uderzeniem, skaleczeniem, wplątaniem, przecięciem rąk i ciała na skutek używania narzędzi ręcznych prostych (np. młotka, kluczy) i z napędem (elektrowkrętarki),
- upadkiem na powierzchni na skutek poślizgnięcia się na rozlanym oleju i potknięcia się o porozstawiane przedmioty,
- upadkiem, potłuczeniem, złamaniem części ciała na skutek upadku na niższy poziom, np. do kanału,
- upadkiem z wysokości podczas prowadzenia napraw dużych pojazdów,
- zatruciem wskutek szkodliwych spalin,
- poparzeniem żrącymi substancjami, np. pochodzącymi z akumulatorów, układów hamulcowych,
- poparzenie gorącymi częściami pojazdu, np. silnika,
- uderzeniem, zmiażdżeniem w skutek spadających przedmiotów podczas wykonywania napraw pod pojazdem, a także wskutek opadnięcia podnośnika z pojazdem,
- pożarem, wybuchem, ze względu na występowanie oparów paliw,
- zaprószeniem oczu podczas pracy pod pojazdem, albo przy jego czyszczeniu.

W celu zapewnienia bezpieczeństwa pracowników podczas wykonywania czynności naprawczych i obsługowych pojazdów samochodowych poniżej przedstawione zostały zasady bezpiecznego wykonywania typowych prac:

Zasady bezpiecznego wprowadzania i ustawianie samochodów na stanowisku:

- wprowadzanie pojazdów na stanowiska powinny robić osoby upoważnione, pełnoletnie i posiadające aktualne prawo jazdy właściwej kategorii,
- podczas jazdy po placu postojowym lub manewrowym i wprowadzania pojazdu na stanowisko nikomu nie wolno jechać na stopniach samochodu, błotnikach i w skrzyni ładunkowej. Poza prowadzącym, nikt nie powinien znajdować się wewnątrz pojazdu,
- wprowadzający pojazd na stanowisko powinien stosować się do obowiązujących przepisów ruchu drogowego i nie przekraczać prędkości 15 km/h,
- wprowadzanie pojazdu na stanowisko musi koordynować inny pracownik, znajdujący się z boku przed samochodem, aby uniknąć potrącenia przez ten pojazd lub przyciśnięcia do ściany w razie np. awarii układu hamulcowego,
- nikomu nie wolno znajdować się na drodze pojazdu,
- przedmioty, np. narzędzia, części, odpadki metalowe, przewody elektryczne, węże do sprężonego itp. powinny być usunięte z drogi pojazdu,
- należy zachować odległości umożliwiające pracownikom swobodne poruszanie się i wykonywanie robót. Odległość pojazdu od stanowiska pracy powinna wynosić, co najmniej 1,2 m,
- po wprowadzeniu pojazdu należy natychmiast wyłączyć silnik,

- w przypadku stosowania podnoszenia jednostronnego zablokować oś pojazdu mającego kontakt z podłożem poprzez zaciągnięcie hamulca ręcznego lub włączenie dźwigni biegu. Następnie podkłada się pod koła mające kontakt z podłożem kliny, uniemożliwiając przetaczanie się pojazdu do przodu i do tyłu.,
- nie wolno podkładać pod koła przypadkowych przedmiotów, np. kamieni, cegieł, zużytych części pojazdów itp.

Zasady obowiązujące przy podnoszeniu samochodu

- przed podniesieniem samochodu trzeba sprawdzić stan podnośnika,
- w przypadku podnośników ręcznych należy skontrolować stan zapadki, gwintu, podstawki i główki oraz progów samochodu,
- przy ręcznych podnośnikach hydraulicznych trzeba sprawdzić, czy nie ma wycieków płynu,
- nie wolno posługiwać się podnośnikami uszkodzonymi, nie w pełni sprawnymi i niekompletnymi. Ich udźwig powinien być dostosowany do masy pojazdu. W razie dysponowania podnośnikiem o niewystarczającym udźwigu, należy podnosić tylko przednią lub tylną część pojazdu a jeśli to konieczne prawą lub lewą,
- po podniesieniu pojazdu trzeba podnośnik zabezpieczyć przed samoczynnym opadnięciem.

Zasady obowiązujące podczas montażu, demontażu i naprawy ogumienia

- do zdejmowania opon z koła należy używać specjalnych urządzeń, tzw. ściągaczy,
- nie wolno zakładać opony na felgę o krawędziach pozaginanych, uszkodzonych i nierównoległych,
- przy demontażu ogumienia niektórych starszych typów samochodów należy zachować dużą ostrożność ze względu na możliwość „wyskoczenia”, sprężynującego pierścienia stalowego do mocowania obrzeża. Pompowanie kół tych samochodów należy wykonywać w osłonie chroniącej przed uderzeniem przez wyskakujący wskutek nacisku opony pierścień. Po napompowaniu trzeba jeszcze raz opukać pierścień i dopiero wtedy zamontować koło na oś pojazdu,
- nie wolno, przy zakładaniu ciężkiego koła na oś, unosić go ręcznie, lecz należy posługiwać się przy tym dźwignią (np. długą łyżką do montażu opon lub kawałkiem stalowego pręta).

Zasady obowiązujące podczas pracy w kanale

- każdy kanał musi mieć prowadzące do niego schodki (bez ubytków i nierówności), a jego długość powinna zapewniać swobodne wejście i wyjście z niego,
- podłogi kanałów powinny być zmywalne, równe i wykonane tak, aby zapobiegać poślizgnięciu się, a jego ściany powinny być łatwo zmywalne,
- zarówno sam kanał, jak i spód samochodu, powinny być odpowiednio oświetlone, nie powodując przy tym olśnienia mechaników,
- lampy w kanałach powinny być zasilane prądem elektrycznym o napięciu nie przewyższającym 24 V, a ich klosze zabezpieczone sztywną drucianą siatką lub „koszem” z drutu,
- używanie lamp przenośnych zasilanych prądem o nie obniżonym napięciu jest niedozwolone,
- transformatory obniżające napięcie, używane do oświetlenia powinny być uziemione lub zerowane,
- lampy przenośne muszą mieć szklany klosz, osadzony na gumowej uszczelce oraz przewód elektryczny dobrze zamocowany w lampie i zaopatrzony w tzw. odgiętkę,
- nie wolno używać lamp, które mają uszkodzoną izolację przewodu, klosz lub osłonę drucianą,
- przewody lamp trzeba tak prowadzić, aby nie deptali po nich ludzie i nie jeździły po nich samochody lub wózki transportowe,
- w pobliżu otwartych kanałów należy zachowywać ostrożność, aby nie wpaść do nich,
- kanały podczas przerw w korzystaniu należy przykrywać deskami,

- kanały należy utrzymywać w czystości, z podłogi usuwać rozlane oleje, jak najczęściej ją myć, wodą lub środkami czyszczącymi,
- mechanik powinien przygotować sobie przed zejściem do kanału wszystkie potrzebne narzędzia i części. Narzędzia i części trzeba kłaść na brzegu kanału, tak aby znajdowały się one pod samochodem,
- nie wolno kłaść na podłodze kanału żadnych narzędzi, części ani porzucać odpadków, gdyż mogą one spowodować potknięcie się albo przewrócenie pracowników.

Zasady obowiązujące podczas wykonywania prac pod samochodem

- nie wolno pracować pod samochodem umieszczonym na zwykłym, przenośnym podnośniku i nie podpartym na mocnych podstawkach,
- podczas pracy pod samochodem pracownik powinien używać specjalnej leżanki monterskiej, zaopatrzonej w skrętne kółka i regulowany podgłówek. Należy ją ustawić wzdłuż osi podłużnej samochodu, między jego kołami, tak aby ręce i narzędzia dotykały części pojazdu znajdujących się nad piersiami mechanika, a nie nad jego twarzą, aby zapobiec zaprószeniu oczu i skaleczeniu twarzy,
- w czasie pracy mechanik nie powinien wysuwać nóg poza obrys pojazdu, a przed wysunięciem się z leżanką spod pojazdu należy sprawdzić, czy nie spowoduje to zagrożenia,
- potrzebne narzędzia oraz części należy umieścić w torbie, ustawionej na leżance.

Zasady obowiązujące podczas wymiany oleju i smarowanie pojazdu

- podłogi powinny być olejoodporne i zmywalne, a ściany zmywalne do wysokości 1,80 m,
- w celu umożliwienia ściekania oleju podłoga może być pokryta gęstą stalową kratą. Podłoże pod kratą powinno mieć nachylenie w kierunku otworów ściekowych,
- ścieki ze stanowisk smarowania i wymiany olejów muszą być odprowadzane do osadników błota i tłuszczu, a nie wprost do ogólnej kanalizacji,
- na stanowiskach smarowania i wymiany oleju należy utrzymywać jak największą czystość; rozlany olej należy natychmiast usunąć,
- spuszczony z silników lub przekładni olej należy zlewać do zbiornika,
- należy unikać przenoszenia oleju w różnego rodzaju bańkach, wiadrach i innych naczyniach, gdyż grozi to rozlaniem oleju na podłogę, ręce lub odzież,
- nie wolno używać smarownic z uszkodzonymi wężami lub nieszczelnymi połączeniami,
- nie wolno smarować punktów pojazdu, w których brak jest smarowniczek,
- zabronione jest przykładanie palca do końcówki węża smarownicy w celu sprawdzenia sprawności tłoczenia smaru i wielkości ciśnienia,
- pracownicy powinni często zmieniać zabrudzoną odzież roboczą, myć ręce przed jedzeniem, a po zakończeniu pracy starannie umyć całe ciało pod natryskiem,
- podczas pracy należy używać skórzanych rękawic chroniących ręce przed zabrudzeniem oraz obuwia na olejoodpornych spodach.

Zasady obowiązujące podczas prowadzenia prac obsługowo-naprawczych

- narzędzia i przyrządy powinny być dostosowane rodzajem i wymiarami do wykonywanej pracy oraz kształtu i wielkości części, do których będą użyte. Przed użyciem należy je sprawdzić a uszkodzone lub zużyte wymienić na sprawne,
- osoba prowadząca naprawę pojazdu powinien pracować w kombinezonie, butach na podeszwach antypoślizgowych i w nakryciu głowy,
- stanowisko pracy należy utrzymywać w porządku i czystości, a wymontowane części odkładać w określone miejsca na wózkach, stojakach lub pojemnikach w pobliżu stanowiska pracy,
- nie wolno rozrzucać narzędzi wokół stanowiska pracy, a po zakończeniu pracy należy je schować do szafek lub poukładać na półkach,
- rozlany olej należy natychmiast usunąć z podłoża,

- podczas wykonywania prac przy podwoziu samochodu, ustawionego na podłodze lub nad kanałem albo podniesionego, nie wolno uruchamiać silnika ani naprawiać instalacji elektrycznej i rozrusznika,
- wskazane jest ustawienie tarczy z napisem ostrzegawczym, obok pojazdu, pod którym pracują ludzie.

Zasady obowiązujące podczas mycia zespołów i części

- przed naprawą wymontowane części i zespoły powinny być umyte,
- nie wolno używać benzyny etylizowanej (etyliny), powodującej ciężkie zatrucia pracowników,
- stanowisko do mycia części powinno być umieszczone w wydzielonym, dobrze wentylowanym pomieszczeniu,
- podłoga powinna być wodo- i olejoodporna, a ściany i sufit wodoodporne,
- ścieki muszą mieć odprowadzenie do osadnika błota i tłuszczów. Nie wolno odprowadzać ich bezpośrednio do kanalizacji,
- do pomieszczenia powinna być doprowadzona zimna i ciepła woda o temperaturze co najmniej 55°C,
- wanny, w których części myje się ręcznie łatwo palnymi cieczami, powinny mieć obudowę oraz zainstalowane wyciągi,
- w otwartych wannach nie wolno stosować rozpuszczalników, np. trójchloroetylenu (tri), czterochloroetylenu itp. oraz roztworów sody,
- do ręcznego mycia części pracownicy powinni używać pędzli i szczotek na długich trzonkach. Pracę tę należy wykonywać w rękawicach i fartuchach odpornych na działanie benzyny i oleju napędowego,
- w pomieszczeniach, w których używa się benzyny i rozpuszczalników, nie wolno palić tytoniu, posługiwać się otwartym ogniem oraz używać iskrzących urządzeń elektrycznych,
- w pomieszczeniach tych nie wolno też przechowywać jedzenia ani spożywać posiłków.

Bezpieczne uruchamianie silnika i sprawdzanie stanu technicznego pojazdu po naprawie

- uruchomienie silnika dozwolone jest na stanowisku obsługowo-naprawczym dopiero po sprawdzeniu, że nie spowoduje to zagrożenia,
- wymontowany z pojazdu silnik wolno uruchamiać tylko wtedy, gdy przymocowany jest on do metalowej ramy przytwierdzonej do podłogi. Nie wolno uruchamiać silnika ustawionego luzem na prowizorycznych podstawkach,
- gazy spalinowe z silnika muszą być odprowadzane specjalnym przewodem poza pomieszczenie warsztatu,
- przed uruchomieniem silnika po naprawie należy sprawdzić, czy wszystkie jego części są prawidłowo przykręcone oraz czy nie leżą na nim zapomniane narzędzia lub części,
- zabronione jest wlewanie paliwa do gaźnika w chwili, gdy uruchamia się silnik oraz gdy silnik już pracuje. Nie wolno też nalewać paliwa przez filtr powietrza, gdyż może to być przyczyną pożaru,
- przed i po naprawie należy sprawdzić stan pojazdu za pomocą urządzeń diagnostycznych, a także praktycznymi, od lat stosowanymi metodami,
- sprawdzanie hamulców w samochodach wyposażonych w hamulce powietrzne lub powietrzno-hydrauliczne należy rozpocząć od sprawdzenia ciśnienia powietrza w układzie hamulcowym,
- dalsze ich sprawdzanie należy wykonywać na pustym placu lub drodze, o dobrej widoczności. Należy zwracać uwagę, aby z tyłu nie jechał inny pojazd, gdyż nagłe zahamowanie mogłoby spowodować zderzenie.

2. Podstawowe wielkości elektryczne

Elektrotechnika to dział fizyki zajmujący się zastosowaniem zjawisk fizycznych z dziedziny elektryczności i magnetyzmu w różnych gałęziach gospodarki, a w szczególności dziedziny związanej z elektrotechniką i elektroniką.

Do opisania praw fizycznych konieczne jest posługiwanie się wielkościami fizycznymi z uwzględnieniem jednostek miar tych wielkości.

Wielkością fizyczną nazywamy cechę zjawiska fizycznego lub własność ciała, zbiór wielkości fizycznych układem wielkości. Obowiązującym w Polsce układem jednostek jest Międzynarodowy Układ Jednostek SI (w skrócie układ SI). Jednostki podstawowe i uzupełniające przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Układ jednostek SI

Jednostki podstawowe				Jednostki podstawowe c. d.			
Lp.	Wielkość miary	Jednostka miary		Lp.	Wielkość miary	Jednostka miary	
		Nazwa	Oznaczenie			Nazwa	Oznaczenie
1	Długość	metr	m	6	Liczność materii	mol	mol
2	Masa	kilogram	kg	7	Światłość	kandela	cd
3	Czas	sekunda	s	Jednostki uzupełniające			
4	Prąd elektryczny	amper	A	1	Kąt płaski	radian	rad
5	Temperatura	kelwin	K	2	Kąt bryłowy	steradian	sr

W elektrotechnice i elektronice używa się jednostek pochodnych. W tabeli 2. przedstawiono niektóre, najczęściej stosowane jednostki.

Tabela 2. Niektóre jednostki, najczęściej stosowane w elektrotechnice i elektronice.

Wielkość fizyczna			Jednostka miary	
Lp.	Nazwa	Oznaczenie	Nazwa	Oznaczenie
1	Ładunek elektryczny	Q, q	kulomb	C
2	Napięcie elektryczne	U	wolt	V
3	Siła elektromotoryczna	E	wolt	V
4	Natężenie pola elektrycznego	E	wolt na metr	V/m
5	Pojemność elektryczna	C	farad	F
6	Rezystancja (opór czynny)	R	om	Ω
7	Rezystywność	ρ	omometr	$\Omega \cdot m$
8	Konduktywność	γ , σ	Simens na metr	S /m
9	Indukcyjność własna	L	henr	H
10	Indukcyjność wzajemna	M, L_{mm}	henr	H

W otaczającym nas świecie występuje ruch cząstek materialnych oraz wraz z nimi ładunków elektrycznych dodatnich, jak i ujemnych. Ruch tych cząstek powoduje powstanie pola nazywanego polem elektromagnetycznym, a zjawiska towarzyszące rozprzestrzenianiu się tego pola nazywane są zjawiskami elektromagnetycznymi.

Pole elektryczne jest to pole wywołane przez ładunki elektryczne. Charakteryzuje się tym, że na nieruchome ciała lub cząstki elementarne umieszczone w nim działa siła.

Pole magnetyczne jest to pole wywołane przez poruszające się ładunki elektryczne. Charakteryzuje się tym, że na poruszające się w nim naładowane ciała lub cząstki elementarne działa siła.

Zmiana w czasie jednego z tych pól powoduje pojawienie się drugiego pola. Występuje nierozerwalny związek zjawisk elektrycznych i magnetycznych.

1. Ładunek elektryczny to pewna ilość ładunków elementarnych dodatnich i ujemnych. Jego jednostką jest kulomb [C].
2. Prądem elektrycznym nazywamy zjawisko fizyczne polegające na uporządkowanym ruchu ładunków elektrycznych przez badany przekrój poprzeczny ciała przewodzącego pod wpływem pola elektrycznego. Prądem stałym nazywa się prąd, którego natężenie nie zmienia się w czasie, prądem zmiennym taki prąd, którego natężenie zmienia się w czasie.

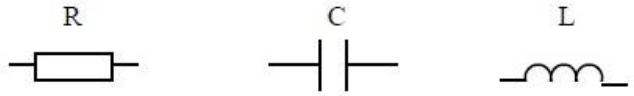
3. Natężeniem prądu elektrycznego nazywamy stosunek elementarnego ładunku elektrycznego przenoszonego przez cząstki naładowane w ciągu pewnego elementarnego czasu Δt przez dany przekrój poprzeczny środowiska, do tego czasu. Jednostką natężenia prądu elektrycznego jest 1 amper – 1[A] (patrz tabela 1).
4. Napięcie elektryczne między dwoma punkami A i B obwodu elektrycznego rozumie się jako różnicę potencjałów tych punktów V_A i V_B. Jednostką napięcia elektrycznego jest 1 [V].
5. Siła elektromotoryczna (sem) E w [V] jest różnicą potencjałów wytwarzaną przez źródło prądu.
6. Rezystancja to wielkość charakteryzująca czynny opór, jaki stawia prądowi element obwodu elektrycznego. Wartość rezystancji zależy od rodzaju materiału, jego rozmiarów i kształtu oraz od temperatury środowiska przewodzącego.
7. Konduktywność [γ], to wielkość określająca własności przewodzące przewodnika. W praktyce konduktywność przewodnika prądu wyraża się w [m/ Ω] · [mm^2] = 10^6 · [S] / [m].
8. Odwrotność konduktywności jest rezystywność [r] = 1 [Ω]·[m]
9. Odwrotnością rezystancji jest konduktacja G.
10. Stosunek energii prądu elektrycznego W do czasu t nazywamy mocą elektryczną. Jednostką mocy jest 1 [W]
    P=W/t
    Moc prądu elektrycznego równa jest iloczynowi napięcia i natężenia prądu elektrycznego. Jednostką mocy elektrycznej prądu elektrycznego jest wat 1 [W].
    1[W] = 1 [V] · 1 [A];
    P=I*U
11. Kondensator tworzą dwa przewodniki zwane okładzinami rozdzielone dielektrykiem. Rozróżnia się kondensatory płaskie i cylindryczne. Jeżeli do okładzin kondensatora doprowadzimy napięcie elektryczne U, to na okładzinach zacznie gromadzić się ładunek elektryczny Q. Na jednej okładzinie zgromadzi się ładunek dodatni, na drugiej ujemny. Ładunkiem kondensatora nazywamy ładunek na jednej z okładzin.
12. Pojemnością elektryczną kondensatora C nazywa się stosunek ładunku kondensatora do napięcia występującego pomiędzy jego okładzinami, jest to zdolność do gromadzenia ładunku elektrycznego na okładzinach.
    C=Q/U
    gdzie: Q – ładunek elektryczny zgromadzony na elektrodach kondensatora, U – napięcie między elektrodami.
    Jednostką pojemności jest farad; 1 [F] = 1 [C] / [V].
13. Indukcja elektromagnetyczna
    Zjawisko indukcji elektromagnetycznej polega na powstaniu siły elektromotorycznej w dowolnym obwodzie elektrycznym przy zmianie w czasie strumienia ϕ skojarzonego z tym obwodem.
    Zmiana w czasie strumienia skojarzonego z obwodem elektrycznym może wywołana ruchem obwodu elektrycznego lub zmianami indukcji magnetycznej. Indukcyjność jest to zależność od średniej drogi strumienia magnetycznego, przekroju poprzecznego obwodu magnetycznego, ilości zwojów uzwojenia elektrycznego i bezwzględnej przenikalności środowiska cewki elektrycznej. Rozróżnia się indukcyjność własną i wzajemną.
14. Jednostka natężenia pola magnetycznego jest 1 henr [H];

3. Obwód nierozgałęziony prądu stałego. Prawo Ohma

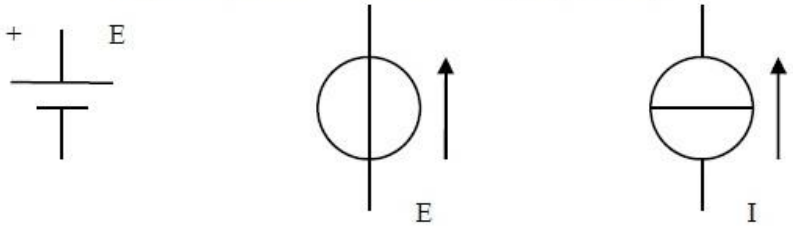
Prąd elektryczny jest to zjawisko uporządkowanego ruchu elektronów swobodnych lub jonów. W przewodnikach, w których znajduje się dostateczna liczba elektronów swobodnych, uporządkowany ruch elektronów - prąd elektryczny, następuje pod wpływem pola elektrycznego, wytworzonego przez różnicę potencjałów na końcach przewodnika. W roztworach wodnych kwasów, zasad i soli następuje dysocjacja cząsteczek, a prąd elektryczny tworzą jony przepływające przez ten roztwór. Podczas analizy obwodów elektrycznych przyjmuje się zwrot dodatni prądu w obwodzie zewnętrznym jako zgodny z kierunkiem ruchu ładunków dodatnich, tzn. od zacisku źródła o wyższym potencjale (+) do zacisku o niższym (-) potencjale.

Napięcie elektryczne jest różnica potencjałów pomiędzy punktami obwodu elektrycznego.

Obwód elektryczny jest to zespół elementów tworzących przynajmniej jedną zamkniętą drogę dla przepływu prądu elektrycznego. Elementami obwodu elektrycznego są: źródło energii elektrycznej (źródło napięcia), odbiorniki - jako elementy pobierające energię elektryczną, przewody łączące i wyłączniki służące do zamykania (zwierania) lub przerywania (rozwierania) obwodu elektrycznego.



Rys.1. Symbole elementów biernych [3, s. 68]



Rys. 2. Symbole idealnych źródeł napięcia i prądu [3, s. 69]

Obwody elektryczne przedstawia się na rysunkach za pomocą odpowiednich symboli elementów obwodu z zaznaczeniem ich połączeń ze sobą. Końcówki elementów obwodu, służące do połączenia z innymi elementami bezpośrednio lub za pomocą przewodów, nazywa się zaciskami.

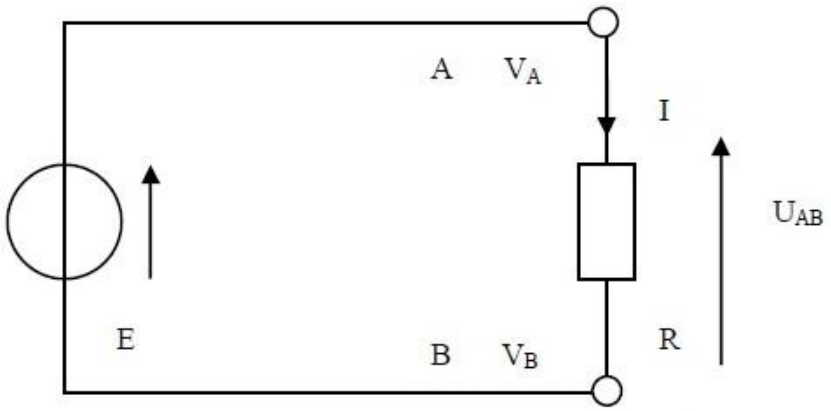
Gałąź obwodu tworzy jeden lub kilka elementów połączonych szeregowo, przez które przepływa ten sam prąd elektryczny.

Oczkiem obwodu elektrycznego nazywa się zbiór połączonych ze sobą gałęzi, tworzących nieprzerwaną drogę dla przepływu prądu. Usunięcie dowolnej gałęzi powoduje przerwanie ciągłości obwodu elektrycznego.

Węzłem obwodu elektrycznego nazywamy zacisk lub końcówkę gałęzi, do której jest przyłączona inna gałąź lub kilka gałęzi. Węzły obwodu elektrycznego oznaczane są zaczernionymi punktami.

Przewodniki charakteryzują się małą rezystywnością rzędu $\rho = (10^{-8} \div 10^{-7})\ \Omega\cdot m$. Przewodzą one dobrze prąd. Do przewodników zalicza się materiały, w których przepływ prądu polega na ruchu elektronów swobodnych (przewodnictwo elektronowe); należą do nich metale. Do przewodników zalicza się również materiały, w których przepływ prądu polega na ruchu jonów naładowanych dodatnio lub ujemnie (przewodnictwo jonowe) należą do nich wodne roztwory kwasów, zasad i soli, w których współczynnik temperaturowy rezystancji jest ujemny.

Izolatory charakteryzują się bardzo dużą rezystywnością, rzędu $\rho = (10^{8} \div 10^{18})\ \Omega\cdot m$. Są to materiały mające tylko nieznaczną liczbę elektronów swobodnych, wskutek czego praktycznie prądu nie przewodzą. Dlatego używa się ich jako materiałów izolacyjnych. Należą do nich gazy, oleje oraz ciała stałe z wyjątkiem przewodników. W elektrotechnice jako materiały izolacyjne są najczęściej stosowane: tkaniny bawełniane, jedwabne, szklane, porcelana, olej, guma, różne gatunki papierów, mika, igelit itp. W izolatorach na ogół przy wzroście temperatury wraz z nasileniem ruchu drgającego cząsteczek zwiększa się liczba elektronów swobodnych, co zwiększa konduktancję materiału. Na skutek tego rezystancja izolatorów maleje, współczynnik temperaturowy rezystancji jest ujemny.



Rys. 3. Schemat najprostszego obwodu elektrycznego nierozgałęzionego

Rozpatrując schemat obwodu z rys. 3 stwierdzamy, że w obwodu płynie prąd. Jeżeli do dalszych rozważań weźmiemy pod uwagę część obwodu zawartą między punktami A i B, to prąd elektryczny płynie od punktu A do B. W punkcie A potencjał jest wyższy niż w punkcie B. Jeżeli potencjał w punkcie A oznaczymy przez V_A, potencjał w punkcie B przez V_B, różnicą zaś potencjałów między punktami A i B przez U_{AB}, to otrzymamy napięcie między punktami A i B

$U_{AB} = V_A - V_B$

Jednostką napięcia i potencjału jest jeden volt (1 V).

Doświadczenia wykazały, że napięcie na odcinku AB jest proporcjonalne do prądu I przepływającego przez ten odcinek oraz do rezystancji R_{AB}, a zatem

$U_{AB} = R_{AB} I$

Zależność między napięciem, prądem i rezystancją określa **prawo Ohma**:

Natężenie prądu I płynącego w przewodniku o rezystancji R jest wprost proporcjonalne do wartości napięcia U a **odwrotnie proporcjonalne do rezystancji R.**

Rozpatrując obwód elektryczny (rys. 3), w którym uwzględniono również źródło napięcia (energii elektrycznej) z jego rezystancją wewnętrzną, otrzymamy prawo Ohma w następującej postaci

$$I = \frac{U}{\sum R}$$

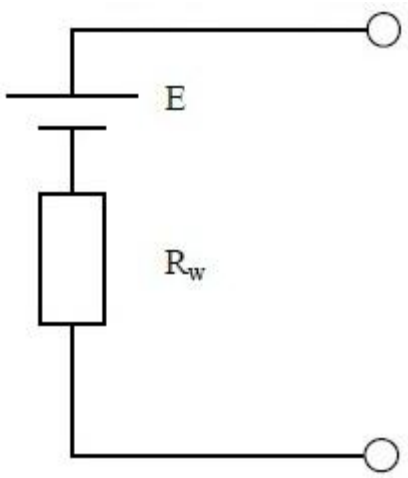
ΣR – rezystancja całego obwodu elektrycznego przez który płynie prąd I

Oporniki, grzejniki, żarówki stawiają przepływowi prądu elektrycznego pewien opór. Do jego pokonania potrzebne jest napięcie, które musi być dostarczone przez źródło napięcia. Źródłami napięcia stałego nazywać będziemy układ urządzeń, które daję nam energię elektryczną w postaci napięcia stałego. W zależności od tego, z jakiej postaci energii otrzymano energię elektryczną, źródła napięcia stałego dzielimy na: źródła elektromechaniczne, źródła chemiczne, źródła cieplne, źródła świetlne i źródła piezoelektryczne.

W każdym z powyższych źródeł zachodzi zamiana odpowiedniej postaci energii na energię elektryczną, objawiającą się napięciem.

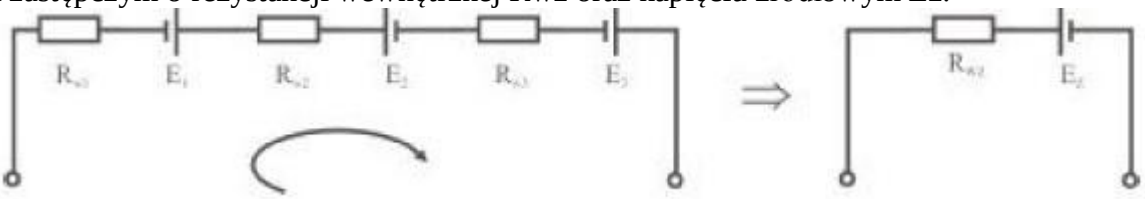
Rezystory, grzejniki, żarówki stawiają przepływowi prądu elektrycznego pewien opór. Do jego pokonania potrzebne jest napięcie, które musi być dostarczone przez źródło napięcia. Wielkością charakteryzującą każde źródło napięcia jest jego siła elektromotoryczna, czyli napięcie źródłowe, oznaczane literą E. Należy jednak pamiętać, że w źródłach elektromaszynowych prąd musi przepływać przez ich uzwojenia, a w źródłach elektrochemicznych przez elektrolit. Zarówno uzwojenia jak i elektrolit stawiają przepływowi prądu też pewien opór zwany **oporem wewnętrznym** albo **rezystancją wewnętrzną** źródła, którą oznaczamy literą R z dodaniem wskaźnika *w*, a więc R_w. W związku z tym zachodzi, wewnątrz źródła podczas przepływu prądu I strata mocy $P = R_w I^2$, powodująca wydzielanie się w czasie t ciepła $W = R_w I^2 t$.

Idealnym źródłem napięcia można by nazwać takie źródło napięcia, wewnątrz którego nie występuje strata mocy, co jest możliwe przy $R_w = 0$. Wówczas cała energia wytworzona w źródle zostaje przekazana odbiornikowi lub układowi odbiorczemu. Do opisania idealnego źródła napięcia potrzebna jest tylko znajomość jego siły elektromotorycznej.
Rzeczywiste źródło napięcia jest to źródło, do którego opisania potrzebne są dwie wielkości: siła elektromotoryczna i rezystancja wewnętrzna. W schematach elektrycznych umieszczamy obok symbolu źródła napięcia oznaczenie E dla źródła idealnego, a E, R_w dla źródła rzeczywistego. Jeszcze wyraźniej można przedstawić w schematach rzeczywiste źródło napięcia za pomocą źródła idealnego E i połączonego w szereg z nim opornika o rezystancji R_w**,** co nazywamy schematem zastępczym rzeczywistego źródła napięcia.



Rys. 4. Rzeczywiste źródło napięcia

Jeżeli mamy kilka źródeł napięciowych połączonych szeregowo, to można je zastąpić jednym, tzw. źródłem zastępczym o rezystancji wewnętrznej Rwz oraz napięciu źródłowym Ez.



Rys. 5. Połączenie szeregowe źródeł napięcia oraz ich źródło zastępcze

Wartość napięcia źródłowego źródła zastępczego E_z jest równa sumie algebraicznej napięć źródłowych E_1, E_2, E_3. Algebraiczna oznacza to, że należy obrać jeden kierunek i te napięcia źródłowe, które są zgodne z obranym kierunkiem mają znak plus, natomiast te, które są przeciwne znak minus

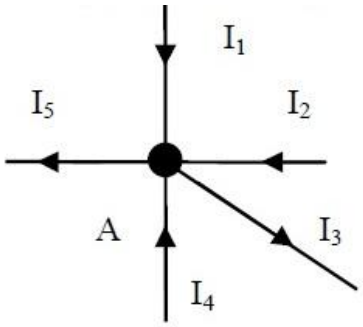
$$E_z = E_1 - E_2 + E_3$$

Rezystancja wewnętrzna R_{wz} jest równa sumie rezystancji wewnętrznych poszczególnych źródeł.

$$R_{WZ} = R_{W1} + R_{W2} + R_{W3}$$

4. Obwód rozgałęziony prądu stałego. Prawa Kirchhoffa. Połączenie szeregowe, równoległe i mieszane rezystorów

Pierwsze prawo Kirchhoffa dla węzła obwodu prądu stałego można sformułować następująco: **„Dla każdego węzła obwodu elektrycznego suma prądów dopływających do węzła jest równa sumie prądów odpływających od węzła"**



Rys. 7. Węzeł obwodu elektrycznego

Dla węzła przedstawionego na rys. 7 pierwsze prawo Kirchhoffa można wyrazić równaniem:

$$I_1 + I_2 + I_4 = I_3 + I_5$$

Jeżeli wyrazy prawej strony równania przeniesiemy na lewą stronę, otrzymamy równanie:

$$I_1 + I_2 + I_4 - I_3 - I_5 = 0$$

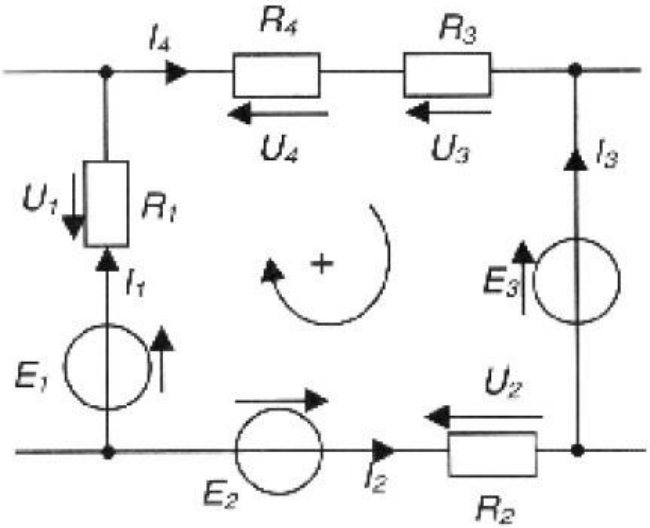
Równanie to wyraża sumę algebraiczną prądów w węźle obwodu elektrycznego, co stanowi alternatywną treść I prawa Kirchhoffa, mówiącą, że:

„Dla każdego węzła obwodu elektrycznego, algebraiczna suma prądów jest równa zeru".

Drugie prawo Kirchhoffa dotyczące bilansu napięć w oczku obwodu elektrycznego prądu stałego można sformułować następująco:

„**W dowolnym oczku obwodu elektrycznego prądu stałego suma algebraiczna napięć źródłowych oraz suma algebraiczna napięć odbiornikowych występujących na rezystancjach rozpatrywanego oczka jest równa zeru".**

Dla zrozumienia sposobu zapisywania II prawa Kirchhoffa w postaci równania rozpatrzymy dowolne wyodrębnione oczko obwodu elektrycznego (rys. 8).



Rys. 8. Wyodrębnione oczko obwodu elektrycznego

W oczku tym oznaczone są zwroty prądów w poszczególnych gałęziach oraz zwroty napięć na poszczególnych rezystorach (odbiornikach). Napięcia odbiornikowe zgodnie z prawem Ohma można zapisać jako:

$$U1 = I1 \cdot R1 \; ; \; U2 = I2 \cdot R2 \; ; \; U3 = I3 \cdot R3 \; ; \; U4 = I4 \cdot R4$$

Dla zapisania II prawa Kirchhoffa w postaci równania przyjmujemy pewien (dowolny) zwrot obiegowy oczka oznaczony strzałką wewnątrz oczka. Ten zwrot przyjmujemy za dodatni. Jeśli zwrot napięcia źródła lub odbiornika jest zgodny z tą strzałką, to te napięcia źródłowe i odbiornikowe przyjmujemy jako dodatnie. Jeśli zaś zwroty napięć są przeciwne, to znaki napięcia źródła lub odbiornika przyjmujemy jako ujemne. W rezultacie takich założeń otrzymujemy równanie:

$$E1 - E2 - E3 - U1 + U2 - U3 - U4 = 0$$

Po przeniesieniu napięć odbiornikowych na prawą stronę równania otrzymamy:

$$E1 - E2 - E3 = U1 - U2 + U3 + U4$$

Oznacza to, że II prawo Kirchhoffa możemy sformułować w postaci odpowiadającej powyższemu równaniu:

„W dowolnym oczku obwodu elektrycznego prądu stałego suma algebraiczna napięć źródłowych jest równa sumie algebraicznej napięć odbiornikowych".

Szeregowe łączenie rezystorów

Układ dwóch szeregowo połączonych rezystorów R1 i R2 (rys. 9a) chcemy zastąpić jednym równoważnym rezystorem R (rys. 9b), takim, który nie zmieni wartości prądu I. Zgodnie z II prawem Kirchhoffa możemy zapisać: U = U1 + U2

Rys. 9. Szeregowe połączenie rezystorów

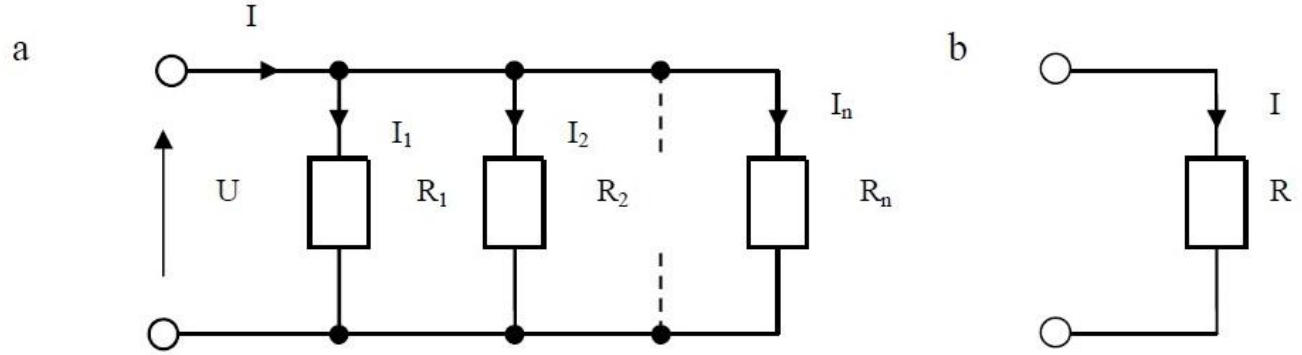
Po uwzględnieniu Prawa Ohma: U = I · R1 + I · R2 i po podzieleniu stron równania przez I otrzymamy: U/I = R1 + R2. Po zapisaniu prawa Ohma dla rys. 9b: U/I = R nietrudno zauważyć, że rezystancja zastępcza dwóch rezystorów połączonych szeregowo wynosi:

$$R = R1 + R2.$$

Analogiczna zależność obowiązuje dla dowolnej liczby rezystorów połączonych szeregowo i by uzyskać rezystancję zastępczą układu, należy zsumować rezystancję poszczególnych rezystorów obwodu. Napięcie na zaciskach układu szeregowego kilku rezystorów jest równe sumie napięć na poszczególnych rezystorach.

Równoległe łączenie rezystorów

Połączeniem równoległym kilku gałęzi w obwodzie elektrycznym nazywamy takie połączenie, przy którym na końcach tych gałęzi istnieje wspólne napięcie. Przykład takiego połączenia pokazano na rys. 10a.



Rys. 10. Równolegle połączenie rezystorów i jego schemat zastępczy

Prądy płynące poprzez poszczególne rezystory obliczamy dzieląc napięcie przez ich rezystancje albo mnożąc przez konduktancję:

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = G_1 \cdot U$$

Prąd wypadkowy I, dopływający do rozpatrywanego układu równoległego, jest równy sumie prądów w poszczególnych rezystorach.

$$I = I_1 + I_2 + \ldots + I_n$$

Gdybyśmy chcieli badany układ równoległy rezystorów zastąpić jednym opornikiem, który by przy tym samym napięciu U pobierał taki sam prąd I, to:

$$I = G \cdot U$$

$$G = G_1 + G_2 + \ldots + G_n$$

Wobec powyższego możemy stwierdzić, że konduktancja (przewodność) zastępcza układu równoległego kilku rezystorów jest równa sumie ich konduktancji.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} = \frac{1}{R_2} + \ldots + \frac{1}{Rn}$$

Odwrotność rezystancji zastępczej układu równoległego kilku rezystorów jest równa sumie odwrotności ich rezystancji.

Przy połączeniu równoległym n jednakowych rezystorów, każdy o rezystancji R_1 ich rezystancja zastępcza jest n razy mniejsza niż rezystancja jednego rezystora.

$$R = \frac{R_1}{n}$$

Niekiedy stosuje się szeregowo-równoległe połączenia rezystorów, zwane też połączeniami mieszanymi. Ze względu na możliwości takich połączeń nie istnieją wzory ogólne na obliczenie rezystancji zastępczej. Wyznacza się ją zwykle po kolei etapami obliczając rezystancję poszczególnych układów szeregowych i równoległych.