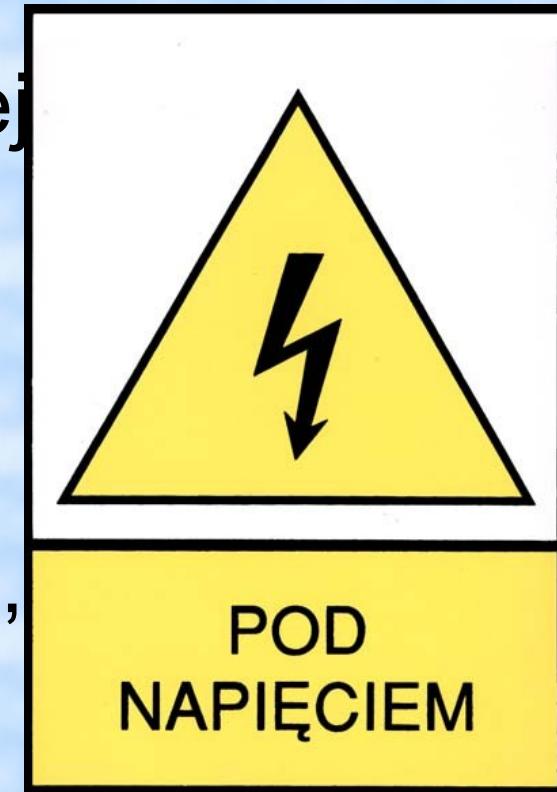


Wprowadzenie do pracowni elektrycznej i elektronicznej

Opracowanie:
mgr inż. Szczepan Marusiński

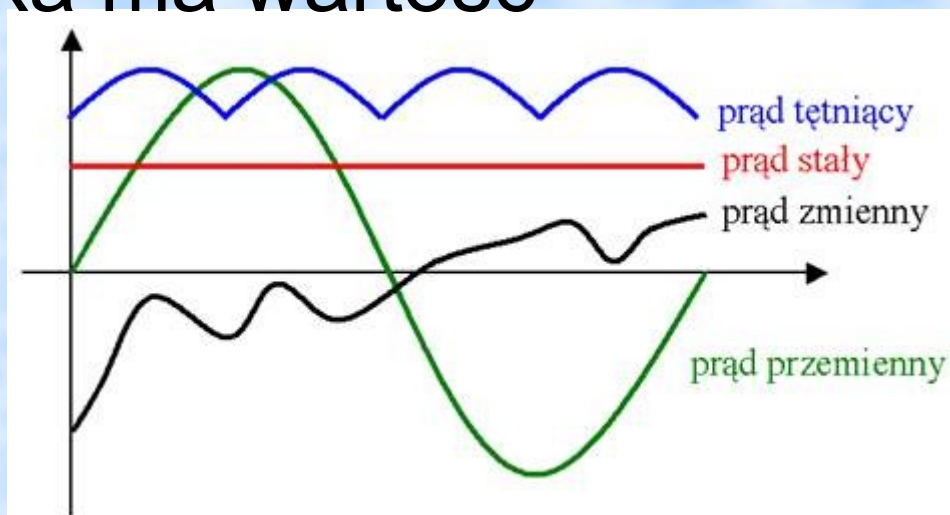
Najczęstsze przypadki porażenia prądem elektrycznym ludzi

- Prąd przemienny o częstotliwości 50 Hz i napięciu 400/230 V jest najbardziej rozpowszechnionym środkiem przenoszenia energii elektrycznej. Z tego powodu większość porażień i oparzeń ludzi prądem elektrycznym, nazywanych wypadkami elektrycznymi, występuje przy styczności człowieka z urządzeniami elektroenergetycznymi prądu przemiennego, przy czym najczęstsze są rażenia na drodze ręka - nogi lub ręka - ręka.



Prąd stały a prąd przemienny

- Prąd przemienny o częstotliwości od 15 do 100 Hz powoduje najgroźniejsze dla życia reakcje organizmu, stąd skutki rażenia nim rozpatruje się szczególnie wnikliwie.
- Prąd stały oraz o wysokiej częstotliwości jest mniej niebezpieczny. Napięcie stałe o poziomie bezpiecznym dla człowieka ma wartość dwukrotnie wyższą od napięcia przemiennego. Prąd o wysokiej częstotliwości płynie powierzchniowo.



Pośrednie działanie prądu (skutki środowiskowe)

Działanie pośrednie, powstające bez przepływu prądu przez ciało człowieka, powoduje takie urazy, jak:

- oparzenia ciała wskutek pożarów wywołanych zwarcieniem elektrycznym
- groźne dla życia oparzenia ciała łukiem elektrycznym, a także metalizacja skóry spowodowana osadzaniem się roztopionych cząstek metalu
- uszkodzenia wzroku wskutek dużej jaskrawości łuku elektrycznego
- uszkodzenia mechaniczne ciała w wyniku upadku z wysokości lub upuszczenia trzymanego przedmiotu.

Bezpośrednie działanie prądu

Działanie bezpośrednie - porażenie elektryczne wskutek przepływu prądu elektrycznego przez ciało ludzkie (tzw. prądu rażeniowego) może wywołać wiele zmian fizycznych, chemicznych i biologicznych w organizmie (a nawet śmierć człowieka) poprzez oddziaływanie na układ nerwowy oraz w wyniku elektrolizy krwi i płynów fizjologicznych.

Skutki rażenia prądem elektrycznym

Porażenie elektryczne może objawiać się:

- odczuwaniem bólu przy przepływie prądu, kurczami mięśni (skurcz mięśni dłoni może uniemożliwić samouwolnienie się porażonego)
- zatrzymaniem oddechu, zaburzeniami krążenia krwi
- zaburzeniami wzroku, słuchu i zmysłu równowagi
- utratą przytomności
- migotaniem komór sercowych (fibrylacja) - bardzo groźnym dla życia człowieka, gdyż zazwyczaj prowadzi ono do zejścia śmiertelnego
- oparzeniami skóry i wewnętrznych części ciała, do zwęglenia włącznie.

Wstrząs elektryczny

Bezpośrednio po rażeniu prądem, tzn. po przerwaniu przepływu prądu, może wystąpić wstrząs elektryczny, objawiający się przerażeniem, bladością, drżeniem ciała lub kończyn, nadmiernym wydzielaniem potu, stanem apatii lub euforii. Może również wystąpić obrzęk mózgu i utrata przytomności, połączona z zatrzymaniem krążenia krwi i brakiem oddechu. Skutki te mogą się ujawnić także po pewnym czasie - od kilku minut do kilku miesięcy.

Definicja porażenia prądem elektrycznym

Zjawisko porażenia ma miejsce wówczas, gdy występuje droga dla prądu rażeniowego i istnieje źródło napięcia wymuszającego przepływ takiego prądu. W praktyce dochodzi do tego, gdy człowiek styka się jednocześnie z dwoma punktami znajdującymi się pod różnymi potencjałami i zamyka się w ten sposób elektryczny obwód dla prądu rażeniowego.

Napięcie dotykowe

Napięcie dotykowe jest to napięcie między dwoma punktami nie należącymi do obwodu elektrycznego, z którymi mogą się zetknąć jednocześnie obie ręce lub ręka i noga człowieka.

Napięcie dotykowe spodziewane jest to największa wartość napięcia dotykowego w urządzeniach lub w instalacji elektrycznej w razie uszkodzenia izolacji, gdy wartość impedancji w miejscu zwarcia jest pomijalna.

Napięcie rażeniowe

Napięcie rażeniowe dotykowe jest to spadek napięcia wzdłuż drogi przepływu prądu przez ciało człowieka (czyli spadek napięcia na rezystancji ciała, na drodze ręka-nogi lub ręka-noga albo ręka-ręka).

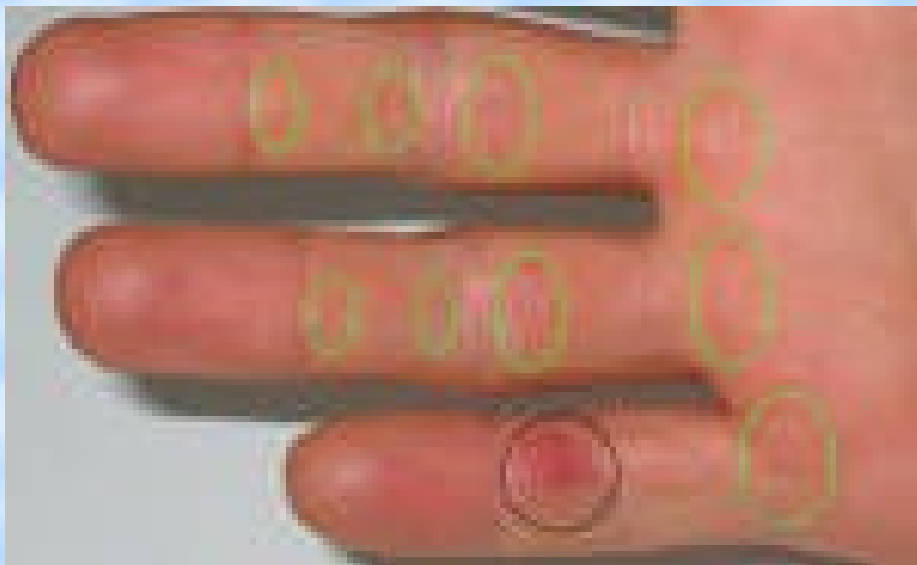
Napięcie krokowe jest to napięcie między dwoma punktami na powierzchni ziemi lub na powierzchni stanowiska pracy, odległymi od siebie o 1 m (jeden krok).

Skutki rażenia zależą od:

- rodzaju prądu, a więc czy jest to rażenie: prądem przemiennym o małej częstotliwości (15 -100Hz), prądem przemiennym o dużej częstotliwości, krótkotrwałymi, jednokierunkowymi impulsami prądowymi, prądem stałym
- wartości napięcia i natężenia prądu rażeniowego
- drogi przepływu prądu przez ciało człowieka,
- stanu psychofizycznego porażonego.
- czasu przepływu prądu rażenia,
- temperatury i wilgotności skóry,
- powierzchni styku z przewodnikiem

Impedancja naskórka

Impedancja naskórka (skóry) w dużym stopniu zależy od stanu fizycznego naskórka (gruby, cienki, zdarty, suchy, wilgotny, mokry) i od powierzchni styku z zewnętrznym obwodem elektrycznym.



Impedancja naskórka zależy od

- wartości napięcia dotykowego,
- wartości natężenia prądu,
- częstotliwości prądu,
- czasu przepływu prądu rażenia,
- temperatury i wilgotności skóry,
- powierzchni styku z przewodnikiem,
- siły docisku przewodnika do naskórka.

Napięcie dotykowe, V	Graniczne wartości impedancji człowieka dla różnych części populacji, Ω		
	5% populacji	50% populacji	95% populacji
25	1750	3250	6100
50	1450	2625	4375
75	1250	2200	3500
100	1200	1875	3200
125	1125	1625	2875
220	1000	1350	2125
700	750	1100	1550
1000	700	1050	1500
pow. 1000	650	750	850

Warunki środowiskowe normalne

- Warunki normalne, w których wartość rezystancji ciała ludzkiego mierzonej w stosunku do ziemi jest nie mniejsza niż 1000 Ω ; do środowisk normalnych zalicza się: lokale mieszkalne, biurowe, sale widowiskowe, szpitalne, szkolne itp.,



Warunki środowiskowe szczególne

Warunki szczególne, w których wartość rezystancji ciała człowieka mierzona w stosunku do ziemi jest mniejsza niż $1000\ \Omega$; do środowisk szczególnych zalicza się: tereny otwarte, łazienki i natryski, sauny, obory, chlewnie, pomieszczenia produkcyjne o wilgotności względnej większej niż 75 % oraz o temperaturze wyższej niż 35°C lub mniejszej niż -5°C . W takich warunkach środowiskowych pomieszczenia są zwykle wilgotne, wilgotna jest również skóra człowieka, a podłogi (podłóża) charakteryzują się małą rezystancją.

Warunki środowiskowe specjalne

Dodatkowo wyróżnia się warunki środowiskowe specjalne (W3), np. baseny kąpielowe lub wnętrza metalowych zbiorników, dla których dopuszczalne wartości napięć rażeniowych dotykowych powinny być mniejsze niż dla klasy W2.



Odczuwane skutki rażenia prądem przemiennym 50 – 60 Hz

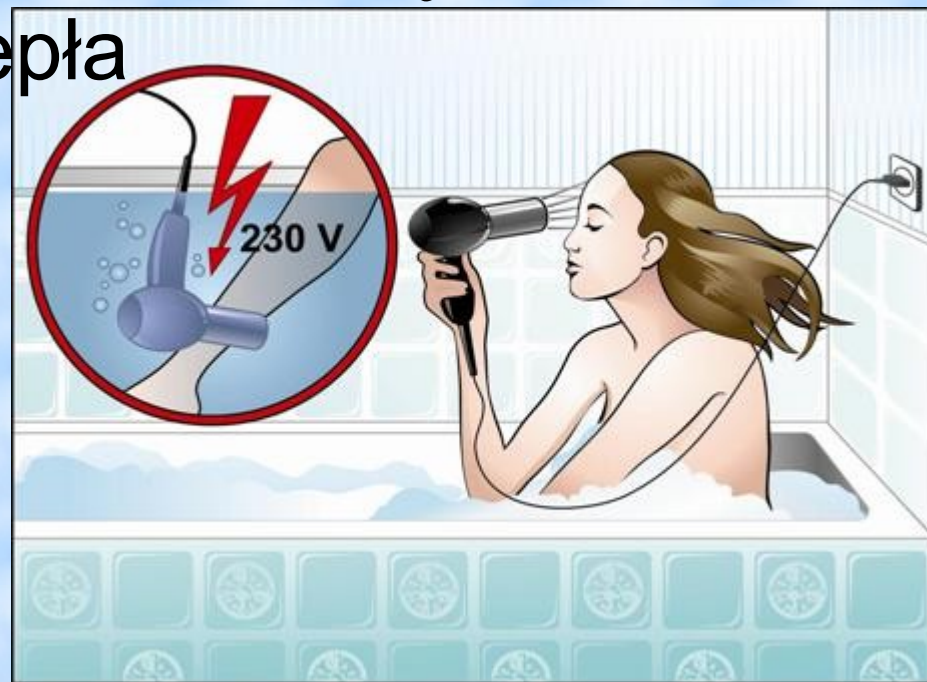
Natężenie prądu w mA

- 0.5 Brak widocznych reakcji.
- 1 – 1.5 Początek odczuwania
- 1 – 3 Odczuwanie bezbolesne.
- 3 – 6 Początek skurczów mięśni i odczucie bólu.
- 10 – 15 Silne skurcze mięśni, trudności z oderwaniem rąk od przewodu, silne bóle w palcach, ramionach i plecach.
- 15 – 25 Bardzo silne skurcze i bóle, samodzielne oderwanie się jest niemożliwe, trudności z oddychaniem.
- 30 Początek paraliżu dróg oddechowych, możliwość utraty przytomności.
- 75 Początek migotania komór sercowych
- 250 Migotanie komór sercowych w czasie pow. 0.4 s
- 4000 Paraliż i zatrzymanie akcji serca.

Odczuwane skutki rażenia prądem stałym

Natężenie prądu w mA

- 5 - 8 Początek odczuwania przepływu prądu
- 10 - 15 Uczucie ciepła
- 20 - 25 Powstawanie skurczów mięśni, znaczne odczuwanie ciepła
- 1200 Powoduje śmierć



Przebieg rażenia

W chwili rażenia zamiast miarowych, okresowych skurczów komór pojawiają się niemiarowe, nieokresowe skurcze, o częstotliwości 400 do 600 na min.

Jednocześnie ciśnienie krwi gwałtownie maleje i jej przepływ może być zatrzymany, co spowoduje w pierwszej kolejności niedotlenienie mózgu, a po czasie około 10 s - utratę przytomności. Jeżeli proces będzie trwał dłużej, po dalszych 20 s nastąpi zatrzymanie oddychania i początek śmierci klinicznej.

Czas na udzielenie pomocy

Rażonego człowieka można jeszcze uratować, jeżeli udzieli mu się skutecznej pomocy przed upływem 3 do 5 min, tzn. przed upływem czasu, jaki bez dopływu tlenu może przeżyć kora mózgowa.

Śmierć człowieka rażonego prądem elektrycznym o wartości wywołującej migotanie komór serca lub skurcz tężcowy mięśni oddechowych następuje nie na skutek bezpośredniego uszkodzenia tych organów, ale z powodu zakłócenia naturalnych procesów życiowych. Przy prądach rażenia o wartości większej (około 1 A) śmierć może nastąpić z powodu zatrzymania akcji serca i krążenia krwi.



Pierwsza pomoc po porażeniu



1. Odciąć źródło rażenia

Nie wolno dotykać osoby porażonej prądem, zanim nie odłączy się jej od źródła prądu. Odłącz bezpieczniki (korki), wyjmij z gniazdka wtyczkę urządzenia elektrycznego, które spowodowało porażenie. Użyj do tego przedmiotu który nie przewodzi prądu (np. drewnianego kija od szczotki), odsuń kabel elektryczny od uszkodowanego.

2. W jakim stanie jest poszkodowany?

Sprawdź stan poszkodowanego

- Czy jest przytomny
- Czy oddycha



3. Wezwij pomoc

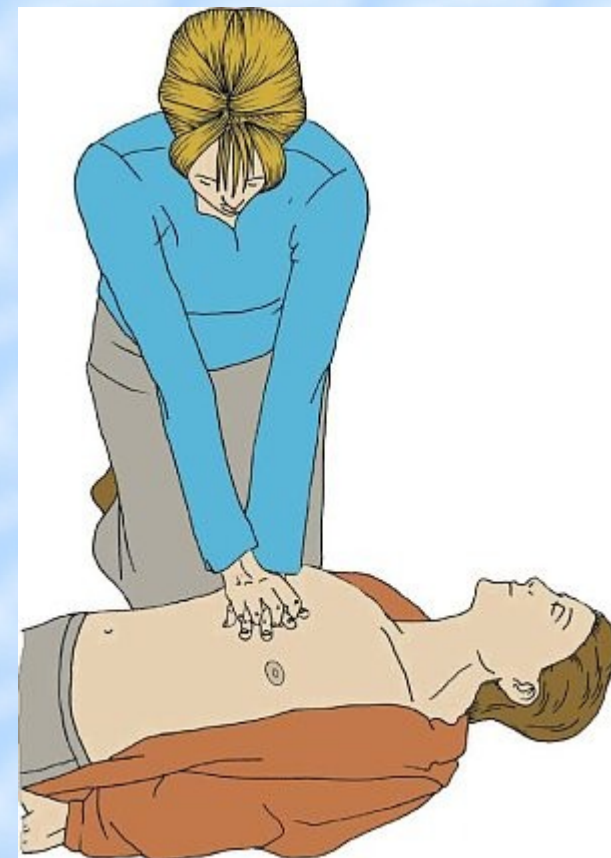
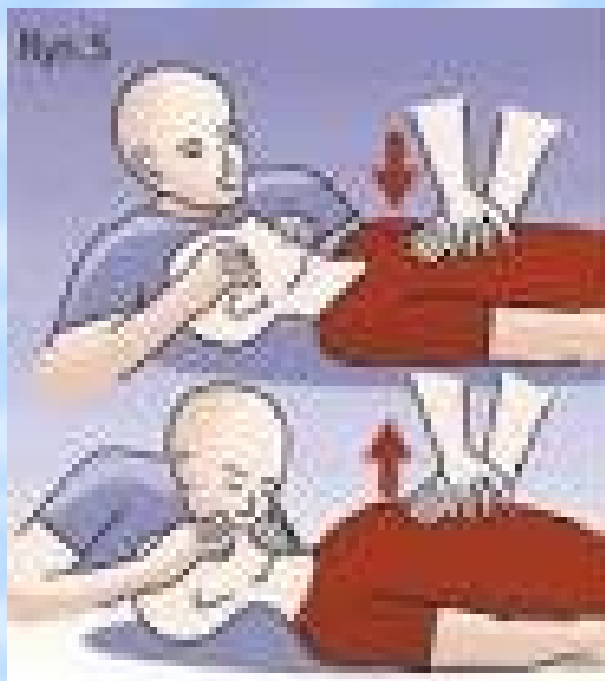
Wezwij Pogotowie Ratunkowe nr tel to 999 lub 112



4. Reanimacja

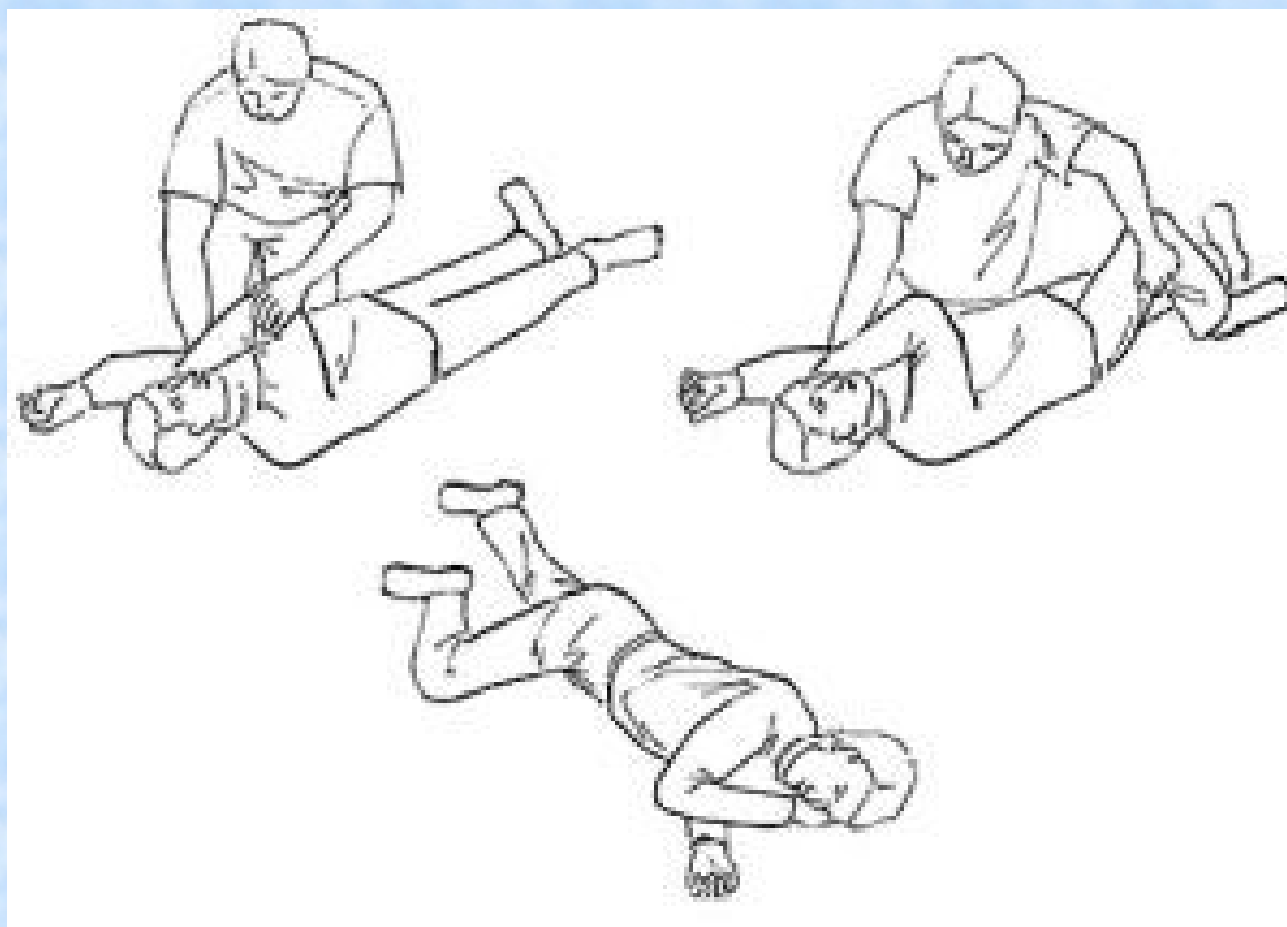
Jeśli ratowany nie oddycha przystąp do reanimacji.

- Proporcja uciśnień do wentylacji 30:2



5. Ułożenie poszkodowanego

Jeśli ratowany jest nieprzytomny, ale oddycha, ułóż go w pozycji bocznej.



6. Opatrzenie poparzeń

- Załóż opatrunek na oparzone miejsce.



7. Nie zostawiaj poszkodowanego

Zostań z poszkodowanym do czasu przybycia Pogotowia Ratunkowego i przejęcia opieki na poszkodowanym.

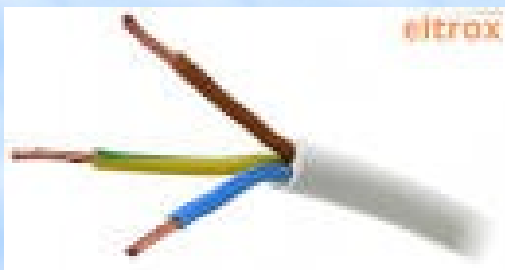


Ochrona przeciwporażeniowa



Ochrona podstawowa (przed dotykem bezpośrednim)

1. Izolowanie części czynnych
2. Stosowanie obudów, przegród, przeszkód i barier
3. Umieszczenie poza zasięgiem ręki

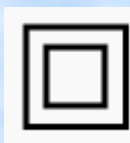


Ochrona dodatkowa (przed dotykiem pośrednim)

1. Samoczynne wyłączenie zasilania
 - a) Urządzeniami ochronnymi przetężeńowymi
 - b) Urządzeniami ochronnymi różnicowoprądowymi
2. Odbiorniki klasy ochronności II lub równoważne
3. Separacja elektryczna
4. Izolowanie stanowiska
5. Połączenia wyrównawcze (połączenie z uziemieniem)
 - a) Główne połączenia wyrównawcze
 - b) Miejscowe połączenia wyrównawcze

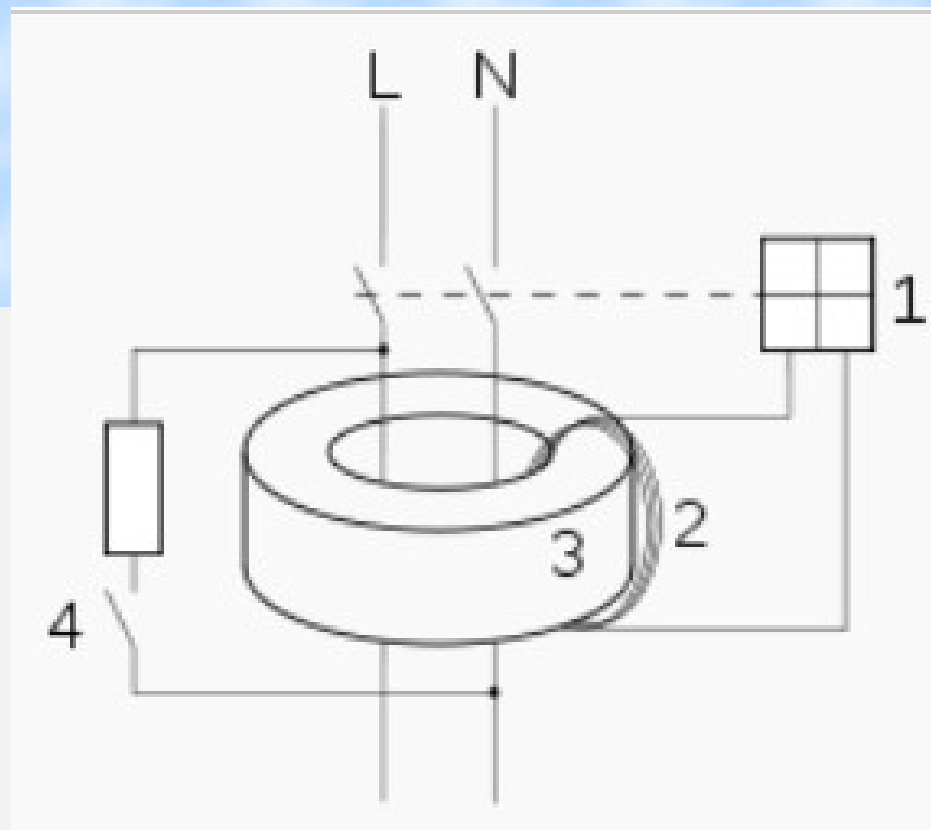
Klasy ochronności urządzeń

- 0 klasa ochronności – tylko ochrona podstawowa
- I klasa ochronności – obudowa podłączona do uziemienia
- II klasa ochronności – podwójna izolacja nie wymaga podłączenia uziemienia
- III klasa ochronności – urządzenia zasilane napięciem bezpiecznym



Wyłącznik różnicowo-prądowy

1. Mechanizm wyłączania zestyków.
2. Uzwojenie wtórne przekładnika Ferrantiego.
3. Rdzeń ferromagnetyczny.
4. Obwód testowy.



Transformator separacyjny

- Transformator separacyjny to specjalny transformator, którego przekładnia jest równa 1 (napięcie wyjściowe jest równe napięciu wejściowemu) oraz posiada separację galwaniczną między uzwojeniem pierwotnym i uzwojeniem wtórnym. Warunkiem skuteczności jest zasilanie tylko odbiornika z jednego transformatora i nieuziemiony punkt zerowy uzwojenia wtórnego.





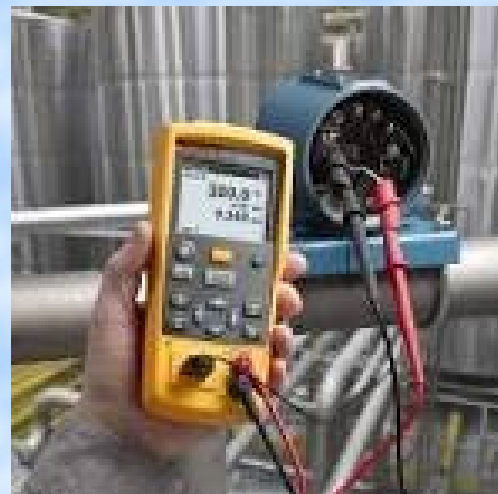
Zasady wykonywania ćwiczeń



3 etapy wykonywania ćwiczeń

1. Zapoznanie z teorią.
2. Praca na stanowisku badawczym.
3. Opracowanie wyników badań.





Aparatura pomiarowa

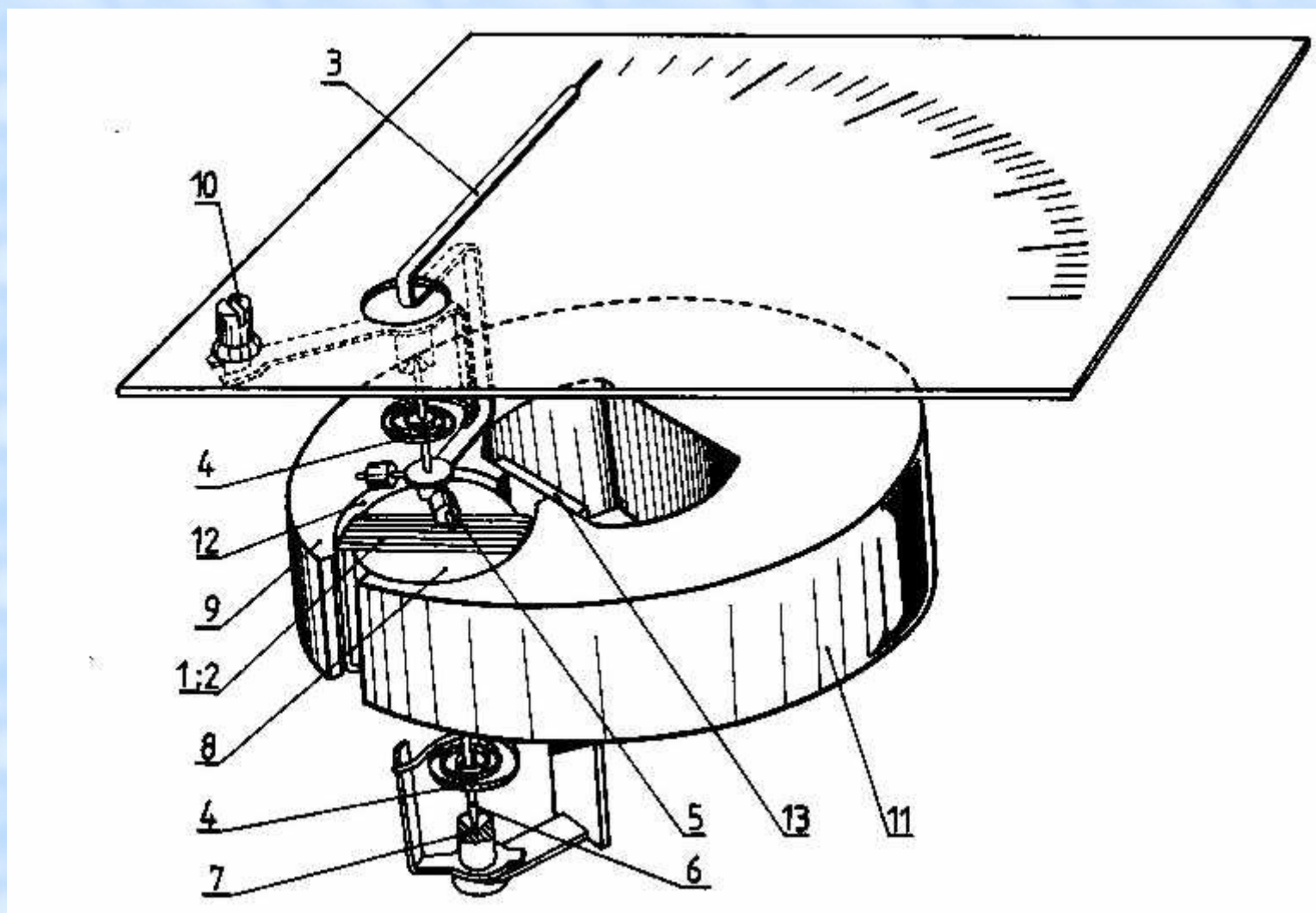


Ustroje analogowe

- Magnetoelektryczny
- Elektromagnetyczny
- Elektrodynamiczny
- Ferrodynamiczny
- inne

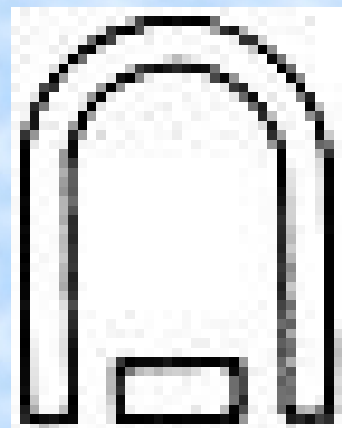


Ustrój magnetoelektryczny

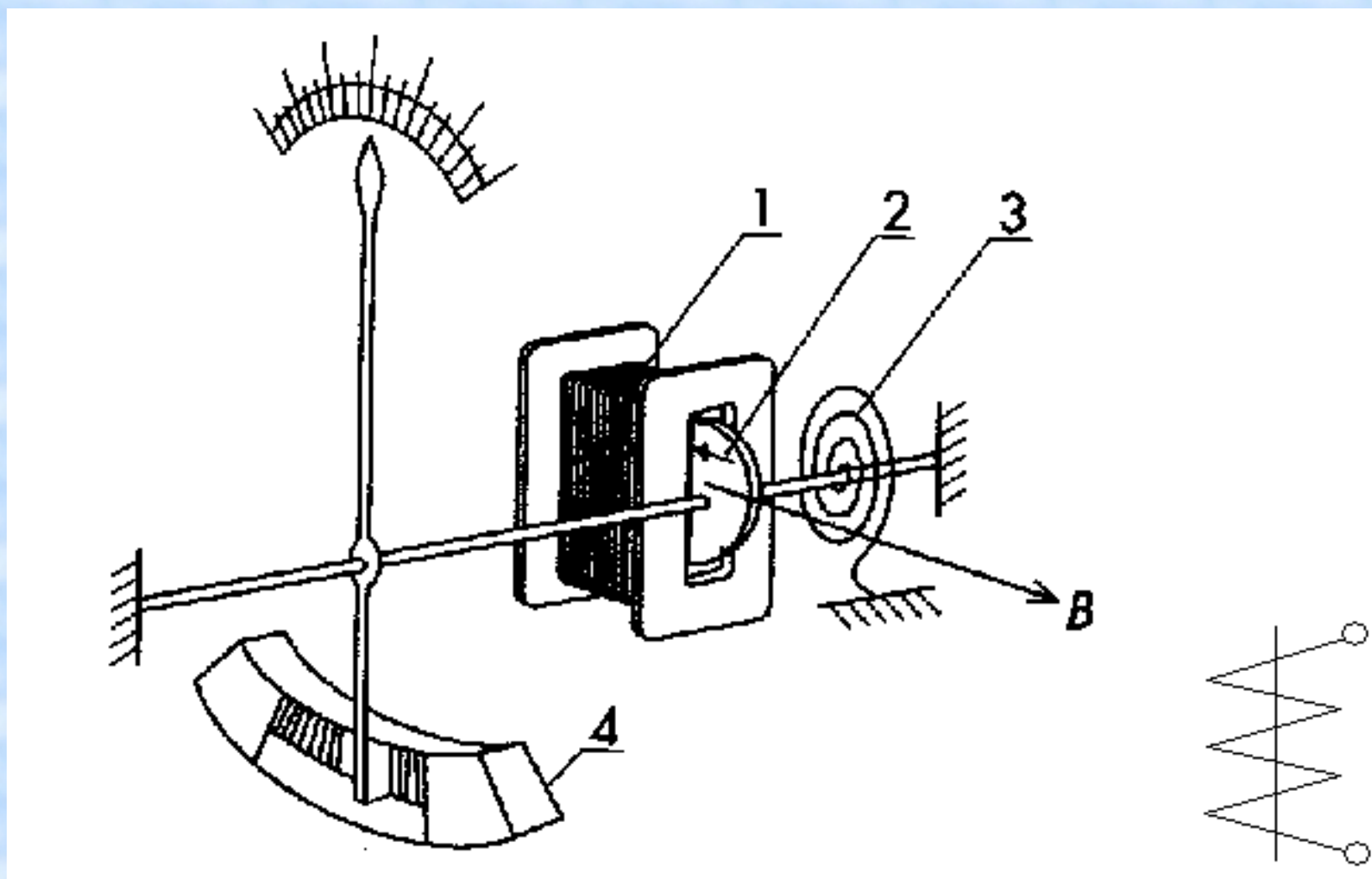


Ustrój magnetoelektryczny

Miernikami magnetoelektrycznymi nazywamy mierniki, w których odchylenie organu ruchomego następuje w wyniku współdziałania pola magnetycznego magnesu trwałego i ruchomej cewki, przez którą płynie prąd. Jest on typowym miernikiem prądu stałego reagującym na zwrot przepływającego prądu.



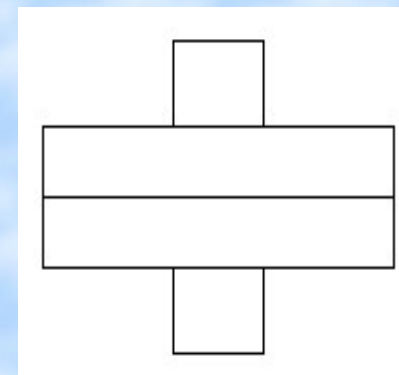
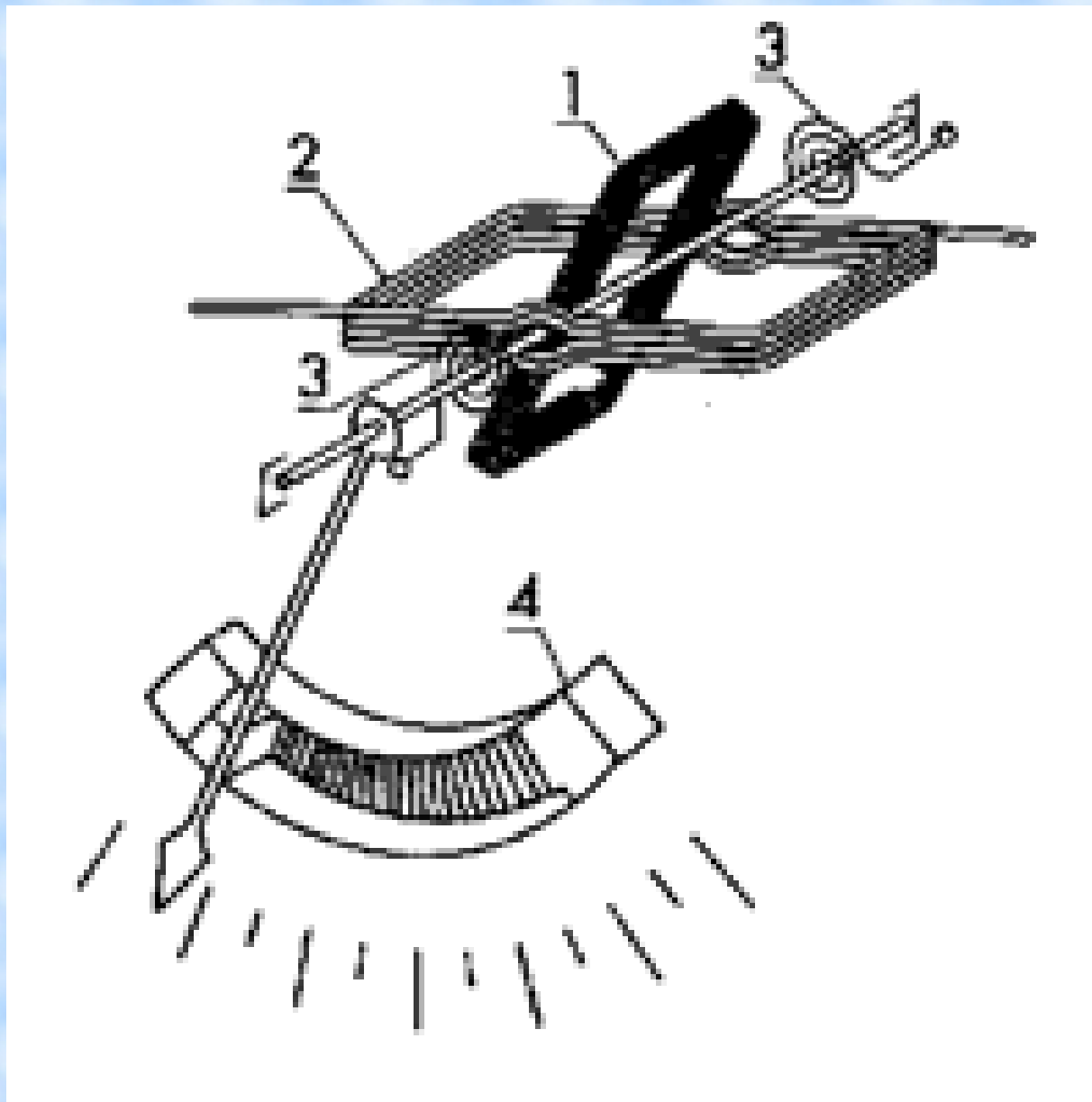
Ustrój elektromagnetyczny



Ustrój elektromagnetyczny

Zasada działania ustroju elektromagnetycznego polega na wzajemnym oddziaływaniu elementu ruchomego wykonanego z materiału ferromagnetycznego z cewką przez którą płynie prąd mierzony. Są one konstrukcyjnie proste i niezawodne w użytkowaniu, co jest spowodowane brakiem ruchomej cewki. Najczęściej w tym ustroju wykonuje się mierniki prądu przemiennego (amperomierze i woltomierze). Mierniki tego typu rzadko są stosowane do pomiarów prądu stałego.

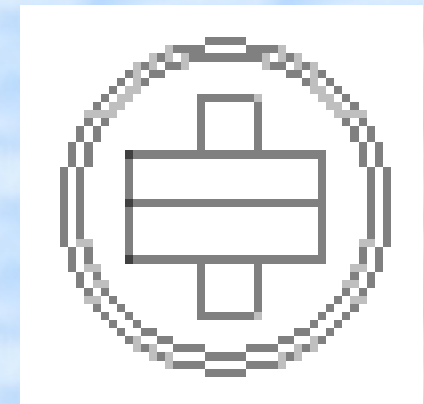
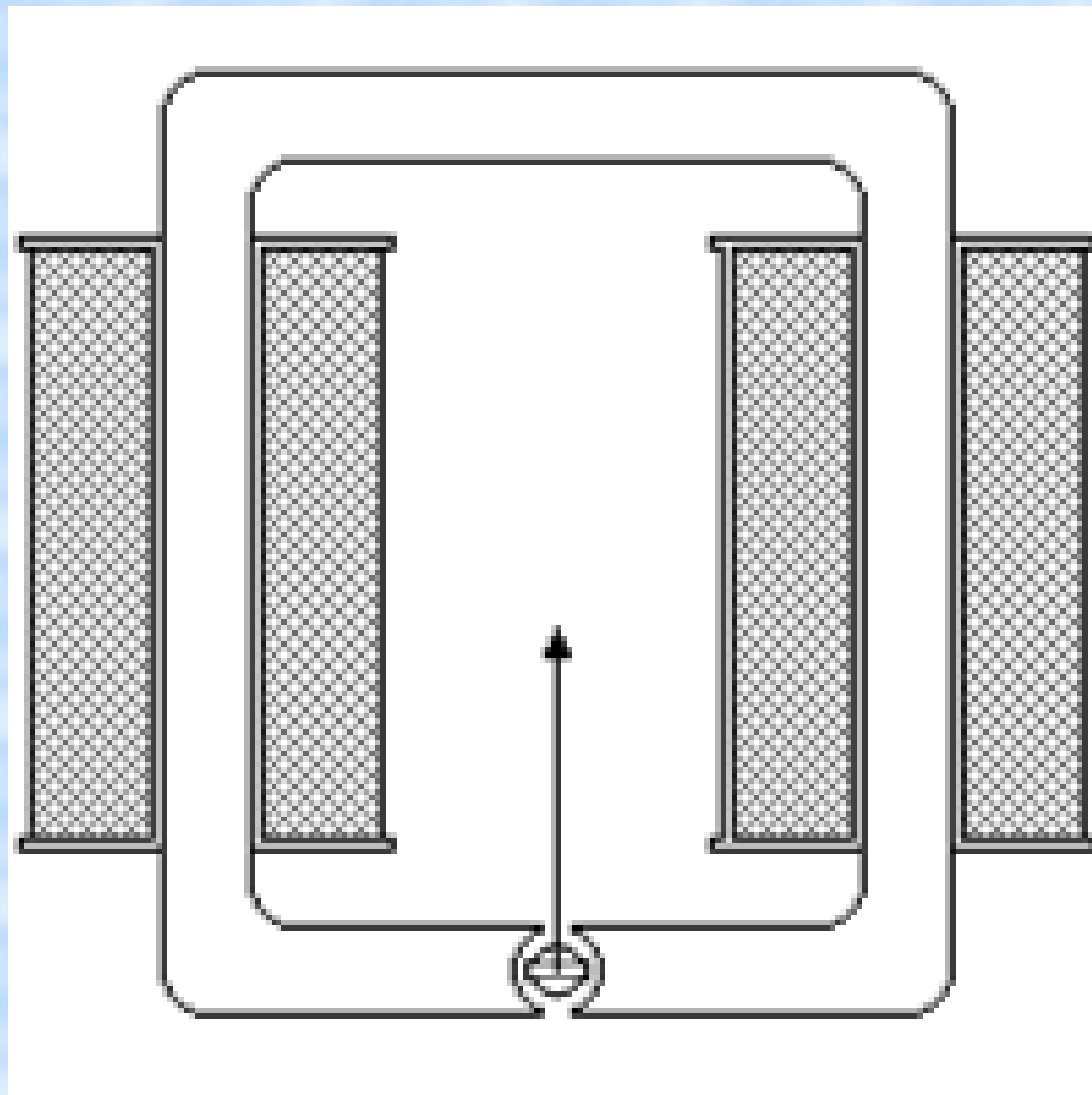
Ustrój elektrodynamiczny



Ustrój elektrodynamiczny

Zasada działania ustroju elektrodynamicznego polega na wzajemnym oddziaływaniu dwóch cewek w których płyną prądy. Pierwsza z nich (ruchoma), umieszczona jest wewnątrz drugiej (nieruchoma). W zależności od przeznaczenia miernika cewki mogą być połączone szeregowo, równoległe lub przez każdą z nich może płynąć prąd z innego obwodu. Ustrój ten najczęściej stosowany jest w watomierzach oraz waromierzach, a także amperomierzach i woltomierzach wartości skutecznej prądu przemiennego o małej częstotliwości.

Ustrój ferrodynamiczny

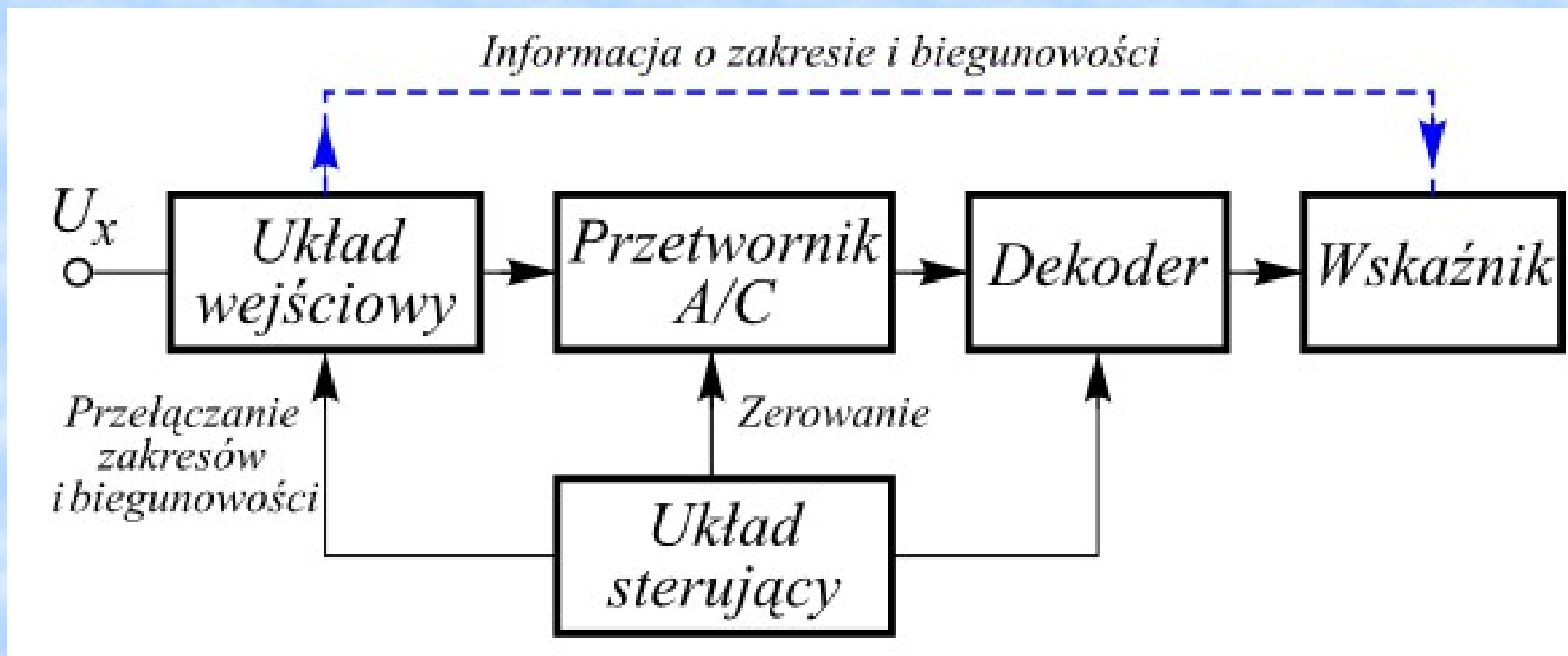


Ustój ferrodynamiczny

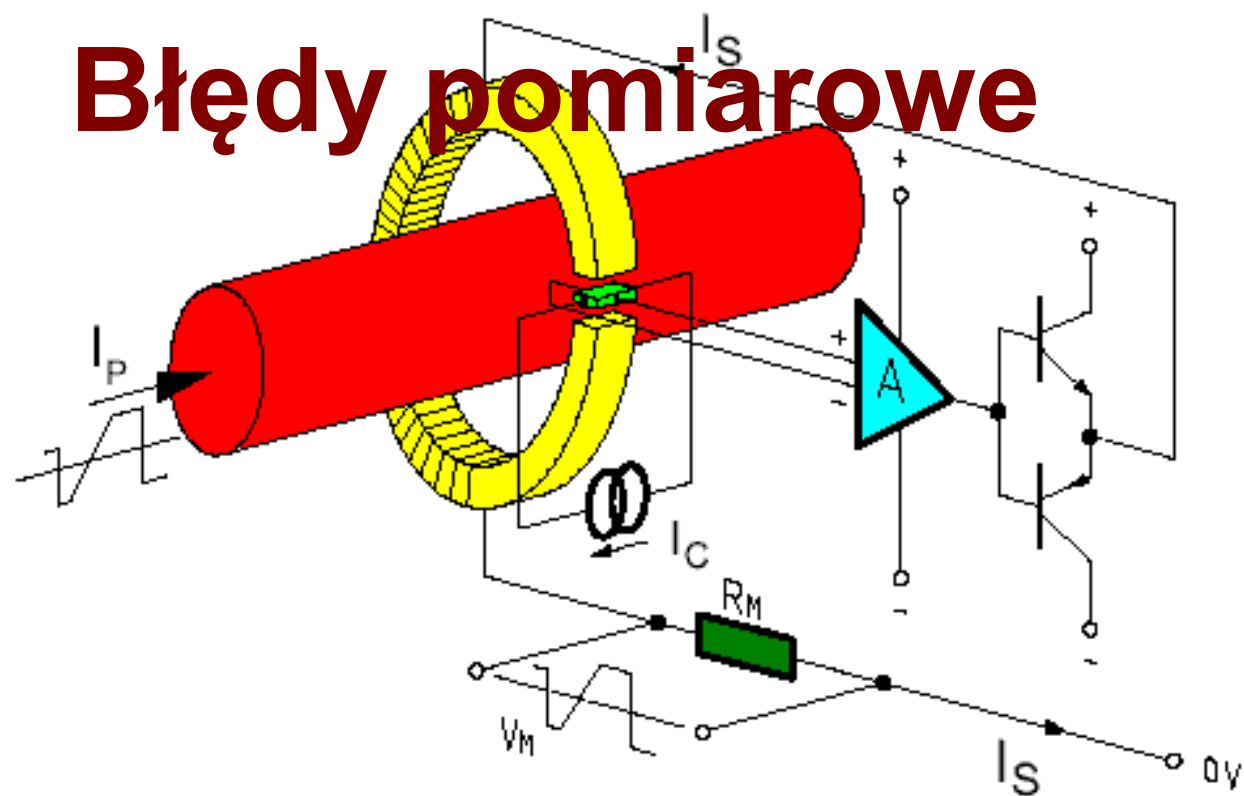
Działa na takiej samej zasadzie jak ustrój elektrodynamiczny, z tym, że materiałem magnetycznie czynnym w obwodzie magnetycznym jest ferromagnetyk, co zwiększa jego dokładność. Jego zastosowania są identyczne jak ustroju elektrodynamicznego.



Woltomierz cyfrowy



Błędy pomiarowe



Błąd bezwzględny

Jest to różnica między wartością zmierzoną x , a wartością rzeczywistą

$$\Delta x = x - x_0$$

przy czym wartość rzeczywista nie jest znana.

Dla miernika analogowego:

$$\Delta x = \frac{kl \cdot Z}{100}$$

Z – zakres pomiarowy, kl – klasa miernika

Błąd względny

Jest to iloraz błędu bezwzględnego do wielkości mierzonej

$$\delta_x = \frac{\Delta x}{x_0} = \frac{x - x_0}{x_0}$$

W metrologii służy głównie do oceny dokładności przyrządów pomiarowych pracujących na różnych zakresach pomiarowych.

Błąd paralaksy

Paralaksa jest zjawiskiem błędnego odczytu wskazania przyrządu pomiarowego, wynikającym z nieodpowiedniego kąta patrzenia człowieka na to urządzenie, skutkiem czego linia wzroku przechodząc przez element wskazujący. Różnica pomiędzy odczytem rzeczywistym a wartością odczytu poprawnego nazywana jest błędem paralaksy.

Błąd paralaksy

