

A/. PRZYRZĄDY GALWANOMETRYCZNE Z RUCHO- MYM MAGNESEM.

1/. ZASADA DZIAŁANIA.

Część ruchomą przyrządu stanowi magnes, część nieruchomą - cewka, przez którą przepływa mierzony prąd. Magnes znajduje się w polu wytworzonym przez prąd cewki.

Moment kręjący M_i , wywierany przez prąd na magnes, jest pewną funkcją momentu magnetycznego M magnesu, czyli:

$$M_i = f(M) = \delta J$$

$$M = l \cdot m$$

Wobec powyższego stała dynamiczna δ jest również proporcjonalna do momentu M , t.j.

$$\delta = \gamma M$$

Współczynnik γ nazywa się funkcją galwanometryczną cewki, zależną od jej kształtu, liczby zwojów, odległości od magnesu i t.p. Jeżeli założymy $M=1$, to wówczas $\gamma = \delta$, zatem funkcja galwanometryczna jest równa momentowi kręcącemu, wywieranemu przez jednostkę natężenia prądu na magnes o momencie magnetycznym równym jedności.

Przy stałym kształcie cewki funkcja galwano-

metryczna jest zależna od jej liczby zwojów

Z t.j. $\gamma = f(z)$ Przy zachowaniu tej samej objętości zwojów cewki, a zmiennym przekroju drutu, opór R_g cewki rośnie z kwadratem liczby zwojów, t.j. $R_g = f_1(z^2)$, gdyż oprócz zwiększenia liczby zwojów występuje zmniejszenie przekroju. Z powyższego wynika, że:

$$\gamma = f_2(\sqrt{R_g})$$

Zakładamy:

$$\gamma = \gamma_0(\sqrt{R_g})$$

i przypuścmy, że $R_g = 1\Omega$, to wówczas $\gamma = \gamma_0$; zatem γ_0 jest funkcją galwanometryczną cewki, przerachowaną na jej opór równy 1Ω .

Stała przyrządu będzie:

$$c = \frac{D}{\gamma} = \frac{D}{\gamma M} = \frac{D}{\gamma_0 \sqrt{R_g} M}$$

Siłę zwracającą D , którą tu można w dużych granicach zmieniać magnesem kierującym, można wyrazić według wzoru na czas wahnienia nietłumionego: $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{\Theta}{D}}$, gdzie Θ jest momentem bezwładności magnesu względem jego osi obrotu, stąd otrzymamy: $D = \frac{4\pi^2 \Theta}{T_0^2}$

Zatem stała przyrządu:

$$C = \frac{4\pi^2 \Theta}{T_0^2 \sqrt{R_g} g_0 M}$$

jest więc ona zależna od czterech zmieniających się czynników, a mianowicie: Θ , M , T_0 i R_g , z których Θ i M wpływają na konstrukcję przyrządu, zaś T_0 i R_g - na wybór galwanometru, stosownie do metody pomiaru i ze względu na jego czułość.

Stała galwanometru jest więc funkcją dwóch wielkości, a mianowicie $\frac{\Theta}{M}$ oraz $\frac{1}{T_0^2 \sqrt{R_g}}$ t.j. $C = f_3\left(\frac{\Theta}{M}\right)$ i $C = f_4\left(\frac{1}{T_0^2 \sqrt{R_g}}\right)$

Zatem czułość galwanometru wyrazi się jako:

$$C = \mathcal{C}_3\left(\frac{M}{\Theta}\right) \text{ i } C = \mathcal{C}_4\left(T_0^2 \sqrt{R_g}\right)$$

Galwanometry o tym samym oporze i czasie wahnienia nietłumionego są tem czulsze, im większy jest stosunek $\frac{M}{\Theta}$; jak to wynika z powyższych wzorów na czułość. To prowadzi do stosowania magnesów bardzo lekkich, o małym momencie bezwładności, a możliwie dużym momencie magnetycznym. Natomiast w razie równych M i Θ , ten galwanometr jest czulszy, który posiada większy czas wahnienia nietłumio-

nego T_0 i opór wewnętrzny R_g . Opór wewnętrzny galwanometru może wpłynąć na czułość całego układu; bowiem odchylenie α galwanometru zależy, jak wiemy, od prądu I oraz stałej przyrządu c , gdyż $I = c\alpha$, czyli odchylenie $\alpha = \frac{I}{c}$. To odchylenie jest pewną funkcją oporu całego obwodu galwanometru, gdyż prąd:

$$I = f_5 \left(\frac{1}{R_z + R_g} \right)$$

gdzie R_z jest oporem zewnętrznym obwodu, zaś stała przyrządu:

$$c = f_6 \left(\frac{1}{\sqrt{R_g}} \right)$$

a zatem odchylenie:

$$\alpha = f_7 \left(\frac{\sqrt{R_g}}{R_z + R_g} \right)$$

Z ostatniego wzoru wynika, że odchylenie α osiąga maximum gdy $R_z = R_g$, to znaczy układ ma największą czułość, jeżeli opór galwanometru jest równy oporowi zewnętrznemu obwodu.

Aby móc porównywać czułość różnych galwanometrów, wprowadzono t.zw. czułość normalną

C_0 , która odnosi się do galwanometru o oporze 1Ω i czasie pełnego wzniesienia nietłumio-

nego 10 sekund. Wówczas czułość /zwykła/ C , odnosząca się do galwanometru o oporze R_g czasie T_0 , i tym samym Θ i M , t.zn. tego samego typu, będzie:

$$C = C_0 \left(\frac{T}{T_0} \right)^2 \sqrt{R_g}$$

$$\frac{C}{C_0} = \frac{T^2 \sqrt{R_g}}{T_0^2 \cdot 1}$$

Największa czułość normalna, jaką zdołano osiągnąć, wynosi dla galwanometrów zwierciadełkowych 60 - 80 działek na 1 mikroamper. Przeciennie dobre przyrządy mają $C_0 = 30$.

Galwanometry z ruchomym magnesem posiadają oprócz zalety, którą jest duża czułość, także i pewne wady, którymi są:

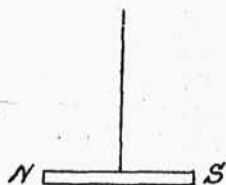
1/ znaczna czułość na wpływy magnetyczne zewnętrzne,

2/ galwanometry astatyczne mają zwiększony czas wahnienia, a zanadto astatyczne nie mają siły kierującej i stają się przetłumione. Z powyższych względów te galwanometry są używane tylko jako przyrządy laboratoryjne, w technice zaś nie znajdują zastosowania.

W praktyce technicznej używane są natomiast galwanometry z ruchomą cewką.

2/ IGŁY MAGNETYCZNE.

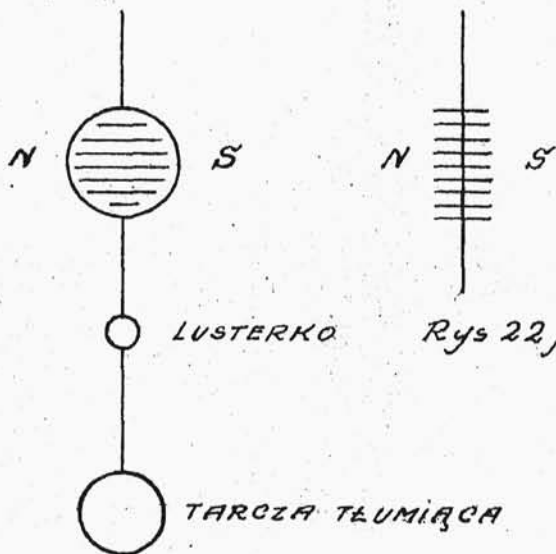
a/ Igła pojedyncza /rys.21/. Igła krótka posiada mały moment bezwładności, lecz również



Rys. 21.

mały moment magnetyczny, a prócz tego występuje w niej od magnesowujące działanie biegunów, które prawie uniemożliwia stosowanie bardzo krótkich igieł.

b/ Igła złożona /Thomsona/. W celu zmniej-

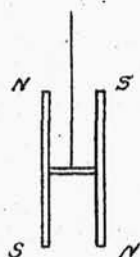


Rys 22 b.

Rys. 22 a.

szenia momentu bezwładności oraz działania od-
magnesowującego biegunów, igła jest podzielo-
na na kilka równoległych i cienkich magnesów,
nalepionych w małych odstępach na płytce okrąg-
łej /rys.22 α / lub wprost przymocowanych
do osi obrotu /rys.22 β /. Odstęp pomiędzy
magnesami winien być taki, aby bieguny ich
nie oddziaływały na siebie. Igły Thomsonowskie
są najbardziej czułymi.

c/ Igła podwójna /Weissa/ /rys.23/. Dwie

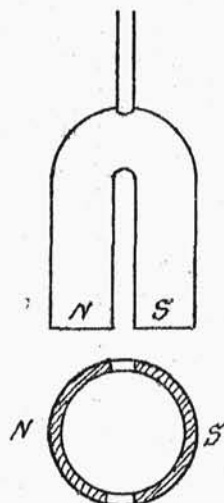


Rys. 23.

jednakowe igły pionowe są umieszczone w małej
odległości od siebie i symetrycznie względem
osi obrotu w ten sposób, że bieguny ich są skie-
rowane przeciwnie. Wskutek ich znacznej długoś-
ci, działanie odmagnesowujące jest małe. Jedno-
stajne pole zewnętrzne wpływa również w niewiel-
kim stopniu. Nazewnątrz występuje tylko różnica
działań tych dwóch magnesów. Wskutek dużego mo-
mentu bezwładności igła ta jest gorsza od po-

przednich.

d/ Magnes dzwonkowy /Siemensa/ /rys.24/.



Rys. 24.

Przy tym kształcie długość magnesu jest znaczna, wskutek czego moment magnetyczny jest duży, zaś działanie odmagnesowujące - małe. Z powodu małej odległości biegunów od osi obrotu moment bezwładności posiada wartość niewielką. Ten rodzaj magnesu jest mniej czuły od igieł Thomsona, i z powodu większego momentu bezwładności, nadaje się do galwanometrów balistycznych.

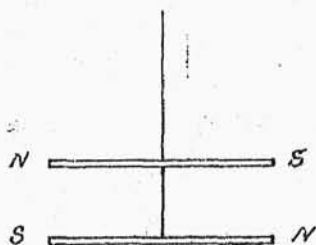
Magnesy astatyczne.

Wadą magnesów, przytoczonych poprzednio, jest wpływ pola magnetycznego ziemskiego, który staramy się zniweczyć, dając osłony magnetyczne,

pochłaniające linie tego pola; działają one również tłumiąco na system ruchomy.

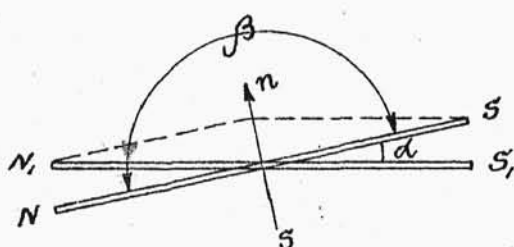
Innym sposobem, służącym do wyeliminowania wpływu pola ziemskiego i wogóle obcych pól magnetycznych, jest stosowanie igieł astatycznych lub magnesów kierujących.

Igła astatyczna /rys. 25/ składa się z dwóch



Rys. 25.

jednakowych igiełek, umieszczonych nad sobą i skierowanych biegunami przeciwnie. Aby pole magnetyczne, wytworzone przez cewkę, mogło na taki układ działać, umieszcza się dwie cewki, działające w tym samym kierunku na obie igiełki. Absolutnej astatyczności nigdy osiągnąć nie można, z powodu niezupełnej identyczności i równoległości igiełek. Rys. 26 uwidocznia rzut z góry obydwóch igiełek, w których obydwie prawie identyczne igiełki tworzą pomiędzy sobą kąt α .



Rys. 26.

Wypadkowy moment magnetyczny Sn , pochodzący od obcego pola, leży na dwusiecznej kąta β jest on tem mniejszy, im bardziej równoległe leżą igły do siebie; wtedy tem mniejsza będzie siła zwracająca, pochodząca od obcych pól.

Magnesy kierujące. Aby uniezależnić się od wpływu pola magnetycznego ziemi, umieszcza się nad, pod lub obok igielki magnesy pomocnicze, dające się dowolnie nastawiać. Dwa takie magnesy, odpowiednio nastawione, mogą spowodować astatyczność systemu, a więc zmniejszyć do możliwych granic obcą siłę zwracającą.

Tłumienie. W galwanometrze Siemens'a magnes dzwonkowaty umieszcza się w pancerzu mosiężnym, w którym indukują się prądy tłumiące.

W wypadku igieł magnetycznych tłumienie odbywa się za pomocą płytki aluminiowej, przymocowanej do osi obrotu i poruszającej się pomiędzy

tycznej igły przy prądzie równym zeru. Pod wpływem prądu igła magnetyczna odchyli się o kąt α /rys.28/ w ten sposób, że w nowym położeniu n, S , równowagi igły wypadkowa natężeń pól: H_z od ziemi i H od prądu w cewce przechodzi wzdłuż osi magnetycznej igły. Wtedy z trójkąta prostokątnego, wskazanego na rys.27, będzie:

$$H = H_z \operatorname{tg} \alpha$$

Z drugiej strony wiadomo, że natężenie pola magnetycznego prądu w środku cewki o promieniu r i liczbie zwojów n , przez którą przepływa prąd o natężeniu J , jest:

$$H = \frac{2\pi n J}{r}$$

zatem:

$$\frac{2\pi n J}{r} = H_z \operatorname{tg} \alpha$$

Z ostatniego równania możemy wyznaczyć prąd mierzony:

$$J = \frac{H_z r}{2\pi n} \operatorname{tg} \alpha$$

Wyrażenie $\frac{H_z r}{2\pi n} = C$ nazywa się stałą busoli; zatem jest:

$$\tau = c.tgd$$

Przekrój cewki winien być mały w stosunku do średnicy koła, a długość magnesu - mała w stosunku do promienia tegoż koła. Wtedy można przyjąć, że magnes znajduje się stale w jednostajnem polu przy niewielkich odchyleniach. Ze wzoru na stałą busoli widać, że busola jest tem czulsza, im H_z i r są mniejsze, a n większe; przyczem zmniejszenie H_z uskutecznia się przez zastosowanie magnesu kierującego. Największość czułości osiąga się przy odchyleniu o 45° .

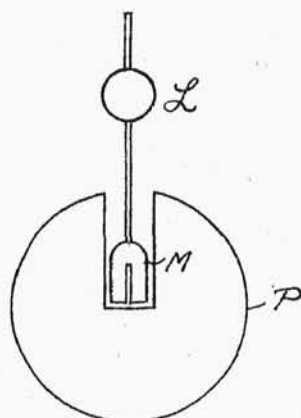
Busola jest zwykle przyrządem wskazówkowym rzadziej lusterkowym.

Dawniej używano ją do absolutnego pomiaru natężenia prądu w jednostkach elektromagnetycznych, obecnie jako niepraktyczną w użyciu już się nie stosuje.

b/ Galwanometr dzwonkowy /Siemens/.

Galwanometr ten składa się z pancerza mosiężnego P /rys.29/, wewnątrz którego znajduje się magnes dzwonkowy M . Pancerz ten,

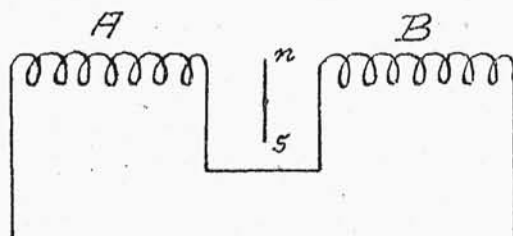
jak już poprzednio zaznaczono, służy jedno-



Rys. 29.

częściej do wywołania tłumienia. Z powodu stosunkowo małej swej czułości są rzadko używane.

c/ Galwanometr różnicowy /rys.30/.



Rys. 30.

Galwanometr różnicowy posiada ^{JEDNAKOWE!} dwie równoległe do siebie ustawione cewki A i B , pomiędzy którymi jest umieszczona igielka magnetyczna ns . Igła znajduje się pod działaniem dwóch momentów kręjących, pochodzących od po-

szczególnych cewek, które mogą być skierowane przeciwnie lub zgodnie. O ile te momenty są równe i odwrotne, to igła nie wychyli się i galwanometr będzie działać jako przyrząd zerowy, o ile zaś działać będą zgodnie, to igła wychyli się i galwanometr będzie odchyłowym.

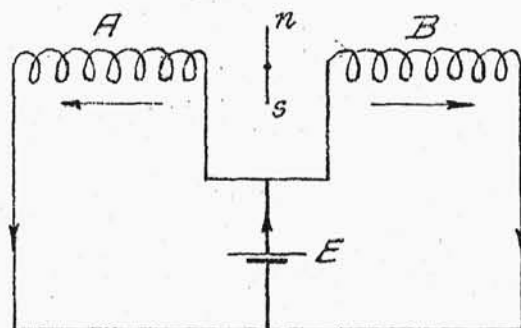
Przed stosowaniem galwanometru do pomiaru należy go odpowiednio ustawić. Ustawienie to wymaga kolejnego spełnienia trzech następujących warunków:

1/ Płaszczyzny cewek muszą leżeć w płaszczyźnie południka magnetycznego. Aby się o tem przekonać, łączy się obie cewki tak, aby ich momenty kręjące się dodawały /połączenie za sobą/ i puszcza się przez nie prąd z ogniwa za pomocą przełącznika raz w jednym, drugi raz w drugim kierunku. Jeżeli płaszczyzny cewek nie leżą w płaszczyźnie południka magnetycznego, to wychylenia igiełki nie są jednakowe w obie strony. Przez obracanie galwanometru około osi pionowej można warunek ten spełnić.

2/ Cewki muszą wywierac na igłę momenty kręjące równe, lecz wprost przeciwne. Moment kręący, wywierany przez cewkę, zależy od jej liczy-

by zwojów, natężenia prądu i jej odległości od igły. Jeżeli momenty są równe i przeciwne, to po połączeniu cewek przeciw sobie i puszczeniu przez nie prądu, igielka nie wychyli się. W przeciwnym razie należy przesuwając jedną z cewek wzdłuż jej osi poziomej tak długo, aż galwanometr stanie na zerze, lub też zmniejszyć natężenie prądu w cewce, dającej większy moment przez przyłączenie równoległe do niej odpowiednio dużego oporu. Sposób zmiany liczby zwojów nie jest stosowany.

3/ Opory cewek muszą być równe.



Rys. 31.

Celem sprawdzenia łączy się początek jednej cewki z końcem drugiej i w miejscu połączenia wpuszcza się prąd tak, aby cewki wywierały momenty przeciwne /rys.31/. Jeżeli momenty są równe, to igielka nie odchyli się; w przeciwnym razie

należy w szereg z tą cewką, która daje większe wychylenie, włączyć odpowiedni opór.

d/ Galwanometr pancerny /Du Bois-Rubens'a/.

Galwanometr ten posiada potrójną osłonę z żelaza miękkiego w celu wzmocnienia działania elektromagnetycznego cewek na igłę magnetyczną oraz możliwie dokładnego usunięcia wpływu obcych pól. W celu wywołania zupełnej astatyczności znajdują się 2 magnesy kierujące. Tłumienie jest powietrzne.

B/. PRYZRZĄDY GALWANOMETRYCZNE Z RUCHOMĄ
CEWKĄ.

1. Zasada działania.

Ten rodzaj galwanometrów jest oparty na zasadzie podanej przez Deprez - d'Arsonval'a, uwidocznionej na rys.32.

Część ruchomą przyrządu stanowi cewka C zaś część nieruchomą — magnes trwały m , wytwarzający jednostajne pole magnetyczne. Prąd doprowadza się przez nitkę metalową, na