

R O Z D Z I A Ł II.

OGÓLNE WŁASNOŚCI MIERNIKÓW I LICZNIKÓW.

1/ Zasada działania mierników.

Większość mierników składa się przeważnie z dwóch części - ruchomej i nieruchomej, działających na siebie pod wpływem prądu lub ładunku. Rozróżniamy mierniki, działające na zasadzie elektrodynamicznej, elektromagnetycznej lub elektrostatycznej. Inne mierniki polegają na zjawisku rozszerzalności metalu pod wpływem ciepła lub też na zjawisku elektrolizy; te mierniki nie posiadają oddzielnych części ruchomych lub nieruchomych.

Część ruchoma odchyła się pod wpływem siły działającej względem części nieruchomej, przeciwdziała temu siła zwracająca, pochodząca od elastyczności jej umocowania, napięcia sprężyny, siły ciężkości, siły przeciwelektrodynamicznej. Część ruchoma będzie się odchylać tak długo, aż nastąpi równowaga obu tych sił - działającej i zwracającej, a część ta ustawi się przy pewnem odchyleniu od pierwotnego położenia; przyrządy takie nazywamy odchyłowymi.

Jeżeli odchylenie części ruchomej zostanie zrównoważone przez inną siłę przeciwdziałającą, tak że część ruchoma nie odchyli się, mimo że jest pod działaniem sił, lub też po odchyleniu wróci do pierwotnego położenia /stanie na zerze/, to taki przyrząd nazywamy zerowym. Służy on wtedy tylko jako wskaźnik równowagi układu /zespołu przyrządów/.

Większość przyrządów są to przyrządy odchylowe.

Rozróżniamy dwa rodzaje umocowań części ruchomej, a mianowicie: zawieszenie na nitce i podparcie w łożyskach.

Przy zawieszeniu siła zwracająca powstaje wskutek *ELASTYCZNOŚCI* nitki, przyczem nitka dłuższa i cieńsza sprawia mniejszy moment zwracający i dlatego w przyrządach czułych mają zastosowanie nitki długie i cienkie. Stosowane bywają nitki metalowe, kokonowe i kwarcowe.

Drugim rodzajem umocowania jest podparcie na ostrzach lub ośkach z drutu stalowego o średnicy $0,3 \div 2$ mm. w łożyskach pionowych, wzgl. na czopkach o średnicy $0,15 \div 0,3$ mm. w łożyskach poziomych. W wypadku podparcia siłę zwraca

jącą mogą wytwarzać następujące czynniki:

a/ siła ciężkości - w przyrządach dokładnych i technicznych wskazówka zaopatrzona jest w ramiona, na których umieszczone są przesuwne ciężarki.

b/ elastyczność sprężyny - zrównoważona część ruchoma wytwarza siłę zwracającą przez napinanie sprężyny w czasie obrotu. Rozróżniamy trzy kategorie sprężyn, a mianowicie:

1/ sprężyny płaskie, używane np. w przyrządach cieplnych do napinania drucika,

2/ śrubowe, służące jako doprowadzenie prądu do cewek zawieszonych.

3/ spiralne, używane głównie w przyrządach wskazówkowych.

Sprężyny należy wyrabiać z bardzo twardego materiału, posiadającego niezmienną elastyczność. Stal jakkolwiek najlepsza nie nadaje się zawsze, gdyż magnesuje się i nie możemy jej dawać tam, gdzie istnieje pole magnetyczne. Z innych materiałów, używanych do wyrobu sprężyn, są: NIEMAGNETYCZNA stal wanadkowa oraz miedź twarda z dodatkiem krzemu.

c/ Siłą zwracającą może być również siła przeciwelektrodynamiczna, pochodząca od wza-

janego działania dwóch cewek, z których jedna wytwarza moment zwracający, przez dążność do ustawienia się według praw elektrodynamicznych.

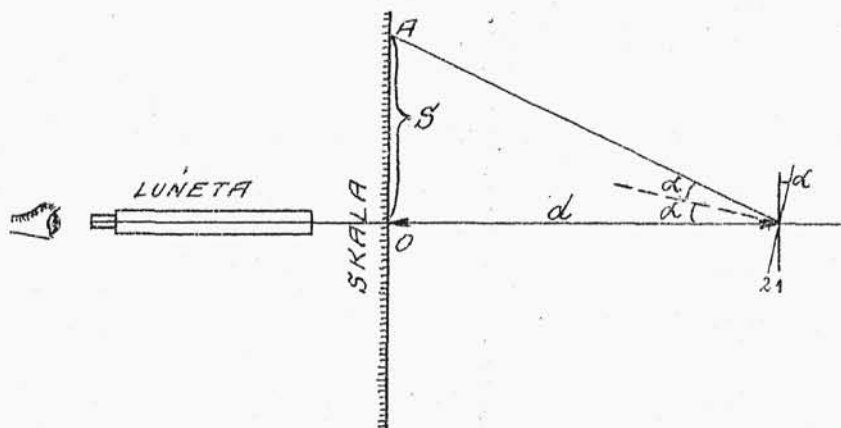
Materiałami, używanymi do wyrobu łożysk, są: szafir, rubin, granat i agat, przyczem najlepszymi okazały się łożyska granatowe.

Odczytanie odchylenia części ruchomej może być uskutecznione dwoma sposobami, a mianowicie:

a/ za pomocą wskazówki na niej umieszczonej i przesuwającej się nad skalą, podającą odchylenie względne w działkach lub wprost mierzoną wielkość w jednostkach właściwych. Są to t.zw. przrządy wskazówkowe. Przy odczytywaniu tych przrządów należy unikać paralaksy, w tym celu pod wskazówką umieszczone jest zwierciadło; wskazówka i jej odbicie w zwierciadle muszą się kryć przy odczytywaniu.

b/ Za pomocą zwierciadła, umieszczonego na części ruchomej i skali z podziałką. Są to przrządy zwierciadłowe. Sposób odczytywania w tych przrządach może być subiektywny i obiektywny.

α / odczytywanie subiektywne - rys. 17
 uwidocznia zasadę tego sposobu odczytywania.



rys. 17.

W położeniu 1 zwierciadła równoległe do skali, oko widzi w lunecie punkt O . Po odchyleniu się jego do położenia 2 o kąt α , oko widzi punkt A ; zatem długość $OA = S$ mierzy odchylenie części ruchomej, przyczem jest:

$$\frac{S}{d} = \operatorname{tg} 2\alpha$$

gdzie d jest odległością zwierciadła od skali.

Z powyższego wzoru otrzymujemy:

$$\alpha = \frac{1}{2} \operatorname{arctg} \frac{S}{d} = \frac{S}{2d} - \frac{S^3}{6d^3} + \frac{S^5}{10d^5} - \dots$$

przyczem S i d muszą być wyrażone w tych samych jednostkach, najlepiej w mm.

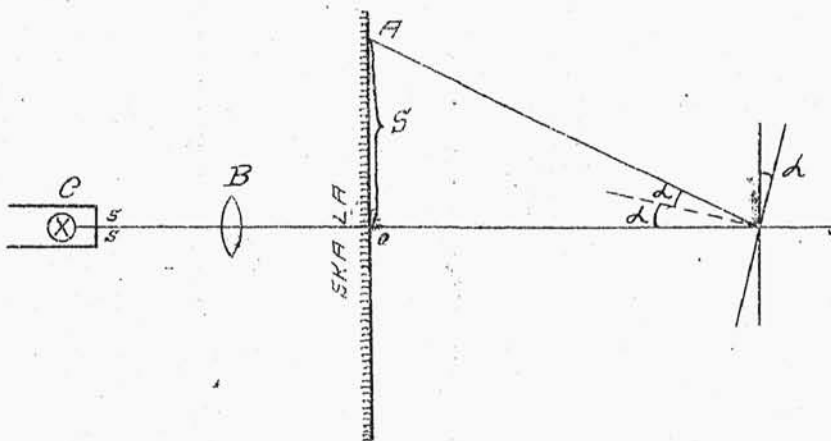
Przy małych odchyleniach można dalsze czło-

ny opuścić, wówczas otrzymujemy:

$$\mathcal{L} = \frac{s'}{2d}$$

Wzór ostatni jest ważny zupełnie ściśle dla skali, zakrzywionej według koła o promieniu d .

β / Odczytywanie obiektywne - rys.18 uwi-
adacznia zasadę tego sposobu odczytywania.



rys. 18.

W punkcie C znajduje się źródło światła /żarówka/, zaś zamiast lunety jest soczewka B . Przed źródłem światła jest umieszczona szczelina SS , której obraz, odbity w zwierciadle, widzimy bezpośrednio w punkcie A na skali.

Metoda subiektywna jest dokładniejsza od

objektywnej, gdyż w tej ostatniej grubość smugi świetlnej, otrzymanej na skali, może być źródłem błędu przy odczytywaniu, podczas gdy w pierwszej metodzie nie pajączka, umieszczona w lunecie, może posiadać minimalną grubość. Wskutek powyższego stosuje się przeważnie odczytywanie subiektywne. Zato jednak odczytywanie obiektywne mniej męczy wzrok.

2/. TŁUMIENIE.

Część ruchoma, odchylona pod wpływem sił działających, nie przyjmuje odrazu położenia równowagi, lecz waha się tak długo, aż nabyta podczas ruchu energja zostanie przemieniona w ciepło. Im większą bezwładność posiada część ruchoma, tem większe i dłuższe są jej wahania. Staramy się zredukować te wahania tak, aby część ruchoma jaknajprędzej /najlepiej odrazu po pierwszym odchyleniu/ znalazła się w równowadze; to znaczy, aby tłumienie było dostatecznie duże.

Zależnie od stopnia tłumienia mogą być odchylenia części ruchomej przyrządu:

a/ okresowe czyli oscylacyjne - jeżeli tłumienie jest słabe.

b/ bezokresowe czyli aperjodyczne - jeżeli po pierwszym odchyleniu następuje ustalenie się równowagi, to znaczy tłumienie jest odpowiednie;

c/ przetłumione, jeżeli ustalenie się odchylenia części rachomej następuje zbyt powoli a nawet z przerwami, tłumienie jest wtedy nadmierne.

Normalnie dążymy do otrzymania odchyłeń aperiodycznych, rzadziej do oscylacyjnych /galwanometr balistyczny/, odchyłeń zaś przetłumionych unikamy ze względu na niepewność równowagi.

Rozróżniamy następujące rodzaje tłumienia:

a/ naturalne - jeżeli przyrząd nie posiada osobnych urządzeń, potęgujących tłumienie,

b/ sztuczne - jeżeli przyrząd posiada takie urządzenia.

Stosownie do pochodzenia mogą one być:

α / mechaniczne: powietrzne lub płynowe -
- skrzydełko lub tłoczek /aluminiowe/ o grubości 0,05 - 0,15 mm., porusza się dosyć szczelnie w zamkniętej lub wypełnionej płynem /olej, gliceryna/ przestrzeni.

Tłumienie płynowe, jako wykazujące dużą zależność od temperatury, jest gorsze od powietrznego.

β / magnetyczne - skrzydełko lub tarcza poru-

sza się między biegunami magnesu stałego, skutkiem czego powstają w nich prądy wirowe, działające tłumiąco. Może być również magnes ruchomy, umieszczony w osłonie nieruchomej i wzbudzający w niej prądy wirowe.

/ / elektryczne - wskutek ruchu cewki w polu magnetycznym powstaje w niej prąd indukowany, powodujący hamowanie, które możemy spotęgować przez dodanie zwojów zwartych.

Tłumienie wyrażamy praktycznie przez czas uspokojenia się wskazówki, t.j. czas, wyrażony w sekundach, potrzebny do przejścia wskazówki od początku skali /punktu zerowego/ do jej połowy /w przybliżeniu/ i ustawienia się z dokładnością do 1 % całej skali, po nagłym załączeniu odpowiedniej wielkości mierzonej.

Według norm niemieckich czas ten nie powinien przekraczać w przyrządach elektrodynamicznych wskazówkowych:

ścisłych $3 + \frac{L}{100}$ sek. „

dokładnych $3 + \frac{L}{50}$ „

technicznych $4 + \frac{L}{50}$ „

gdzie L jest długością wskazówki w mm.

3/ DOKŁADNOŚĆ I CZUŁOŚĆ.

Przyrząd jest tem dokładniejszy, im mniej różni się wielkość nim pomierzona od wielkości rzeczywistej względnie pomierzonej za pomocą przyrządów ścisłych. Zależy to od dobroci wykonania przyrządu, dokładności jego wzorcowania, wpływów postronnych, ustawienia i t.p.

Porównywanie przyrządu z normalnym czyli z wzorcem w celu sprawdzenia jego dokładności nazywa się wzorcowaniem, przy czem rezultatem wzorcowania jest zwykle tabelka lub wykres wartości. Stwierdzenie rezultatu wzorcowania na piśmie lub przez przybicie stempla nazywamy cechowaniem

Zależnie od przeznaczenia można się zadowolić większą lub mniejszą dokładnością. Stosownie do tego rozróżniać będziemy przyrządy:

a/ ściśle - używane do sprawdzania innych przyrządów.

b/ dokładne - używane przy pomiarach laboratoryjnych i dokładnych.

c/ techniczne /zwykłe/ - używane w zwykłej praktyce technicznej i montażowej.

Dokładność przyrządu określa się wielkością

błędu wskazania przyrządu t.j. różnicą między wskazaniem przyrządu a rzeczywistą wielkością, spowodowaną mechaniczną niedokładnością przyrządu i niedoskonałością wzorcowania oraz po uwzględnieniu wpływów zewnętrznych, jak: temperatury, ustawienia, obcych pól i t.p.

Dla różnych kategorii i systemów przyrządów pomiarowych dopuszczalny błąd wskazania jest różny. Naogół wynosi on dla przyrządów:

ściślych $0,1 \div 0,3 \%$

dekładnych $0,2 \div 0,6 \%$

technicznych $1,0 \div 3,0 \%$

Znajomość dopuszczalnych błędów jest ważną przy wyznaczaniu błędów pomiaru. Bliższe dane będą podane przy opisie poszczególnych rodzajów przyrządów.

Czułość przyrządu nazywamy jego zdolność reagowania na zmiany mierzonej wielkości. Mówimy, że przyrząd jest tem czulszy, im mniejszą wielkość można nim mierzyć, im większy jest więc stosunek zmiany odchylenia $\Delta \alpha$ do zmiany mocy ΔP , powodującej to odchylenie. Czułość określamy liczbą działek, o jaką się odchyli część ruchoma przyrządu pod wpły-

wem jednostki mierzonej wielkości. Jeżeli więc np. 1 mikroamperowi odpowiada 10 działek skali, to mówimy, że czułość jest: 10 działek na $1 \mu A$. Czułość będzie więc tem większa, im więcej działek będzie przypadać na $1 \mu A$.

Czułość jest zależna nietylko od dobroci wykonania, lecz także od różnych czynników ustroju przyrządu. O tem będzie mowa później przy opisywaniu poszczególnych typów.

4/ OBCE WPŁYWY NA WSKAZANIA PRZYRZĄDÓW

Wskazania przyrządów są zależne w dużym stopniu od różnych wpływów postronnych, które przy ścisłych pomiarach zawsze trzeba uwzględnić lub też usuwać.

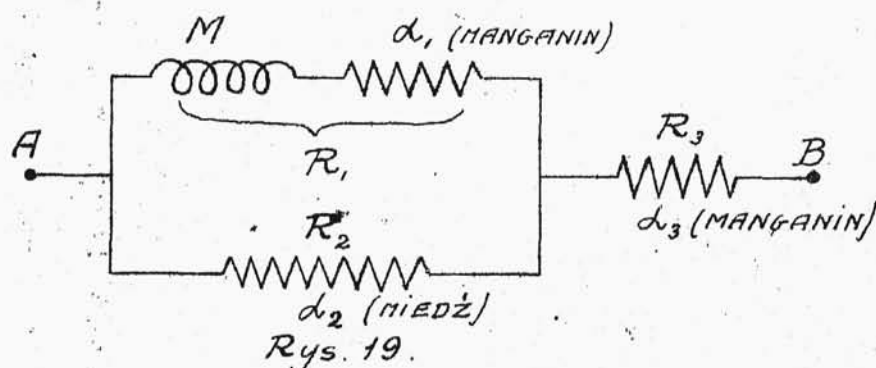
Jako wpływy postronne uważamy: wpływ temperatury, częstotliwości, obcych pól magnetycznych, położenia oraz napięcia.

Wpływy postronne wyrażamy w procentowym błędzie wartości końcowej zakresu wskazań popełnionym przy uwzględnieniu wpływu postronnego.

Temperatura. Za normalną temperaturę otoczenia dla przyrządów przyjmuje się $20^{\circ}C$.

zmiana jej może wywołać zmianę wskazania przyrządu z powodu jej wpływu na opór, na rozszerzalność części przyrządu i t.p. Jako wpływ temperatury określamy procentową zmianę wskazania przy zmianie temperatury otoczenia o $\pm 10^{\circ}$ względem normalnej. Wpływ temperatury możemy doprowadzić do minimum przez wykonywanie pomiarów przy stałej temperaturze otoczenia, przez stosowanie przewodników o oporze mało zmieniającym się wraz z temperaturą oraz przez specjalny ustrój /konstrukcję/ przyrządu.

Rys.19 uwidocznia połączenie wolne od wpływów temperatury.



Cewka M przyrządu zmienia swój opór pod wpływem zmian temperatury. Aby wskazania jego, przy danej różnicy potencjałów pomiędzy punktami

A i B , były zawsze te same, daje się kombinację trzech oporów, a mianowicie: opór R_1 , o bardzo małym współczynniku termicznym α_1 , /np. manganin/, R_2 o dużym α_2 /np. miedź/ oraz R_3 o małym α_3 /manganin/. W celu spełnienia powyższego warunku, musi być spełniona następująca zależność:

$$R_3 = R_2 \frac{\alpha_1(1 - \alpha_2 t)}{\alpha_2 - \alpha_1}$$

$$\begin{aligned} X_L &= \frac{1}{\omega C} \\ X_L &= R \left(\frac{1}{\omega C} \right) \\ X \cos \phi &= 1 \\ \cos \phi &= \frac{1}{X} \end{aligned}$$

Częstotliwość. Zmiana częstotliwości normalnej dla danego przyrządu wpływa na zmianę oporności, indukcyjności lub pojemności przyrządu. Błąd przez to popełniony jest proporcjonalny \pm do kwadratu częstotliwości. *Wzrost?*

Niektóre przyrządy mają specjalne połączenia w celu uwolnienia się od tego wpływu.

Obce pola. Wpływ obcych pól magnetycznych i elektrycznych daje się we znaki niektórym typom przyrządów. Można się od niego uwolnić za pomocą osłon magnetycznych względnie elektrycznych.

Wpływ ten charakteryzuje procentowa zmiana wskazania przyrządu przy zmianie natężenia pola obcego o ± 5 gausów, przy najbardziej niekorzystnej fazie tego pola i niekorzystnem

wzajemnem jego położeniu względem przyrządu. Z tej zmiany wskazania możemy obliczyć błąd, spowodowany tym wpływem.

Przy galwanometrach błąd ten powinien być mniejszy od 0,1 % .

Wpływ obcych pól magnetycznych będzie tem większy, im pole magnetyczne przyrządu jest słabsze; w takim wypadku już pole ziemskie może spowodować znaczny błąd, jak to ma miejsce np. w elektrodynamometrach. Im linie pola magnetycznego przyrządu są krótsze, tem mniejszy jest wpływ pól zewnętrznych; z tego względu przyrządy elektrodynamometryczne otrzymują zamknięty obwód żelazny.

Od wpływu tego możemy uwolnić się przez opancerzenie przyrządu, lub też możemy go wyeliminować przez podwójną obserwację przy zmiennym kierunku prądu.

Wpływ obcych pól elektrycznych objawia się bardzo silnie przy potarciu szkła ochronnego przyrządu, zwłaszcza o dużej wskazówce, a więc dużej pojemności; z tego względu należy unikać pocierania przed pomiarem.

Od wpływu tego możemy uwolnić się przez zastosowanie osłony elektrostatycznej uzie-

mionej lub przez dotknięcie się szkła wilgotnym palcem przed odczytem.

Ustawienie. Przyrządy mogą być 6 ustawieniu obojętnem t.j. w każdym położeniu do użycia lub przepisaniem i to pionowo, poziomo lub ukośnie.

5/. PODZIAŁ MIERNIKÓW.

Według zasady działania rozróżniać będziemy mierniki:

- | | |
|--|-------------------------|
| 1/ galwanometryczne | a/ z ruchomym magnesem, |
| | b/ z ruchomą cewką. |
| 2/ dynamometryczne /elektrodynamometry/, | |
| 3/ indukcyjne. | |
| 4/ elektromagnetyczne. | |
| 5/ cieplne. | |
| 6/ elektrostatyczne. | |
| 7/ wibracyjne. | |
-