

niewielkich odległościach. Cewki, mające mniej zwojów, mają mniejszą oporność elektryczną, skutkiem czego w tych przyrządach mamy mniejsze straty mocy.

Skala wzorcuje się zwykle na normalną częstotliwość prądu—50 okresów na sekundę, może służyć jednak bez zmiany dla prądu dowolnej częstotliwości w granicach od 10 do 100.

Kształt krzywej prądu praktycznie nie ma wpływu na wskazania przyrządu

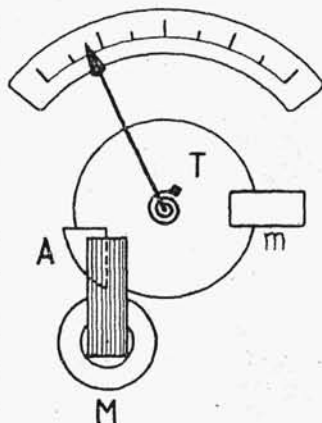
24. Amperomierze indukcyjne.

Głównie jako przyrządy tablicowe stosuje się amperomierze, oparte na powstawaniu w układzie ruchomym indukowanych prądów wirowych. Znane są dwa rodzaje: amperomierze indukcyjne tarczowe i bębnekowe.

a) Amperomierze indukcyjne tarczowe składają się z elektromagnesu M (rys. 42), zasilanego mierzonym prądem zmiennym, i tarczy aluminiowej, lub miedzianej T , obracającej się na osi w ten sposób, że część tarczy znajduje się w szczelinie pomiędzy biegunami elektromagnesu, którego część powierzchni biegunowych przykrywają miedziane płytki A .

Zmienny strumień magnetyczny elektromagnesu wznieca prądy wirowe w ruchomej tarczy i nieruchomych przykrywkach A . Prądy te są w fazie, więc zawsze przyciągają się i wywołują moment obrotowy, działający na tarczę

Drugi moment zatrzymujący wytwarza spiralna sprężynka, odpowiednio przymocowana do osi tarczy. Stały magnes m tłumi wahania tarczy. Wskazówka, przymocowana do osi tarczy, przesuwa się po skali.



Rys. 42. Amperomierz indukcyjny tarczowy.

Moment elektrodynamiczny, działający na krążek, jest proporcjonalny do prądów wznieconych w krążku — i_1 i do prądów wznieconych w przykrywkach — i_2 . Jeżeli przez M_t oznaczymy wartość tego momentu elektrodynamicznego w chwili t , a przez K stały współczynnik, to:

$$M_t = K \cdot i_{1t} \cdot i_{2t}.$$

Każdy z prądów i_1 i i_2 jest proporcjonalny do prądu, płynącego w elektromagnecie — i , więc:

$$M_t = K' \cdot i^2_t$$

Wobec szybkich zmian momentu obrotowego i znacznej bezwładności ruchomego układu, otrzymamy odchylenie stałe, wywołane przez moment średni.

$$(M_t)_{sr.} = K' (i^2_t)_{sr.}$$

W równowadze moment obracający równa się momentowi zatrzymującemu sprężynę, który jest proporcjonalny do kąta obrotu krążka — α , wtedy:

$$(M_t)_{sr.} = K'' \alpha,$$

a więc

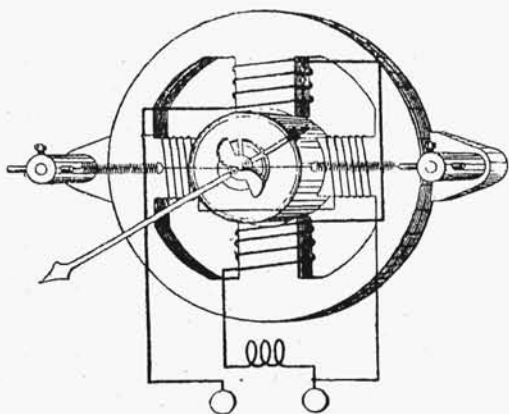
$$(i^2_t)_{sr.} = K''' \cdot \alpha$$

Ponieważ średnia z kwadratów równa się kwadratowi skutecznej wartości prądu zmiennego, więc:

$$J^2 = K''' \cdot \alpha$$

Wychylenie wskazówki, jak widzimy, jest proporcjonalne do drugiej potęgi natężenia prądu zmiennego.

b) Amperomierz indukcyjny bębnekowy pomysłu Ferraris'a widzimy na rys. 43. Elektromagnes ma tu postać pierścienia z czterema wystęgami. Na tych wystęgach nawinięte są cewki. Każde dwie cewki, naprzeciw siebie, połączone są w szereg. Prąd rozgałęzia się na dwa równoległe obwody o różnych własnościach indukcyjnych, skutkiem czego prądy w poszczególnych rozgałęzieniach mają różnicę faz.



Rys. 43. Amperomierz indukcyjny bębnekowy.

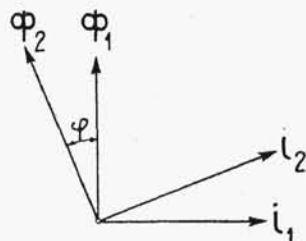
Pomiędzy biegunami tego elektromagnesu znajduje się lekki bębnek, zwinięty z aluminiowej blachy, który może obracać się na czopach. Spiralne sprężynki zwracają go do położenia zero-wego. Do bębna przymocowana jest wskazówka i skrzydełka powietrznego tłumika. Zresztą stosuje się także tłumik elektromagnetyczny, hamujący wahania za pomocą stałych magnesów, działających na przedłużony bębnek.

Prądy, przebiegające w cewkach, wywołują strumienie magnetyczne, które w bębnie wznecają prądy wirowe. Oddziaływanie tych strumieni magnetycznych na prądy wirowe w bębnie daje moment obrotowy.

Oznaczmy strumienie magnetyczne przez Φ_1 i Φ_2 , a prądy wirowe, wywołane przez nie, w bębnie przez i_1 i i_2 .

Wypadkowy moment obrotowy składa się tu z dwóch momentów: jednego, powstającego skutkiem oddziaływania strumienia magnetycznego Φ_1 na prąd i_2 , a drugiego skutkiem oddziaływania strumienia Φ_2 na prąd i_1 . Oddziaływanie Φ_1 na i_1 i Φ_2 na i_2 momentu nie daje.

Prądy indukowane względem pól magnetycznych indukujących są przesunięte w przybliżeniu wstecz o 90° . Jeżeli następnie założymy, że strumienie Φ_1 i Φ_2 różnią się w fazie o φ , to rozważane wielkości można będzie przedstawić za pomocą czterech wektorów, wskazanych na rys. 44.



Rys. 44. Wektory strumieni magnetycznych i prądów indukowanych.

Oznaczając przez K stałe współczynniki, możemy napisać, że moment pierwszy w chwili t będzie:

$$M_{1t} = K_1 \cdot \Phi_{1t} \cdot i_{2t}.$$

Moment drugi:

$$M_{2t} = K_2 \cdot \Phi_{2t} \cdot i_{1t}.$$

Moment średni pierwszy będzie:

$$M_1 = K_1 \cdot \Phi_1 \cdot i_2 \cos. (90^\circ - \varphi).$$

Moment średni drugi

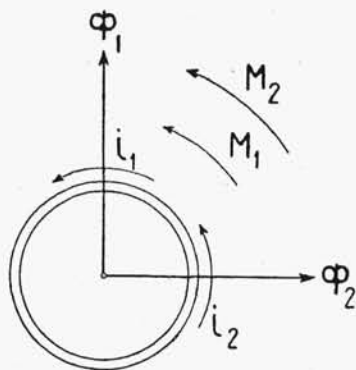
$$M_2 = K_2 \cdot \Phi_2 \cdot i_1 \cos. (90^\circ + \varphi)$$

Tu Φ_1 , Φ_2 , i_1 i i_2 oznaczają wartości skuteczne strumieni i prądów.

Prądy wirowe są proporcjonalne do odpowiednich strumieni magnetycznych; a cosinusy można zastąpić sinusami, więc,

$$M_1 = K'_1 \Phi_1 \cdot \Phi_2 \sin. \varphi$$

$$M_2 = -K'_2 \Phi_1 \cdot \Phi_2 \sin. \varphi$$



Rys. 45. Kierunki momentów obrotowych, działających na bębenek.

Znaczenie znaków momentów wyjaśnimy na rys. 45. Znak (+) momentu M_1 oznacza, że strumień magnetyczny Φ_1 przyciąga prąd wirowy i_2 . Znak (—) momentu M_2 oznacza, że strumień Φ_2 odpycha prąd wirowy i_1 , a więc na

bębenek działa w tę samą stronę co moment M_1 , wobec tego ogólny moment obrotowy, działający na bębenek, będzie równy sumie arytmetycznej momentów M_1 i M_2 .

Wzór na ten moment wypadkowy będzie:

$$M = K \cdot \Phi_1 \cdot \Phi_2 \cdot \sin. \varphi.$$

Kąt φ jest stały, zależny od indukcyjnych własności rozgałęzionych obwodów, strumienie magnetyczne są proporcjonalne do wzbudzających je prądów, a więc do nierozgałęzionego prądu, płynącego przez amperomierz J .

Uwzględniając te okoliczności, możemy wzór na moment obrotowy napisać w postaci:

$$M = K' J^2.$$

tu J — wartość skuteczna prądu.

Gdy bębenek zatrzyma się pod wpływem sił sprężystych, powstających przy skręcaniu się sprężynek, momenty, obracający i zatrzymujący, będą równe. Moment zatrzymujący sprężynkę jest proporcjonalny do kąta obrotu bębena, a więc i wychylenia wskazówki.

Wobec tego:

$$J^2 = K'' \cdot \alpha.$$

W tych warunkach skala nie może być równomierna, zawsze jednak można dobrać takie elektromagnesy, bębenek i sprężynkę, aby w środku skali otrzymać szereg prawie równych odstępów pomiędzy działkami.

Najważniejszą cechą amperomierzy indukcyjnych jest zależność ich wskazań od częstotliwości prądu, gdyż natężenie prądów wirowych, czy to w tarczy, czy w bębnie, jest funkcją częstotliwości. Wobec tego skala przyrządu tego rodzaju jest dobra tylko dla prądu określonej częstotliwości, wskazanej na skali. Zwykle amperomierze te sporządza się dla różnych częstotliwości, w granicach od 25 do 100 okresów na sekundę.

Temperatura wpływa również na wskazania, zmieniając oporność obwodów prądów wirowych; dobre przyrządy nie dają jednak z tego powodu błędu większego od 0,2% na 1° C.

Kształt krzywej prądu nie ma wielkiego wpływu na wskazania przyrządu, o ile krzywa jest symetryczna względem osi czasu, w przeciwnym razie wskazania są zupełnie fałszywe, gdyż amperomierz tego rodzaju całkiem nie odchyła się pod wpływem stałej składowej prądu. Dokładność wskazań amperomierzy indukcyjnych wynosi od 1 do 2%.

Jedyne dodatnie cechy tych przyrządów stanowią niezależność ich od wpływu sąsiednich przyrządów i silne momenty obrotowe, nie wymagające zbyt subtelnejestroju i wykonania.