

wtedy:

$$a = \frac{1 + (0,00314)^2}{1 + 0,00314} = 0,9968.$$

Poprawka wynosi:

$$1 - 0,9968 = 0,0032,$$

to stanowi tylko 0,32‰.

Gdy $\cos \varphi$ zmniejszy się np. do 0,1908, to $\operatorname{tg} \varphi = 5,1446$ i $a = 0,9841$.

Poprawka więc wyniesie:

$$1 - 0,9841 = 0,0159,$$

co stanowi już 1,59‰.

Wreszcie przy $\cos \varphi = 0,0349$, a więc $\varphi = 88^\circ$, $\operatorname{tg} \varphi = 28,6363$, przeto otrzymamy $a = 0,9175$.

Poprawka wynosi:

$$1 - 0,9175 = 0,0825,$$

to znaczy 8,25‰.

Z tych obliczeń wypada, że przy $\cos \varphi$, zwykle spotykanym w praktyce, poprawkę można pominąć i tylko w wyjątkowych okolicznościach, gdy faza prądu bardzo znacznie odsuwa się od napięcia, poprawkę należy koniecznie brać pod uwagę. Stosuje się to oczywiście do watomierzy odpowiednio sporządzonych, mających małą indukcyjność cewki ruchomej, i znaczny opór bezindukcyjny w obwodzie napięciowym.

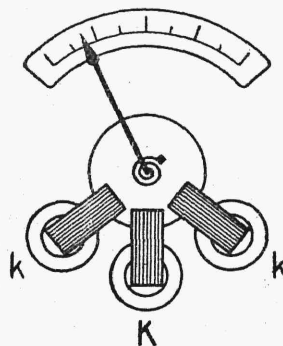
44. Watomierze indukcyjne.

Obok watomierzy elektrodynamicznych, na szczególną uwagę zasługują jeszcze watomierze indukcyjne.

Ustrój tych watomierzy bywa tarczowy, albo bębnekowy.

a) Watomierze tarczowe są tak zbudowane, jak amperomierze, z tą różnicą, że w watomierzu (rys. 92) działają trzy elektromagnesy. Cewka na elektromagnesie K ma uzwojenie z grubego drutu, po którym przepływa cały prąd, płynący do odbiornika, natomiast przez cewki płynie prąd, odgałęziony od końcówek odbiornika. Na biegunach elektromagnesów k umieszczone są blaszki, zasłaniające te bieguny.

Moment obrotowy mamy tu na skutek oddziaływania prądów wirowych, powstających w blaszkach, zasłaniających bieguny elektromagnesów k , na prądy wirowe w krążku, wywołane elektromagnesem K .



Rys. 92. Watomierz indukcyjny tarczowy.

Wytwarzając w elektromagnesach k strumienie magnetyczne kierunków przeciwnych, możemy osiągnąć zgodność dwóch momentów obrotowych.

Oznaczając przez V napięcie, a przez J — natężenie prądu, którego moc mierzymy, oraz przez φ różnicę faz, pomiędzy tym prądem i jego napięciem, możemy wyrazić wzorami wielkość prądów wirowych w sposób następujący: każdy z prądów w blaszkach zasłaniających da się wyrazić wzorem:

$$i_{1t} = K_1 \cdot V_m \sin(\omega t - \phi_1).$$

Prąd w tarczy ruchomej wzorem:

$$i_{2t} = K_2 \cdot J_m \sin(\omega t - \varphi - \phi_2).$$

K_1 i K_2 — stałe spólczynnikowe, a ϕ_1 i ϕ_2 — różnica faz w zmienności czynników, wzniecających prądy wirowe, i samych tych prądów.

Średni moment obrotowy otrzymamy ze wzoru:

$$M = K_1 \cdot K_2 \cdot \frac{1}{T} \int_0^T i_{1t} \cdot i_{2t} \cdot dt.$$

Rozwiązując tę całkę, znajdziemy:

$$M = K_1 \cdot K_2 \cdot V J \cdot \cos(\phi_1 - \phi_2 - \varphi).$$

Odpowiednim ustrojem przyrządu możemy osiągnąć:

$$\phi_1 - \phi_2 = 0$$

wtedy:

$$M = K \cdot V J \cos \varphi = K \cdot P.$$

Gdy ten moment obrotowy zrównoważy się z zatrzymującym momentem sprężyny, który jest proporcjonalny do kąta wychylenia wskazówki, to wypadnie:

$$P = K' \cdot \alpha.$$

Moc prądu jest proporcjonalna do kąta wychylenia, więc skala będzie równomierna. Wskazania jednak zależą od częstotliwości prądu.

b) Watomierze indukcyjne bębnekowe (Ferraris'a) są urządzone w podobny sposób, jak amperomierze (rys. 43 strona 40), z tą tylko różnicą, że jedna para cewek jest nawinięta z cienkiego drutu i włączona na napięcie badanego prądu, jak watomierz, a druga para jest nawinięta małą liczbą zwojów, z grubego drutu i włączona, jak amperomierz.

Momenty obrotowe powstają tu w ten sam sposób, jak w ampero-

mierz Ferraris'a (patrz str. 40), tak, że moment obrotowy może być wyrażony wzorem:

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

Φ_1 i Φ_2 — skuteczne wartości strumieni magnetycznych, wywołanych odpowiednimi parami cewek. $\angle \phi$ różnica faz pomiędzy temi strumieniami

Wektory V i J na rys. 93 wyrażają napięcie i natężenie mierzonego prądu, strumień Φ_1 jest w przybliżeniu w fazie z prądem J . Strumień zaś Φ_2 jest w fazie z prądem i , płynącym pod napięciem V w cewkach wielozwojowych przyrządu. Przez odpowiedni ustrój obwodu odgałęzionego można osiągnąć spóźnianie się prądu i , o kąt 90° , względem napięcia V , wtedy, jak widać z rysunku:

$$\phi = 90^\circ - \varphi.$$

Wobec tego:

$$M = K \cdot \Phi_1 \cdot \Phi_2 \cdot \sin (90^\circ - \varphi).$$

Uwzględniając, że strumień magnetyczny Φ_1 jest proporcjonalny do prądu J , a Φ_2 proporcjonalny do i , a więc i do V , przekształcając sinus na cosinus, otrzymamy:

$$M = K' \cdot V J \cos \varphi.$$

$\angle \varphi$ jest różnicą faz pomiędzy prądem J i napięciem V , więc moc prądu jest:

$$P = V J \cos \varphi.$$

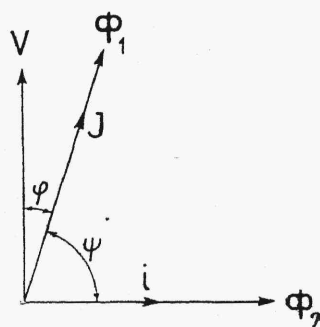
Przeto:

$$M = K' \cdot P.$$

Gdy bębenek znajdzie się w równowadze pod wpływem dwóch przeciwnych momentów, z których jeden, pochodzący od sprężynki, będzie proporcjonalny do kąta obrotu α , a drugi, powstały od działania elektromagnesów, proporcjonalny do mocy P , wtedy:

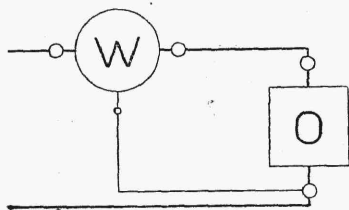
$$P = K'' \cdot \alpha.$$

Skala więc jest tu równomierna, zależna jednak od częstotliwości, gdyż oporność indukcyjna cewek napięciowych wpływa na wielkość prądu w tych cewkach.



Rys. 93. Układ wektorów napięcia prądów i strumieni magnetycznych w indukcyjnym watomierzu bębenkowym.

Najważniejszą cechą watomierzy indukcyjnych jest wielki moment obrotowy i niewrażliwość na obce pola magnetyczne. Temperatura ma tu pewien wpływ na wskazania.



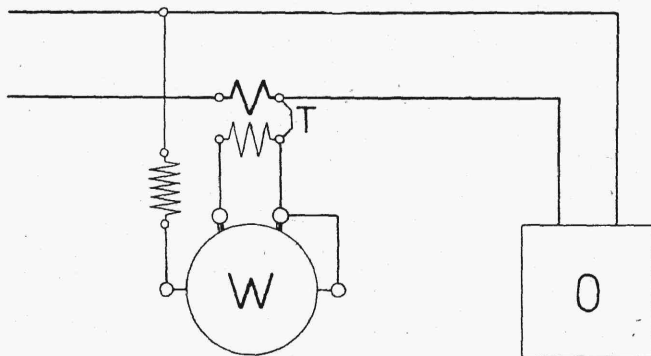
Rys. 94. Włączenie watomierza z trzema zaciskami.

Watomierze indukcyjne, albo elektrodynamiczne, urządzone do ustawiania na tablicach rozdzielczych, mają niekiedy tylko trzy zaciski dla doprowadzania prądu. Dwa większe przeznaczone są do wprowadzania prądu głównego, a mniejszy do przyłączania drugiego końca cewki ruchomej, której pierwszy koniec przyłączony jest wewnątrz przyrządu do cewki nieruchomej. Układ połączeń w tym przypadku podany jest na rys. 94.

45. Stosowanie transformatorów miernikowych przy watomierzach.

Gdy mamy niezbyt wysokie napięcie, ale znaczny prąd, to stosujemy tylko transformator prądowy T (rys. 95), W — watomierz, O — odbiornik.

Obwód napięciowy włącza się za transformatorkiem, gdyż ten zwykle pobiera mniejszą moc, niż układ prądowy watomierza z transformatorkiem, a po-
zatem w razie potrzeby łatwiej wyznaczyć poprawkę, która polega na odejmowaniu mocy, pobranej przez obwód napięciowy.



Rys. 95. Transformator prądowy w obwodzie watomierza.

Przy znacznych prądach i wysokim napięciu, oba obwody watomierza zaopatruje się w transformator T_1 i T_2 (rys. 96), W — watomierz, O — odbiornik, Z — uziemienie. Uwzględniając tę okoliczność, że transformator prądowy zwykle pobiera własną moc większą, niż transformator napięciowy, włączamy, jak wskazano na rys. 96, transformator napięciowy za transformatorkiem prądowym.