

więc:

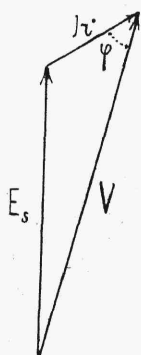
$$B_m = \frac{V_m}{m \cdot S \cdot \omega}$$

Woltomierz wskazuje napięcie skuteczne w woltach, przeto, chcąc otrzymać indukcję magnetyczną maksymalną  $B_m$  w jednostkach bezwzględnych, wypadła wskazania woltomierza pomnożyć przez  $\sqrt{2} \cdot 10^8$ . Wtedy otrzymamy:

$$B_m = \frac{V \cdot \sqrt{2} \cdot 10^8}{m \cdot S} \cdot \frac{1}{\omega},$$

uwzględniając, że  $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ , gdzie  $f$  jest częstotliwością prądu, wypadnie:

$$B_m = 0,225 \cdot \frac{V}{m \cdot S \cdot f} \cdot 10^8.$$



Rys. 148.  
Układ wektorów  
napięć.

Przy bardziej dokładnych obliczeniach trzeba wprowadzić w ten wzór wielkość  $E_s$  zamiast  $V$ . Wielkość  $E_s$  można obliczyć z trójkąta (rys. 148), znając kąt  $\varphi$ , który wyznaczymy ze wzoru:

$$\cos \varphi = \frac{P}{V J}$$

$P$  — moc rzeczywista, wskazana przez watomierz,  $V J$  — moc pozorna.

Z wyników omawianych tu pomiarów oblicza się stratę mocy w żelazie w watach na kg. żelaza.

W celu jeszcze dokładniejszego wyznaczenia gęstości linii magnetycznych, nawija się, jak najbliżej powierzchni żelaza, zwojnicę wtórną, połączoną tylko z woltomierzem.

Moc pobraną, przez taki obwód wtórny, należy oczywiście odjąć od mocy, wskazanej przez watomierz.

W praktyce fabrycznej często stosowane są sposoby porównawcze, gdzie straty w żelazie nieznanym wyznaczane bywają przez porównanie ze stratami w żelazie normalnym, uprzednio dokładnie zbadanym.

## 69. Badanie magnetycznych własności żelaza.

Chodzi tu zazwyczaj o wyznaczenie liczby amperozwojów, przypadających na 1 cm długości szlaku strumienia magnetycznego w żelazie, potrzebnych do wywołania pewnej indukcji magnetycznej, czyli gęstości linii magnetycznych w tym strumieniu.

Najczęściej stosujemy sposób balistyczny, polegający na za-

stosowaniu galwanometru balistycznego,\*) w którym obserwujemy wychylenie układu ruchomego pod wpływem krótkotrwałego prądu.

Galwanometr balistyczny różni się od zwykłego tem, że ma znaczną masę układu ruchomego, tak, że układ ten zaczyna wychylać się już po zniknięciu prądu. Wtedy wychylenie galwanometru jest proporcjonalne do ilości elektryczności, która przepłynęła przez jego cewkę, w myśl równania:

$$\int_0^t i_t \cdot dt = C \cdot \alpha.$$

Badane żelazo tworzy zamknięty obwód magnetyczny, zaopatrzony w dwa uzwojenia: jedno do prądu magnesującego, drugie do indukowanego. To drugie uzwojenie jest połączone z galwanometrem balistycznym.

Gdy będziemy szybko zmieniać kierunek prądu stałego magnesującego żelazo, to w zwojach, połączonych z galwanometrem balistycznym powstanie chwilowy prąd indukowany, stosownie do równania:

$$E_t - L \frac{di_t}{dt} = i_t R,$$

gdzie  $E_t$  — oznacza chwilową wartość siły elektromotorycznej indukowanej,  $L$  — indukcyjność własną obwodu,  $R$  — oporność omową obwodu,  $i_t$  — prąd w obwodzie w chwili  $t$ .

Mnożąc to równanie przez  $dt$  i całkując w granicach czasu od  $0$  do  $t$ , otrzymamy:

$$\int_0^t E_t \cdot dt - \int_0^t L \cdot di_t = R \cdot \int_0^t i_t dt$$

Jeżeli teraz uwzględnimy, że:

$$\int_0^t L \cdot di_t = 0,$$

gdyż prąd  $i_t$  w chwili  $0$  i w chwili  $t$  jest równy zeru, to otrzymamy:

$$\int_0^t E_t \cdot dt = R \cdot \int_0^t i_t \cdot dt.$$

Przy zmianie kierunku prądu w uzwojeniu magnesującym, prąd indukowany w obwodzie galwanometru balistycznego odchyła go o kąt  $\alpha$ , proporcjonalny do ładunku elektrycznego, który przepłynął przez ten galvano-

---

\*) Np. według Deprez i d'Arsonval'a.

metr, więc jak poprzednio, oznaczając stałą balistycznego galwanometru przez  $C$ , otrzymamy:

$$\int_0^t E_{tR} \cdot dt = R \cdot C \cdot \alpha.$$

Jeżeli oznaczymy strumień magnetyczny w żelazie w chwili  $t$  przez  $\Phi_t$ , a liczbę zwojów drugiego uzwojenia przez  $Z_2$ , to według prawa indukcji:

$$E_t = - \frac{d\Phi_t}{dt} \cdot Z_2 \cdot 10^{-8},$$

a więc:

$$\int_0^t E_t \cdot dt = - \left[ \Phi_t \right]_0^t \cdot Z_2 \cdot 10^{-8}.$$

Przy odwracaniu kierunku prądu, magnesującego strumień magnetyczny, zmienia się od  $-\Phi$  do  $+\Phi$ , a więc:

$$\int_0^t E_t \cdot dt = 2\Phi \cdot Z_2 \cdot 10^{-8}.$$

Przeto:

$$2\Phi \cdot Z_2 \cdot 10^{-8} = R \cdot C \cdot \alpha,$$

stąd:

$$\Phi = \frac{R \cdot C \cdot \alpha \cdot 10^8}{2 Z_2}.$$

Jeżeli przekrój żelaza w  $\text{cm}^2$  jest  $S$ , to gęstość linii magnetycznych będzie:

$$B = \frac{\Phi}{S} = \frac{R \cdot C \cdot \alpha \cdot 10^8}{2 \cdot Z_2 \cdot S}.$$

Z liczby zwojów pierwszego uzwojenia i prądu w nim przebiegającego można wyliczyć liczbę amperozwojów, przypadających na jeden centymetr długości średniej linii magnetycznej.

Zmieniając natężenie prądu magnesującego, możemy wyznaczyć szereg punktów krzywej magnetyzmu w żelazie, obserwując każdorazowo wychylenia galwanometru balistycznego, przy zmianie kierunku prądu magnesującego\*). Pamiętać przytem należy, że stała galwanometru musi

\*) O sposobach wyznaczenia stałej galwanometru balistycznego i szczegółach budowy aparatów można znaleźć wiadomości w dziełach, traktujących obszerniej o metodach pomiarów magnetycznych np. H. S. Hallo H. W. Land. Elektrische und magnetische Messungen und Messinstrumente.

być wyznaczona dla danego obwodu, gdyż istnieją siły, hamujące wychylenie tego galwanometru, wywołane prądami indukowanymi, powstającymi w tym obwodzie.

Do badania magnetycznych własności blach żelaznych może być użyty przyrząd Epsteina (rys. 146); wtedy w praktyce nieraz bywa stosowany sposób różnicowy van Lonkhuyzen'a, za pomocą którego porównujemy gęstości linii magnetycznych, otrzymywanych w różnych próbkach żelaza, umieszczonych w dwóch przyrządach Epsteina; uzwojenia wtórne tych przyrządów są w ten sposób połączone z tym samym galwanometrem balistycznym, że w pewnych warunkach, przy zmianie kierunku prądu w uzwojeniach magnesujących, galwanometr wychylać się nie będzie. Ze stosunku oporności odpowiednio włączonych oporów można wtedy obliczyć stosunek gęstości linii magnetycznych w badanych próbkach.\*\*\*) Gdy weźmiemy jedną próbkę dobrze znaną, będziemy mogli przez porównanie szybko badać inne.

---

\*) Szczegóły patrz K. Gruhn „Messtechnische Übungen der Elektrotechnik“.