

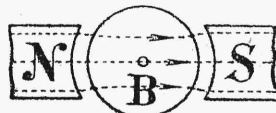
## ROZDZIAŁ XXVII.

### Straty energii w żelazie.

Ciepło, wytwarzające się w żelazie wskutek histerezy i prądów wirowych, w praktyce elektrotechnicznej stanowi straty. Tylko w przypadkach wyjątkowych budują się przyrządy, których celem jest wyzyskanie tego ciepła.

Rozróżniamy trzy przypadki wywiązywania się ciepła wskutek prądów wirowych i histerezy.

Na rys. 264 widzimy walec żelazny  $B$ , umieszczony pomiędzy biegunami elektromagnesów. Podczas obracania walca dookoła osi prostopadłej do płaszczyzny rysunku, kierunek strumienia magnetycznego względem walca będzie się ciągle zmieniał, przez co walec będzie się przemagnesowywał w ten sposób, że w ciągu jednego obrotu.



Rys. 264.

namy jeden całkowity okres przemagnesowania.

Na podstawie teorii molekularnej magnetyzmu każda cząsteczka magnesu stanowi magnes o dwóch biegunach; cząsteczki te ustawiają się swoimi osiami magnetycznymi wzdłuż linii sił. Jeżeli teraz zastanowimy się nad ruchem cząsteczek, stanowiących powyższy walec, to łatwo spostrzeżemy, że cząsteczki będą wirowały w kierunku odwrotnym do ruchu walca, dążąc do zachowania stałego kierunku w przestrzeni.

W takich warunkach powstawanie ciepła przez histerezę wyobrażamy sobie jako skutek tarcia pomiędzy poszczególnymi cząsteczkami podczas ich ruchu wirowego. Histerezę w kręcącym się walcu nazywamy histerezą obrotową.

Pozatem podczas ruchu walca w polu magnetycznym będą powstawały w nim w kierunku równoległym do osi obrotu, siły elektromotoryczne, które wywołają prądy wirowe; w celu zmniejszenia tych prądów, walec składa się zazwyczaj z kolistych blach, izolowanych od siebie. Blachy te są ułożone w ten sposób, że płaszczyzny rozdziału są prostopadłe do osi walca. Pomimo takiej budowy walca, prądy wirowe, powstające w poszcze-

gólnych blachach, wywołują straty energii, równorzędne, co do wielkości, ze stratami na histerezę.

Inny przypadek widzimy na rys. 265; tutaj wewnątrz pierścienia żelaznego znajduje się magnes, który obraca się około osi, prostopadłej do płaszczyzny rysunku. W pierścieniu zewnętrznym układ linii magnetycznych ciągle się zmienia; tutaj również w ciągu jednego obrotu magnesu w żelazie pierścienia mamy jeden całkowity okres przemagnesowania.

Dla zmniejszenia mocy prądów wirowych pierścieni składa się z izolowanych od siebie pierścieni blaszanych, tak że płaszczyzny podziału są prostopadłe do osi obrotu magnesu.

Rysunek 266 wskazuje przypadek trzeci, gdy w rdzeniu żelaznym, utworzonym z blach, odbywa się przemagnesowywanie pod wpływem prądu zmiennego, przebiegającego w zwojnicy. Płaszczyzny podziału rdzenia są tu również, jak w poprzednich przypadkach równoległe do linii magnetycznych.

Celem zmniejszenia strat, wywoływanych przez histerezę, stosujemy żelazo jak najmniejsze, z wąską pętlą histerezy. By

zmniejszyć straty na prądy wirowe, używamy często żelaza nakrzemionego, w którym zresztą i straty na histerezę są mniejsze, niż w żelazie zwykłym.

Szczegółowe badania omawianych tu strat doprowadzają do wniosku, że we wszystkich trzech przypadkach, przytoczonych wyżej, straty w żelazie mogą być wyrażone za pomocą wzoru, który zawiera dwa składniki: jeden, dotyczący strat na ciepło wywołanych przez histerezę, drugi zaś strat na ciepło, które powstaje wskutek prądów wirowych. Wzór ten jest następujący:

$$P = \alpha \cdot \frac{f}{100} \cdot \left( \frac{B_m}{1000} \right)^{1,6} + \beta \cdot \left( d \cdot \frac{f}{100} \cdot \frac{B_m}{1000} \right)^2,$$

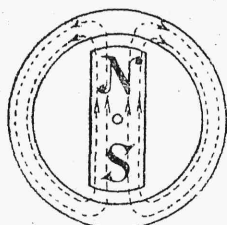
gdzie  $P$  — moc w watach, przypadająca na decymetr sześcienny żelaza,

$\alpha, \beta$  — współczynniki stałe, zależne od gatunku żelaza,

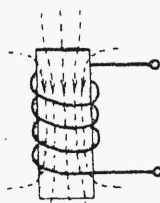
$f$  — liczba okresów przemiany pola magnetycznego w żelazie na sekundę (okres odpowiada jednemu pełnemu obiegowi wzdłuż pętlicy histerezy),

$B_m$  — maksymalna indukcja magnetyczna w żelazie,

$d$  — grubość blachy żelaznej w mm.



Rys. 265.



Rys. 266.

Dla blachy magnetycznej zwykłej dobrego gatunku:<sup>1)</sup>

$$\alpha = 0,8; \beta = 1,5.$$

Dla blachy z żelaza nakrziemionego znaleziono współczynniki średnie:

$$\alpha = 0,57; \beta = 0,40$$

Przy określaniu własności żelaza pod względem strat, powstających podczas przemagnesowywania, przyjęto za podstawę straty w 1 kg żelaza przy:  $B_m = 10000$  i  $B_m = 15000$  dla  $f = 50$  okresów na sek.

Dla blachy żelaznej dobrego gatunku, której grubość  $d = 0,5$  mm, otrzymamy straty na 1 kg dla  $B_m = 10000$  (przyjmując wagę 1 dm<sup>3</sup> = 7,7 kg) ze wzoru powyższego:

$$\frac{1}{7,7} \left[ 0,8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 10^{1,6} + 1,5 \left( \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot 10 \right)^2 \right] = 3,285 \text{ watów.}$$

Tablica poniższa podaje straty w żelazie w watach na kilogram żelaza, gdy częstotliwość przemagnesowywania wynosi 50 okresów na sekundę, a indukcja magnetyczna zmienia się według krzywej sinusoidalnej.

| $B_m$  | Blacha zwykła<br>do dynamaszyn |             | Blacha mało<br>nakrziemiona | Blacha dobrze<br>nakrziemiona |
|--------|--------------------------------|-------------|-----------------------------|-------------------------------|
|        | $d=0,5$ mm                     | $d=0,35$ mm | $d=0,5$ mm                  | $d=0,35$ mm                   |
| 3 000  | 0,50                           | 0,35        | 0,4                         | 0,2                           |
| 10 000 | 3,30                           | 2,58        | 2,90                        | 1,36                          |
| 15 000 | 7,10                           | 6,40        | 6,96                        | 3,50                          |

Przy prądach szybkozmiennych stosują się blachy cieńsze. Straty w watach na kilogram według Goltze'a przy  $f = 10\,000$  okres. na sek. wynoszą:

| $B_m$ | $d = 0,05$ mm | $d = 0,084$ | $d = 0,125$ | $d = 0,25$ |
|-------|---------------|-------------|-------------|------------|
| 500   | 5,83          | 6,35        | 7,00        | 10,6       |
| 1000  | 19            | 20          | 24          | 33         |
| 4000  | 170           | 190         | 230         | 450        |

Zwykła blacha żelazna ma własność tak zwanego starzenia się, polegającego na tem, że gdy blachę, ogrzaną do temperatury około 100°, poddamy działaniu zmiennego pola magnetycznego, to po upływie 1000 godzin, straty zwiększają się o 6 do 8%. Blachy nakrziemione tej własności nie posiadają.

<sup>1)</sup> Liczby zaczerpnięto z kalendarza dla elektrotechników Uppenborna za rok 1925/6 „Deutscher Kalender für Elektrotechniker”.