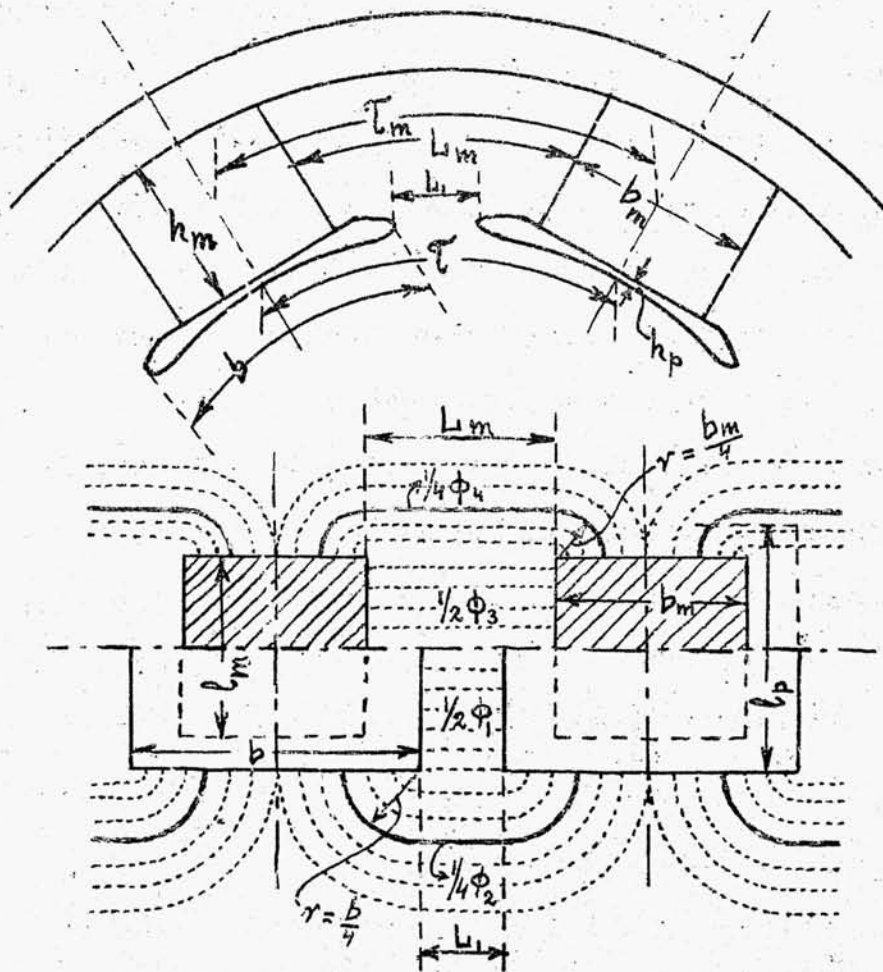


### 7. Obliczenie strumienia rozproszenia.

Obwód magnetyczny w maszynie elektrycznej jest obwodem niedoskonałym to znaczy, że część strumienia głównego wytworzonego w biegunach maszyny, zostanie rozproszona i nie bierze czynnego udziału w powstawaniu siły elektromotorycznej. Strumień rozproszenia stanowi stratę, która istnieje w każdej maszynie w mniejszym lub większym stopniu.



Rys. 84.

Przy obliczeniu strumienia rozproszenia, dla ułatwienia, podzielimy sobie cały strumień rozproszenia  $\Phi_s$  na następujące strumienie składowe i obliczymy każdy oddzielnie:

1/ strumień rozproszenia  $\Phi_1$  między wewnętrznymi krawędziami nabiegunników, składający się z dwóch części, po jednej z każdej strony bieguna, rys. 84,

2/ strumień rozproszenia  $\Phi_2$  między bocznymi krawędziami nabiegunników; składa się on z czterech części.

3/ strumień rozproszenia  $\Phi_3$  między wewnętrznymi bokami rdzeni biegunowych, składający się z dwóch części i

4/ strumień rozproszenia  $\Phi_4$  między bocznymi częściami rdzeni biegunowych, składający się z czterech części.

Każdy z tych strumieni wyraża iloczyn z siły magnetomotorycznej  $P_m$  przez magnetyczną przewodność odpowiedniej drogi obwodu magnetycznego.

Siła magnetomotoryczna będzie dla częściowych i całkowitego strumienia rozproszenia jednakowa i równa sile magnetomotorycznej jaka jest potrzebna do przeprowadzenia czynnego strumienia przez dwie szczeliny powietrzne: łąby i rdzeń twornika, gdyż drogi magnetycznego rozproszenia i droga czynnego strumienia są względem siebie połączone równolegle /rozumowanie to robimy na tej podstawie, że zjawiska magnetyczne są analogiczne ze zjawiskami elektrycznymi/, więc

$$P_m = 1,25 \cdot AZ_p + AZ_z + AZ_z = 1,25 \cdot AZ$$

Obliczenie częściowego strumienia  $\Phi_1$ .

Przewodność magnetyczna tego strumienia, mającego dwie gałęzie równoległe, jest

$$\Lambda_1 = 2 \frac{l_p \cdot h_p}{L_1}$$

gdzie  $l_p$  - długość poosiowa nabiegownika,  $h_p$  - wysokość nabiegownika w kierunku promienia i  $L_1$  - odległość pomiędzy wewnętrznymi krawędziami nabiegowników.

Z rys.84 widzimy, że

$$L_1 \approx \tau - b \approx \tau (1 - \alpha)$$

wobec tego

$$\Lambda_1 = \frac{2 \cdot l_p \cdot h_p}{\tau - b} = \frac{2 \cdot l_p \cdot h_p}{\tau (1 - \alpha)} \quad 61.$$

zatem częściowy strumień rozproszenia

$$\Phi_1 = P_m \cdot \Lambda_1 = \frac{2,5 \cdot AZ \cdot l_p \cdot h_p}{\tau (1 - \alpha)}$$

Częściowy strumień  $\Phi_2$  jest iloczynem siły magnetomotorycznej przez przewodność drogi magnetycznej między bocznymi częściami nabiegowników

Możemy w przybliżeniu przyjąć, że długość drogi magnetycznej tego strumienia równa się sumie długości:

$L_1$  i połowa obwodu o promienia  $\frac{1}{4}b$ , rys. 84.

Powierzchnia rozproszenia tej gałęzi strumienia wyniesie zatem  $\frac{b}{2} \cdot h_p$ .

Przewodność drogi dla całkowitego strumienia  $\Phi_2$

$$\Lambda_2 = 4 \cdot \frac{\frac{b}{2} \cdot h_p}{L_1 + \frac{\pi b}{4}}$$

Podstawiając w to równanie

$$L_1 = \tau(1 - \alpha)$$

otrzymamy

$$\Lambda_2 = \frac{2 \cdot b \cdot h_p}{\tau(1 - \alpha + \frac{\pi}{4}\alpha)} \approx \frac{2 \cdot b \cdot h_p}{\tau(1 - 0,21\alpha)} \quad 62.$$

Strumień rozproszenia pomiędzy wewnętrznymi powierzchniami rdzeni biegunowych  $\Phi_3$

Ponieważ siła magnetomotoryczna między powierzchniami rdzeni zmienia się od zera do  $P_m$  i proporcjonalnie do wysokości rdzenia, więc do obliczenia bierzemy średnią siłę magnetomotoryczną t.j.  $\frac{1}{2}P_m$ , wobec czego

$$\Phi_3 = \frac{1}{2} \cdot P_m \cdot \Lambda_3$$

We wzorze tym

$$\Lambda_3 = 2 \frac{l_m \cdot h_m}{L_m}$$

gdzie  $l_m$  - długość osiowa rdzenia biegunowego,  $h_m$  - jego wysokość i  $L_m$  - średnia odległość między wewnętrznymi powierzchniami rdzeni, rys. 84.

Analogicznie do wzoru 61 możemy napisać

$$\Lambda_3 = \frac{2 \cdot l_m \cdot h_m}{\tau_m (1 - \alpha_m)} \quad 63.$$

gdzie  $\tau_m$  - podziałka biegunowa, odniesiona do obwodu, przechodzącego przez średnią wysokość rdzeni biegunowych, a  $\alpha_m = \frac{b_m}{\tau_m}$

Strumień rozproszenia między bocznymi powierzchniami rdzeni  $\phi_4$ .

$$\Phi_4 = \frac{1}{2} P_m \cdot \Lambda_4$$

We wzorze tym

$$\Lambda_4 = 4 \frac{\frac{b_m}{2} \cdot h_m}{L_m + \frac{\pi \cdot b_m}{4}}$$

gdzie  $b_m$  - szerokość rdzenia biegunowego.

Analogicznie do wzoru 62 możemy napisać

$$\Lambda_4 = \frac{2 \cdot b_m \cdot h_m}{\tau_m (1 - 0,21 \alpha_m)} \quad 64.$$

Całkowity strumień rozproszenia będzie sumą strumieni częściowych, czyli

$$\phi_s = \phi_1 + \phi_2 + \phi_3 + \phi_4$$

$$\Phi_s = P_m \left[ \frac{2 l_p h_p}{\tau (1 - \alpha)} + \frac{2 b h_p}{\tau (1 - 0,21 \alpha)} \right] + \frac{P_m}{2} \left[ \frac{2 l_m h_m}{\tau_m (1 - \alpha_m)} + \frac{2 b_m h_m}{\tau_m (1 - 0,21 \alpha_m)} \right] \quad 65.$$

Wzór ten możemy uprościć przez wprowadzenie, zamiast magnetycznych przewodności dróg bocznych, pewne zwiększone przewodności dróg magnetycznych wewnętrznych,

wówczas strumień rozproszenia wyrazi się

$$\Phi_s = P_m \left[ \frac{2h_p l'_p}{\tau(1-\alpha)} + \frac{h_m l'_m}{\tau(1-\alpha_m)} \right]$$

lub

$$\Phi_s = P_m \left[ \frac{2h_p l'_p}{L_p} + \frac{h_m l'_m}{L_m} \right] \quad 66.$$

gdzie

$$l'_p = l_p + b_p \frac{1-\alpha}{1-0,21\alpha}$$

jest zwiększoną długością nabiegunka, zaś

$$l'_m = l_m + b_m \frac{1-\alpha_m}{1-0,21\alpha_m}$$

jest zwiększoną, w kierunku osiowym, długością rdzenia biegunowego.

Przy założeniu, że  $\alpha = 0,65$  i  $\alpha_m = 0,24$  mamy następujące wartości:

$$l'_p = l_p + 0,4b_p \quad 67.$$

$$l'_m = l_m + 0,8b_m \quad 68.$$

Powyższe wyliczenia dotyczą rdzeni prostokątnych.

Przy rdzeniach okrągłych zamieniamy pole przekroju na równoważny kwadrat i jeżeli średnica rdzenia wynosi  $d_m$ , to bok kwadratu  $a$  określa się z następującego wzoru

$$a = \frac{d_m}{2} \sqrt{\pi}$$

Należy tu zwrócić uwagę, że podane wyżej wyliczenia strumienia rozproszenia, choć co prawda teoretyczne,

nie są jednak ścisłe. Przyczyną tego jest ta okoliczność że strumienie rozproszenia nie posiadają jednakowej gęstości linii w każdym rozpatrywanym przekroju, wobec tego średnia wartość natężenia pola magnetycznego nie znajduje się w miejscu, łączącym środki ciężkości poszczególnych przekrojów, tak jak w obliczeniach swych zakładaliśmy. Oprócz tego sam przebieg linii sił strumienia rozproszenia jest bardziej skomplikowany od tego jaki przyjęliśmy w obliczeniach.

Wszystkie te szczegóły analitycznie są prawie nieuchwytnie, tak, że ograniczamy się do wyznaczenia strumienia rozproszenia sposobami podanymi wyżej, tembardziej, że wyniki otrzymuje się praktycznie zadowalniające i to tem więcej ścisłe im więcej biegunów posiada maszyna; wówczas obliczeniowe przewodności dróg magnetycznych są bardziej zbliżone do rzeczywistych, gdyż linie sił są mniej zdeformowane i mają przebieg mało różniący się od tego jaki jest pokazany na rys.84.

Przy projektowaniu maszyn elektrycznych można posługiwać się z dobrymi wynikami empirycznymi wzorami, podanymi przez Hobart'a i Ellis'a.

Strumień rozproszenia, przy zastosowaniu pieńków biegunowych prostokątnych o długości  $h$  wraz z nabiegunkami, wynosi

$$\Phi_s = c \frac{h(l_m + 15)}{L_m} A \lambda, \quad 69.$$



i w przypadku pieńków okrągłych

$$\Phi_s = C \frac{h \cdot l_m}{L_m} \cdot AZ_1 \quad 70.$$

gdzie  $C$  - współczynnik wahający się w granicach 2,5 - 3,5  
w założeniu, że długości wyrażone są w centymetrach,  
 $AZ_1$  - liczba amperozwojów na jeden biegun.

Dobre wyniki daje inny wzór

$$\Phi_s = (C_1 \tau + C_2 \ell) \cdot AZ_1 \quad 71.$$

gdzie  $C_1 = 1,5 - 1,8$ ,  $C_2 = 0,7 - 1,2$ ,  $\ell$  - długość  
jaką zajmuje żelazo twernika wraz z izolacją.

Gdy nieznana jest liczba amperozwojów na jeden  
biegun, można stosować wzór

$$\sigma = 1 + \delta \left( \frac{C_1}{\tau} + \frac{C_2}{\ell} \right) \quad 72.$$

gdzie  $\delta$  - wielkość szczeliny powietrznej, zaś  $C_1 = 4 - 5$ ,  
i  $C_2 = 2 - 3$ .

Wzory 71 i 72 są słuszne szczególnie dla maszyn  
bez biegunów zwrotnych. W maszynie z dużą liczbą biegunów  
zwrotnych współczynnik rozproszenia  $\sigma$ , otrzymany  
wg. wzoru 72 należy cokolwiek zwiększyć aby uwzględnić  
zwiększenie strumienia rozproszenia, spowodowanego  
znaczoną liczbą biegunów zwrotnych. Zwiększenie to waha  
się w granicach 1,05 - 1,08.