1900

Ante proyecto de dinamo.
Curso de 1899-900

J. Menendez Ormaza

Proyecto de una dinamo de inducido dentado é inductor multipolar en derivacion, de 100 Kw de potencia y de una diferencia de potencial en los terminales de 250 V

Datos.

$$P = 100\ KW$$
$$E = 250\ V$$

2)

Los datos anteriores son insuficientes para la determinacion de la dinamo pudiendose por lo tanto por semejanza con las construidas fijar algunos datos mas que precisen el calculo.

Para el sistema multipolar de inductores elegiremos el tetrapolar de M Gramme que tiene las ventajas de perder poco flujo por derivacion en las superficies polares y de proteger el sistema inferior con las culatas.

Para velocidad angular del inducido elegiremos un numero bajo de vueltas por minuto en atencion al tipo de la maquina y á que las modernas construidas tienden á tener poco velocidad angular con objeto de poder atacar directamente el inducido por el arbol motor.

Haremos pues $w = 400$ vueltas por 1'

Calculo del inducido

Conocemos por comparacion las proporciones relativas del inducido que para nuestro tipo de dinamo son de

$$\frac{L}{D} \; \begin{matrix} > \frac{1}{4} \\ < \frac{1}{2} \end{matrix}$$

L Longitud del inducido

D Diametro " "

Para conocer las dimensiones absolutas fijaremos su velocidad periferica

$v = 15\,m$ por 1'' Gerard Pg 571

Radio esterior.

Tendremos $2\pi R \frac{w}{60''} = v$ $\qquad R = \frac{v \times 60''}{2\pi w}$

R = radio exterior del inducido

$$R = \frac{1500\,cm \times 60''}{2 \times 3{,}14 \times 400} = 36\,cm$$

$$R = 36\,cm$$

4/

Circumferencia exterior

C = circunferencia exterior del inducido $\qquad C = 2\pi R = 2 \times 3{,}14 \times 36\,cm$

$C = 226\,cm$

Ramuras $= n_r$

Vamos á adoptar el arrollamiento indicado en el Gerard Pg 474 lo que exige un numero de ranuras n_r tal que $n_r - 1$ sea divisible por 4 para que al unir el extremo de una barra inferior con el extremo del mismo lado de una superior se sumen las corrientes y asi uniremos en esta forma la barra inferior numerda 1 con la superior numerada $1 + \frac{n_r - 1}{4}$ y asi sucesivamente. Tomaremos pues atendiendo tambien á la necesaria separacion entre ranuras $n_r = 113$

Numero de conductores $= n_c$ $\qquad n_c = 2 n_r = 226$

Separacion entre ranuras $= d_r$ $\qquad d_r = \frac{C}{n_r} = \frac{226\,cm}{113} = 2\,cm$

Laminas del colector $l = l_c = \frac{n_c}{2} = 113$

Diferencia de potencial entre dos laminas del colector $= V_c$

$$V_c = \frac{\text{numero de polos} \times E}{n_c} = \frac{4 \times 250\,V}{113} = 8{,}84\,V$$

Efecto Joule en la armadura $= i_a^2 r_a$

No teniendo datos para determinar este valor que nos es necesario para los calculos ulteriores lo determinaremos por analogia haciendolo $= 1{,}5\%$ de P

i_a corriente en la armadura

r_a resistencia " " $\qquad i_a^2 r_a = 1{,}5\%$ de $100000\,W = 1500\,W$

Corriente en los inductores $= i_d$

La tenemos que tomar tambien por analogia $= 0{,}5\%$ de I

I = corriente exterior $= \frac{P}{E} = 400\,A$

Corriente en la armadura $= i_a$

$$i_a = I + 0{,}5\% \text{ de } I = 400\,A + 0{,}5\% \text{ de } 400\,A = 402\,A$$

Resistencia de la armadura $= r_a$

$$r_a = \frac{i_a^2 r_a}{i_a^2} = \frac{1500\,W}{\overline{402}^2\,A} = 0{,}00928 \text{ ohms}$$

Caida de potencial en la armadura

$$i_a r_a = 402\,A \times 0{,}00928 \text{ ohms} = 3{,}73\,v$$

Longitud segun la generatriz cilindrica del inducido $= L$

Esta dimension nos fija la correspondiente de los inductores cuya seccion debe ser aproximadamente cuadrada. La otra dimension de la citada seccion debe ser aproximadamente

70% de $\frac{c}{4} = 70\% \frac{226 cm}{4} = 39{,}5 cm$

Tomaremos pues para t_1 el valor 39cm que satisface á la condicion antes dicha $\frac{t_1}{\tau} \begin{smallmatrix} < \frac{1}{2} \\ > \frac{1}{4} \end{smallmatrix}$ ~~aproximadamente~~ y que aconseja la practica

Longitud del arrollamiento l_a

Dejaremos á cada lado del tambor 4cm para conectar las barras á los trozos curvos que las unen con las laminas del colector. Estos trozos tienen cada uno por longitud $\frac{c}{4}$ y tendremos

$$l_a = u_c\left[t_1 + \frac{c}{4} + 2 \times 4 cm\right] = 23391 cm$$

Seccion del conductor s_a

ρ = resistencia especifica del cobre $= 2 \times 10^{-6}$ ohm-cm

$$r_a = \rho \frac{\frac{1}{2} l_a}{2 s_a} \qquad s_a = \rho \frac{\frac{1}{2} l_a}{2 r_a}$$

$$s_a = 2 \times 10^{-6} \frac{\frac{1}{2} 23391 cm}{2 \times 0{,}00928 ohms} = 1{,}25 cm^2$$

Densidad de corriente $= \delta$

$$\delta = \frac{\frac{1}{2} i_a}{s_a} = \frac{\frac{1}{2} 402^A}{1{,}25 cm^2} = 160^A \text{ por } cm^2 = 1{,}6^A \text{ por } mm^2$$

Dimensiones de la seccion s_a, a y b

Esta seccion debe ser rectangular de modo que

b lado mayor del rectangulo s_a $\qquad s_a = a \times b$

a " menor " " "

y por analogia tomaremos $a = \frac{1}{2} b$ de donde

$$s_a = \frac{1}{2} b^2 \qquad b = \sqrt{2 s_a} = \sqrt{2 \times 125 mm^2} = 16 mm$$

$$a = \frac{1}{2} b = 8 mm$$

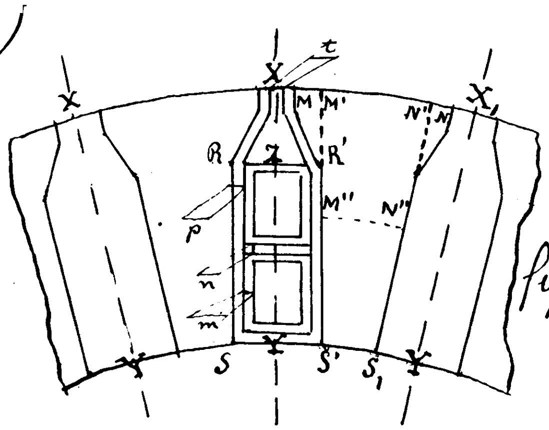


fig 2

Dimensiones de las ranuras

Para poder alojar comodamente los conductores haremos uniforme el ancho de las ranuras es decir que en el corte de la figura (en la cual se han exagerado algunas proporciones) las rectas XY son radios las RS y R'S' paralelas al radio correspondiente. En estas condiciones tendremos

$$ZY = 2b + 4m + n + p$$
$$= 2 \times 16\,mm + 4 \times 1\,mm + 1\,mm + 1{,}5\,mm$$
$$= 38{,}5\,mm$$

m envolvente propia de los conductores de espesor = 1 mm

n taco de separacion de los dos conductores de espesor = 1 mm

p envolvente total aplicada a las paredes de la ranura espesor = 1,5 mm

Tomaremos para ZX una magnitud que tenga con ZY la misma relacion que la existente para analogas dimensiones en el Gerard Pg 623 y tendremos

$$ZX = \frac{ZY}{3{,}8} = \frac{38{,}5\,mm}{3{,}8} = 10{,}1\,mm$$

Tendremos $XY = ZY + ZX = 38{,}5^{mm} + 10{,}1^{mm} = 48{,}6\,mm$

El ancho uniforme de las ranuras sera → V (pag 5) a = 8 mm

$$SS' = a + 2m + 2p = 7{,}8\,mm + 2 \times 1\,mm + 2 \times 1{,}5\,mm = 12{,}8\,mm$$

El ancho de los dientes en la base sera

$$S'S_1 = \frac{2\pi(R - XY)}{n_2} - SS' = \frac{2 \times 3{,}14(360\,mm - 48{,}6\,mm)}{113} - 12{,}8\,mm$$

$$S'S_1 = 4{,}4\,mm$$

La abertura t la haremos igual a 1 mm

La anchura periferica del diente sera

$$MN = d_2 - t - 2p = 20\,mm - 1\,mm - 2 \times 1{,}5\,mm = 16\,mm$$

La distancia $M'N' = XX_1 - SS' = 20\,mm - 12{,}8\,mm = 7{,}2\,mm$

Y la distancia media M''N'' valor que luego nos sera necesario para calcular la seccion media del diente segun la generatriz cilindrica tendra por valor

$$M''N'' = \frac{M'N' + S'S_1}{2} = \frac{7{,}2\,mm + 4{,}4\,mm}{2} = 6\,mm$$

Tomandolo por exceso para contar con los salientes laterales

Flujo magnetico util producido en dos polos inductores $\mathcal{N}$

Tenemos $e\times10^8 = n_c\, N\, \mathcal{N}$; $\mathcal{N} = \dfrac{e\times10^8}{n_c\times\frac{w}{60}} = \dfrac{250^v\times10^8}{226\times\frac{400}{60}} = 166\times10^5$ CGS

N numero de vueltas por 1'' $= \frac{w}{60}$

de donde $\mathcal{N} = 166\times10^5$ CGS

Induccion magnetica maxima en el cuerpo del inducido B_a

lo tomaremos empiricamente $= 12000$ CGS

Flujo en el inducido $\mathcal{N}_a = \frac{1}{4}\mathcal{N} = \dfrac{166\times10^5\,CGS}{4} = 415\times10^4$ CGS

Seccion del inducido

$$S_a = \frac{\mathcal{N}_a}{B_a} = \frac{415\times10^4}{12\times10^3} = 345\ cm^2$$

Longitud segun la generatriz cilindrica de S_a

$L_{S_a} = L - 4\times[0,8$ cm (espesor diametro de las correas de ventilacion)$]$ $-$ 5 cm aislante $= 30,8$ cm

Longitud radial de S_a

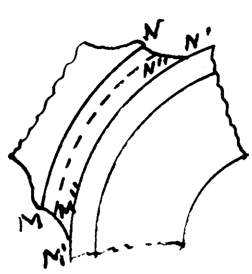
$$\frac{S_a}{L_{S_a}} = \frac{345\ cm^2}{30,8\ cm} = 11,2\ cm$$

Radio interior del inducido

R − profundidad de las ranuras − longitud radial

$= 36\ cm - 4,86\ cm - 11,2\ cm = 19,94\ cm$

Calculo del entrehierro



fig(β)

La conveniencia antes señalada de que la seccion de las superficies polares sea proximamente cuadrada nos hace adoptar para la dimension MN el valor 39cm

La dispersion del flujo nos obliga a considerar la dimension M'N' segun la cual entra el flujo en los dientes como $1,1\times MN$ y caeran dentro de M'N'

$\dfrac{1,1\times MN}{d_z} = \dfrac{1,1\times 39\ cm}{2\ cm} = 21,45$ numero de dientes n_d

y su la suma de las magnitudes analogas á la MN de la fig(α) que son las que nosotros debemos considerar pues es por donde el flujo penetra suponiendo ya incluida toda dispersion en el coeficiente 1,1 de que nosotros hemos afectado el valor $MN = 39$cm tendra por valor $21,45\times16\ mm = 343,2\ mm = 34,32\ cm$

S seccion proyectada en $MN = 39\times39\ cm = 1521\ cm^2$

S_1 " " en $M'N' = 39\times34,32\ cm = 1338\ cm^2$

S_m seccion media $= \frac{1}{2}(S+S_1) = 1429\ cm^2$

Este calculo de la seccion media tiene por efecto conociendo el flujo poder determinar la intensidad del campo en el

entrehierro valor necesario para aplicar la formula de M Essou.
Intensidad del campo en el ~~intersticio~~ entrehierro (media)

$$\mathcal{H}_e = \frac{\frac{1}{2}\mathcal{N}}{S_m} = \frac{\frac{1}{2}\cdot 166 \times 10^5 \ CGS}{1429 \ cm^2} = 5808 \ CGS$$

Formula de M Essou $\qquad n_c \frac{i_a}{2} = 192 \ \frac{\mathcal{H}_e \ l_e}{\beta}$

$$l_e = \frac{n_c \frac{i_a}{2}\beta}{192\ \mathcal{H}_e} = \frac{236 \times \frac{402^A}{2} \times 62^{\circ}{,}1}{192 \times 5808 \ CGS} = 2{,}52 \ cm$$

l_e doble del espesor del entrehierro
β numero de grados del angulo en el centro que subtiende la pieza polar $= 62^{\circ}{,}1$

Vamos á restar de este valor el espesor de la capa de aire de igual resistencia magnetica que la parte de los dientes comprendida en el circuito de uno de los flujos transversales y tendremos el doble del juego minimo que hay que dejar entre los dientes y los polos inductores

Para calcular la resistencia magnetica combinada de los dientes y ranuras se puede dar á priori algunos valores de la induccion media en los dientes y calcular la resistencia magnetica combinada correspondiente fundandonos en las leyes de Kirchhoff aplicables á los circuitos magneticos pudiendose construir una curva de la forma $R_d = f(\mathcal{N}_0)$ para lo cual calcularemos tambien los valores $\mathcal{N}_0$ correspondientes á las distintas inducciones por medio de otra curva de la forma $B_d = f_1(\mathcal{N}_0)$

R resistencia magnetica combinada
$\mathcal{N}_0$ flujo correspondiente
B_d induccion media en los dientes

Las leyes de Kirchhoff aplicadas á este caso nos dicen que „la inversa de la resistencia magnetica combinada es igual á la suma de las inversas de las resistencias magneticas componentes"

$$\frac{1}{n_d\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{r'}\right)} = \frac{1}{n_d}\ \frac{r r'}{r+r'} = R_d$$

r resistencia magnetica de un diente
r' " " " una ranura

Para el valor de $B_d = 18000$ CGS $\quad \mu = 90$ Gerard $\mathrm{f}^{g}\ 69$

Resistencia magnetica de un diente $r = \dfrac{l}{\mu s}$

l es el valor XY de la fig (2) y s el valor $M''N'' \times L_{J_a} = 6\,mm \times 308\,mm = 1848\,mm^2$ (1)

$$r = \frac{4{,}86\,cm}{18{,}48\,cm^2 \times 90} = 0{,}0029 \text{ CGS}$$

Resistencia magnetica de una ranura

μ para $r' = 1$ y s vale fig (2) $1{,}28\,cm \times 39\,cm$

$$r' = \frac{l}{s} = \frac{4{,}86\,cm}{1{,}28\,cm \times 39\,cm} = 0{,}0989 \text{ CGS}$$

Resistencia combinada,

sera $\quad R_d = \dfrac{1}{nd}\dfrac{r r'}{r + r'} = \dfrac{0{,}0029 \times 0{,}0989}{0{,}0029 + 0{,}0989} \times \dfrac{1}{21{,}45}$

$$= 0{,}00013 \text{ CGS}$$

Para determinar el valor N_0 correspondiente á el valor de $B_d = 18000$ CGS tendremos siendo N_d el flujo que atraviesa un diente y N_r el que atraviesa una ranura

$$N_d r = N_r r' \ , \quad \frac{N_d}{r'} = \frac{N_r}{r} \ , \quad \frac{N_d + N_r}{N_d} = \frac{r + r'}{r'}$$

de donde $N_d + N_r = N_d \dfrac{r + r'}{r'}$ este sera el flujo correspondiente para un diente y una ranura para los 21,45 numero de dientes sera

$$N_0 = N_d \frac{r + r'}{r'} \times 21{,}45 \qquad (1)$$

pero $\quad N_d = B_d \times$ seccion media $= B_d \times 18{,}48\,cm^2 = 332640$ CGS

de donde $N_0 = 332640 \times \dfrac{0{,}0029 + 0{,}0989}{0{,}0989} \times 21{,}45 = 7344329$ CGS

Tendremos pues para $N_0 = 7344329$ CGS $\begin{cases} B_d = 18000 \text{ CGS} \\ R_d = 130 \times 10^{-6} \text{ CGS} \end{cases}$

Para la induccion $B_d = 19000$ CGS - - - - $\mu = 54$

$$r = \frac{l}{\mu s} = \frac{4{,}86\,cm}{54 \times 18{,}48\,cm^2} = 0{,}0048 \text{ CGS}$$

$$r' = 0{,}0989 \text{ CGS}$$

$$R_d = \frac{1}{nd}\frac{r r'}{r + r'} = \frac{0{,}0048 \text{ CGS} \times 0{,}0989 \text{ CGS}}{21{,}45\,[0{,}048 \text{ CGS} + 0{,}0989 \text{ CGS}]} = 0{,}000212 \text{ CGS}$$

$$\mathcal{N}_d = \mathcal{B}_d \times \text{sección media} = 19000\ CGS \times 18{,}48\ cm^2 = 351120\ CGS$$

$$\mathcal{N}_o = \mathcal{N}_d \ \frac{r+r'}{r'} \times 21{,}45 = 351120\ CGS \ \frac{0{,}0048 + 0{,}0989}{0{,}0989} \times 21{,}45$$

$$\mathcal{N}_o = 7897053/CGS$$

Tendremos pues $\mathcal{N}_o = 7897053/CGS \left\{ \begin{array}{l} \mathcal{B}_d = 19000/CGS \\ \mathcal{R}_d = 212 \times 10^{-6}/CGS \end{array} \right.$

Para la inducción $\mathcal{B}_d = 20000/CGS$ --- $\mu = 30$

$$r = \frac{l}{\mu s} = \frac{4{,}86\,cm}{30 \times 18{,}48\,cm^2} = 0{,}0137/CGS$$

$$r' = 0{,}0989/CGS$$

$$\mathcal{R}_d = \frac{1}{n_d} \ \frac{r r'}{r+r'} = \frac{0{,}0137 \times 0{,}0989}{[0{,}0137 + 0{,}0989] \times 21{,}45} = 0{,}00056/CGS$$

$$\mathcal{N}_d = \mathcal{B}_d \times \text{sección media} = 20000\ CGS \times 18{,}48\,cm^2 = 369600/CGS$$

$$\mathcal{N}_o = \mathcal{N}_d \ \frac{r+r'}{r'} \times 21{,}45 = 369600 \ \frac{0{,}0137 + 0{,}0989}{0{,}0989}\ 21{,}45$$

$$\mathcal{N}_o = 9021955/CGS$$

Tendremos pues para $\mathcal{N}_o = 9021955/CGS \left\{ \begin{array}{l} \mathcal{B}_d = 20000/CGS \\ \mathcal{R}_d = 560 \times 10^{-6}/CGS \end{array} \right.$

Con estos datos podemos ya trazar tres puntos de las dos curvas $\mathcal{R}_d = f(\mathcal{N}_o)$ y $\mathcal{B}_d = f_1(\mathcal{N}_o)$ (fig 1) y trazar aproximadamente estas curvas. Una vez trazadas podremos para un valor dado de $\mathcal{N}_o$ determinar los que corresponden á $\mathcal{R}_d$ y $\mathcal{B}_d$

Así para el valor $\mathcal{N}_o = \frac{\mathcal{N}}{2} = \frac{166 \times 10^5/CGS}{2} = 83 \times 10^5/CGS$ que es el que á nosotros nos interesa corresponden para $\mathcal{R}_d$ el valor $309 \times 10^{-6}/CGS$ y para $\mathcal{B}_d$ el valor $19450/CGS$

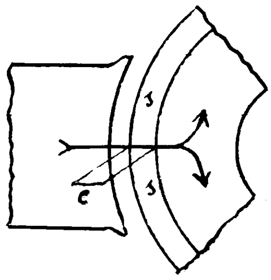


fig γ

Esta resistencia así obtenida será la que ofrezcan los dientes y ranuras al flujo que emana de un polo y que puede hacerse igual á la de una capa de aire de espesor e y de sección 2 s fig γ (esta sección debe entenderse en corte en la figura será pues $\frac{e}{2s} = 309 \times 10^{-6}$ / CGS

Pero nosotros necesitamos el espesor de una capa de aire que ofrezca igual resistencia magnética que los dientes y ranuras pero para los flujos transversos fig δ y si la anterior era

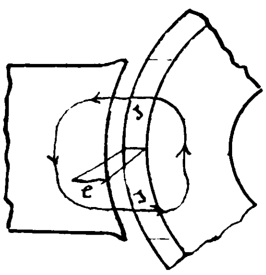


fig δ

$$\frac{e}{2s} = 309 \times 10^{-6} \text{ / CGS}$$

la de ahora es

$$2\frac{e}{s} = 4\frac{e}{2s} = 4 \times 309 \times 10^{-6} \text{ / CGS}$$

de donde

$$e = \frac{4 \times 309 \times 10^{-6} \times s}{2}$$

el valor 2 s hemos visto que vale 1429 cm² pg 7

$$e = \frac{4 \times 309 \times 10^{-6} \times 714{,}5\,\text{cm}^2}{2} = 0{,}441\,\text{cm}$$

y tendremos que el juego que dejaremos entre la superficie exterior de los dientes y los polos inductores será

$$\frac{1}{2} l_e - e = \frac{1}{2} 2{,}52\,\text{cm} - 0{,}441\,\text{cm} = 0{,}82\,\text{cm}$$

valor conveniente desde el punto de vista mecánico.

Inductores.

S_i sección que corresponde a un circuito magnético es decir mitad de la sección total del inductor

v coeficiente de dispersión = 1,2

B_i inducción que se supone en el cuerpo del inductor = 15000 / CGS

Entre estos valores tendremos la relación

$$2S_i = \frac{\frac{1}{2} v N}{B_i} = \frac{\frac{1}{2} \times 1{,}2 \times 166 \times 10^5 \text{ / CGS}}{15000 \text{ / CGS}}$$

$$2S_i = 664\,\text{cm}^2$$

Siendo el cuerpo del inductor cilíndrico su sección recta valdrá

$$\pi \frac{D_i^2}{4} = 3{,}14 \frac{D_i^2}{4} = 664\,\text{cm}^2$$

D_i diámetro de la sección recta del inductor

de donde

$$D_i = 28{,}8\,\text{cm}$$

Culata.

En la culata que es recorrida por un circuito magnetico tendremos la siguiente relacion

S_c seccion de la culata
B_c induccion en ella que se supone = 14000 / CGS

$$S_c = \frac{\frac{1}{4} \nu N}{B_c} = \frac{\frac{1}{4} \times 1{,}2 \times 166 \times 10^5 / CGS}{14000 / CGS}$$

$$S_c = 355 \, cm^2$$

Teniendo para D_i el valor 28,8 cm tomaremos para la dimension mayor de S_c que sera rectangular el valor 35 cm. Esta dimension es la paralela en direccion al eje de la maquina, la otra resulta $\frac{S_c}{35\,cm} = 10{,}1\,cm$

Para tener perfecto conocimiento del sistema inductor no nos falta mas que determinar el arrollamiento en derivacion. Para esto asignaremos al cuerpo del inductor una altura de 20 cm de los cuales 1,5 son para el espesor de los discos superior e inferior del carrete magnetizante

Con estos datos vamos á establecer la formula de Mr Hopkinson

$$4H\left(m\, i_d - \frac{2\alpha}{180^0} n_c \frac{i_a}{2}\right) 10^{-1} = N_a (R_a + R_d + R_e) + \nu N_a (R_p + R_i + R_c)$$

$m\, i_d$ amper-vueltas de las bobinas magnetizantes (dos de ellas solamente)

$\alpha = 12^0$ lo que supone que la conmutacion se hace á la derecha de las expansiones polares con un angulo que no se alcanza en la practica

Los subindices de la letra R que indica resistencia magnetica se refieren á las iniciales de el trozo de circuito que se considera.

R_a = es de la forma $\frac{l}{\mu s}$ $\begin{cases} l \text{ medida en el croquis vale } 33\,cm \\ \mu \text{ correspondiente a } B = 12000/CGS \text{ vale } 1412 \\ s \text{ valor hallado anteriormente } = S_a = 345\,cm^2 \end{cases}$

por lo tanto $\mathcal{R}_a = \dfrac{33cm}{1413 \times 345cm^2} = 67,7 \times 10^{-6}/CGS$

Para tener el valor $\mathcal{R}_d$ sabemos que la resistencia magnetica que los dientes y ranuras ofrecen al flujo que sale de un polo es $\frac{e}{2s} = 309 \times 10^{-6}$

La que ofrecera el flujo que sale de la mitad de un polo que es el que nosotros debemos considerar en un circuito magnetico sera $\frac{e}{s} = 2 \times \frac{e}{2s} = 2 \times 309 \times 10^{-6}$ y como esta resistencia se repite en dos polos inductores

$$\mathcal{R}_d = 2 \times 2 \times 309 \times 10^{-6}/CGS = 1236 \times 10^{-6}$$

$\mathcal{R}_e$ es de la forma $\frac{e}{s}$ pues la permeabilidad del aire se supone $= 1$

e vale $2 \times 0,82cm = 1,64cm$

s vale $714cm$

$$\mathcal{R}_e = \frac{1,64cm}{714cm^2} = 2296 \times 10^{-6}/CGS$$

$\mathcal{R}_p$ es de la forma $\frac{l}{\mu s}$

l en el croquis vale $2 \times 3cm = 6cm$

μ para $\mathcal{B} = \dfrac{\frac{1}{4} v \mathcal{N}}{S_p} = \dfrac{\frac{1}{4} v \mathcal{N}}{\dfrac{2S_i + S_m}{2}}$ ó sea $\dfrac{\frac{1}{4} \times 1,2 \times 166 \times 10^5}{\dfrac{664 + 1521}{2}}$ ...pag 7

S_m seccion segun la cual entra el flujo en los dientes

igual á $9110/CGS$ μ vale 2200

s vale el valor ya hallado $\dfrac{2S_i + S_m}{2} = 546cm^2$

por lo tanto $\mathcal{R}_p = \dfrac{6cm}{2200 \times 546cm^2} = 4,99 \times 10^{-6}$

$\mathcal{R}_i$ es de la forma $\frac{l}{\mu s}$

l en el croquis vale $2 \times 20cm = 40cm$

μ para $\mathcal{B}_i = 15000/CGS$ vale 526

s vale $332cm^2$ pg 11

por lo tanto $\mathcal{R}_i = \dfrac{40cm}{526 \times 332cm^2} = 229 \times 10^{-6}/CGS$

14)

$\mathcal{R}_c$ es de la forma $\frac{l}{\mu s}$ $\begin{cases} l \text{ en el croquis vale } 2 \times 34\,cm + 55\,cm = 123\,cm \\ \mu \text{ para } B = 14000 / C6P \text{ ---- } 823 \\ s = 355\,cm^2 \end{cases}$

por lo tanto $\mathcal{R}_c = \frac{123\,cm}{823 \times 355\,cm^2} = 420 \times 10^{-6}$

La formula de Mr. Hopkinson puede ponerse bajo la forma

$$m\,i_d = \frac{\alpha^0}{180^0} n_c \frac{i_a}{2} + \frac{N_a \mathcal{R}_a}{4\pi \times 10^{-1}} + \frac{N_a \mathcal{R}_d}{4\pi \times 10^{-1}} + \frac{N_a \mathcal{R}_e}{4\pi \times 10^{-1}}$$
$$+ \frac{\nu N_a \mathcal{R}_p}{4\pi \times 10^{-1}} + \frac{\nu N_a \mathcal{R}_i}{4\pi \times 10^{-1}} + \frac{\nu N_a \mathcal{R}_c}{4\pi \times 10^{-1}}$$

$\frac{\alpha^0}{180^0} n_c \frac{i_a}{2}$ reaccion del inducido $= \frac{12^0}{180^0}\, 226\, \frac{402^A}{2} = 2998$

$\frac{N_a \mathcal{R}_a}{4\pi \times 10^{-1}}$ fuerza magneto motriz necesaria para vencer la resistencia magnetica de la armadura $\quad \frac{41{,}5 \times 10^5 \times 67{,}7 \times 10^{-6}}{4 \times 3{,}14 \times 10^{-1}} = 223$

$\frac{N_a \mathcal{R}_d}{4\pi \times 10^{-1}}$ f.m.m. para vencer la $\mathcal{R}$ de los dientes $\quad \frac{41{,}5 \times 10^5 \times 1236 \times 10^{-6}}{4 \times 3{,}14 \times 10^{-1}} = 4083$

$\frac{N_a \mathcal{R}_e}{4\pi \times 10^{-1}}$ f.m.m. para vencer la $\mathcal{R}$ del entrehierro $\quad \frac{41{,}5 \times 10^5 \times 2296 \times 10^{-6}}{4 \times 3{,}14 \times 10^{-1}} = 7585$

$\frac{\nu N_a \mathcal{R}_p}{4\pi \times 10^{-1}}$ f.m.m. para vencer la $\mathcal{R}$ de las piezas polares (expansiones) $\quad \frac{1{,}2 \times 41{,}5 \times 10^5 \times 4{,}99 \times 10^{-6}}{4 \times 3{,}14 \times 10^{-1}} = 19$

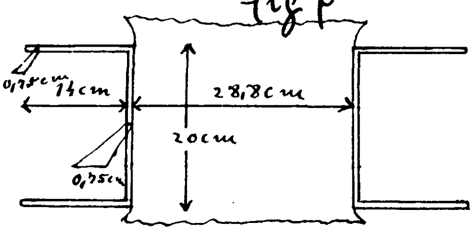
$\frac{\nu N_a \mathcal{R}_i}{4\pi \times 10^{-1}}$ f.m.m. para vencer la $\mathcal{R}$ de los nucleos inductores $\quad \frac{1{,}2 \times 41{,}5 \times 10^5 \times 229 \times 10^{-6}}{4 \times 3{,}14 \times 10^{-1}} = 908$

$\frac{\nu N_a \mathcal{R}_c}{4\pi \times 10^{-1}}$ f.m.m. para vencer la $\mathcal{R}$ de la culata $\quad \frac{1{,}2 \times 41{,}5 \times 10^5 \times 420 \times 10^{-6}}{4 \times 3{,}14 \times 10^{-1}} = 1665$

$m\,i_d = 17481$

Para el arrollamiento en derivacion adoptaremos para las carretes donde se arrollan las espiras de la escitacion las dimensiones anotadas en la fig ρ

fig ρ



Asi tendremos que la espira de diametro medio ~~sera~~ tendra para diametro $d_m = 28{,}8\,cm + 2\times 0{,}75\,cm + 14\,cm = 44{,}3\,cm$ y para longitud de dicha espira l_m

$$l_m = \pi d_m = 3{,}14 \times 44{,}3\,cm = 139\,cm$$

s_e superficie en corte del hilo de cobre de la escitacion

r_i resistencia de todas las espiras

l_t longitud total del arrollamiento

$$r_i = \rho \frac{l_t}{s_e} \qquad s_e = \rho \frac{l_t}{r_i}$$

$$r_i = \frac{E}{i_d} \qquad l_t = m\, l_m \qquad m\, i_d = 17481$$

$$s_e = \rho \frac{m\, l_m}{\frac{E}{i_d}} = \frac{2\times 10^{-6} \times 17481}{250}$$

$$s_e = 0{,}0194\,cm^2$$

d_e diametro del hilo de la escitacion sin aislante

$$d_e = \sqrt{\frac{4\times s_e}{\pi}} = \sqrt{\frac{4\times 0{,}0194\,cm^2}{3{,}14}}$$

$$d_e = 0{,}156\,cm = 1{,}56\,mm$$

Tenemos la formula empirica Hospitalier Pg 187

d_a diametro del hilo con aislante

δ espesor del aislante

$$2\delta = 0{,}43 + 0{,}07 d_e = 0{,}43 + 0{,}07 \times 1{,}56\,mm$$

$$2\delta = 0{,}54\,mm$$

$$d_a = 2\delta + d_e = 0{,}54 + 1{,}56\,mm = 2{,}1\,mm$$

El numero de capas sera evidentemente fig ρ

$$\frac{140\,mm}{2{,}1\,mm} = 67 \text{ por esceso}$$

Y el numero de espiras de cada capa fig ρ

$$\frac{200\,mm - 2\times 7{,}5\,mm}{2{,}1\,mm} = 88$$

Vamos á ver si la densidad de corriende en los inductores y la caida de potencial por efecto Joule son convenientes.

El numero de espiras total sera

$$4 \times 88 \times 66 = 23232 = m$$

La resistencia sera

$$r_i = \frac{\rho\, l_m \times m}{\pi \frac{d_e^2}{4}} = \frac{2\times 10^{-6} \times 139\,cm \times 23232}{3{,}14 \times \frac{0{,}156^2\,cm}{4}}$$

$$r_i = 338 \text{ ohms}$$

La corriente sera

$$i_i = \frac{E}{r_i} = \frac{250\,V}{338\text{ Ohms}} = 0{,}74^A$$

La densidad de corriente

$$\delta = \frac{i_i}{s_e} = \frac{0{,}74^A}{3{,}14 \times \frac{0{,}156^2\,cm^2}{4}} = 0{,}0038^A \text{ por } cm^2 = 0{,}38^A \text{ por } mm^2$$

Y la perdida de potencia por efecto Joule

$$E\, i_i = 250\,V \times 0{,}74\,A = 185\,W$$

Calculo aproximado del rendimiento

Perdidas de potencia por

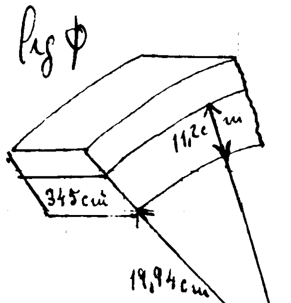
Efecto Joule en la armadura	1500 W
" " en la escitacion	185

Histeresis en el nucleo del inducido

Por cm³ por ciclo segun Steinmetz Gerard Pg 69 se pierde $a\,B^{1,6}$ ergs $= a\,B^{1,6} \times 10^{-7}$ wts para dos ciclos de una vuelta $2 \times a\,B^{1,6} \times 10^{-7}$ wts y en un segundo siendo $\frac{400}{60}$ el numero de vueltas por segundo

$$2 \times a\,B^{1,6} \times 10^{-7} \times \frac{400}{60} \text{ wts por } cm^3$$

fig φ



El volumen del cuerpo del inducido fig φ es

$$345\,cm^2 \times 2\pi\left(19{,}94 + \frac{11{,}2}{2}\right) cm = 55200\,cm^3$$

$$2 \times a \times B^{1,6} \times 10^{-7} \times \frac{400}{60} \times 55200 =$$

$$2 \times 0{,}003 \times 12000^{1,6} \times 10^{-7} \times \frac{400}{60} \times 55200 = \ldots \quad 735$$

a para el palastro Form.º de Picard y David = 0,003

Histeresis en los dientes de la armadura

$2 \times a B^{1,6} \times 10^{-7} \times \frac{400}{60} \times$ volumen

El volumen de un diente Pg 9 (1) es $18,48 cm^2 \times 4,86 cm$

el de todos los dientes sera $18,48 cm^2 \times 4,86 cm \times 113 c = 10148 cm^3$

B = 19450 / CGS segun la curva

La formula anterior sera

$2 \times 0,003 \times 19450^{1,6} \times 10^{-7} \times \frac{400}{60} \times 10148$ - - - - - - - 292 wts

Por corrientes Foucault

Tenemos la formula empirica Gerard Pg 566

P_t perdida total $\quad P_t = P_j + 3,5 P_h$

P_j " por efecto Joule

P_h " " histeresis $\quad P_t = P_j + P_h + P_f$

P_f " corrientes Foucault

$P_f = 2,5 P_h = 2,5 (735 + 292)$ - - - 2567

Frotamientos mecanicos.

Tomaremos el 3% de la potencia util

o sea 3% 100000 wts - - - - - - - - - 3000

Suma total de perdidas 8279 wts

Rendimiento industrial probable

$$\frac{EI}{EI + 8279} = \frac{100000 \text{ wts}}{100000 + 8279 \text{ wts}} = 92 \text{ por } 100$$

Trazado de la curva correspondiente al cuerpo del inducido

Es de la forma $F = \frac{N_0 \, l}{\mu \, s}$

$N_0 = \frac{N}{4}$

$l = 33$ cm

μ en cada caso conociendo la B correspondiente se determina su valor por medio de la curva trazada según la tabla de Gerard

$B = \frac{N_0}{s}$

$s = 345$ cm²

N_0	B	μ	F
10×10^5	$\frac{10\times10^5}{345} = 2898$	1110	$\frac{10\times10^5 \times 33}{1110 \times 345} = 86$
20×10^5	$\frac{20\times10^5}{345} = 5797$	1770	$\frac{20\times10^5 \times 33}{1770 \times 345} = 108$
30×10^5	$\frac{30\times10^5}{345} = 8695$	2220	$\frac{30\times10^5 \times 33}{2220 \times 345} = 129$
40×10^5	$\frac{40\times10^5}{345} = 11565$	1530	$\frac{40\times10^5 \times 33}{1530 \times 345} = 250$
50×10^5	$\frac{50\times10^5}{345} = 14492$	640	$\frac{50\times10^5 \times 33}{640 \times 345} = 747$
60×10^5	$\frac{60\times10^5}{345} = 17391$	120	$\frac{60\times10^5 \times 33}{120 \times 345} = 4782$

Trazado de la curva correspondiente a los dientes.

Es de la forma $F = N_0 R_0$ (1)

Tenemos ya trazada la curva $R = f(N_0)$

$R_0 = \frac{R}{2}$ Nos basta pues dar valores a N_0 tomar los correspondientes R y efectuar los productos $N_0 \frac{R}{2}$

Solo lo haremos para 4 puntos pues para mas como la curva esta trazada por tres solamente (los tres primeros que tomaremos) los valores que hallariamos serian muy inseguros.

Tambien observaremos que la de la formula (1) es la mitad de la de la curva

N_0	β_0	F
$\frac{7344000}{2} = 36{,}72 \times 10^5$	$\frac{130 \times 10^{-6}}{2} = 65 \times 10^{-6}$	$36{,}72 \times 10^5 \times 65 \times 10^{-6} = 238$
$\frac{7897000}{2} = 39{,}485 \times 10^5$	$\frac{212 \times 10^{-6}}{2} = 106 \times 10^{-6}$	$39{,}485 \times 10^5 \times 106 \times 10^{-6} = 418$
$\frac{9021000}{2} = 45{,}105 \times 10^5$	$\frac{560 \times 10^{-6}}{2} = 280 \times 10^{-6}$	$45{,}105 \times 10^5 \times 280 \times 10^{-6} = 1262$
$\frac{10000000}{2} = 50 \times 10^5$	$\frac{1480 \times 10^{-6}}{2} = 740 \times 10^{-6}$	$50 \times 10^5 \times 740 \times 10^{-6} = 3700$

Trazado de la curva correspondiente al entrehierro

Es de la forma $F = \frac{N l}{s}$ y por lo tanto una recta que pasa por el origen

$l = 2 \times 0{,}82 = 1{,}64$ cm

$s = 714$ cm²

La ecuacion de la recta sera

$$F = N \frac{1{,}64}{714} = N \times 229 \times 10^{-5}$$

Nosotros la hemos trazado determinando el punto de ordenada $N = 100 \times 10^5$ á la que corresponde la abcisa $F = 100 \times 10^5 \times 229 \times 10^{-5} = 22900$.

Trazado de la curva correspondiente á las expansiones polares

Es de la forma $F = \frac{N_0 l}{\mu s}$

$N_0 = \frac{N}{4}$

$l = 2 \times 3 \text{ cm} = 6$ cm

$s = \frac{1}{2} \frac{S + S_1}{2}$ — S superficie de las expansiones polares por donde limitan con el entrehierro $= 1521$ cm Pg 7

$= 543$ — S_1 seccion de las expansiones por donde se acuerdan con los nucleos de los inductores $= 651$ cm² Pg 11 $\pi \frac{D_i^2}{4}$

μ se determina como en el caso anterior

$\beta = \frac{N_0}{s}$

N_0	B	μ	F
20×10^5	$\frac{20 \times 10^5}{543} = 3499$	1220	$\frac{20 \times 10^5 \times 6}{1220 \times 543} = 17$
40×10^5	$\frac{40 \times 10^5}{543} = 7366$	1990	$\frac{40 \times 10^5 \times 6}{1990 \times 543} = 22$
60×10^5	$\frac{60 \times 10^5}{543} = 11049$	1700	$\frac{60 \times 10^5 \times 6}{1700 \times 543} = 39$
80×10^5	$\frac{80 \times 10^5}{543} = 14732$	570	$\frac{80 \times 10^5 \times 6}{570 \times 543} = 155$

Curva correspondiente al cuerpo de los inductores

Es de la forma $F = \frac{N_0 l}{\mu s}$

$N_0 = \frac{N}{4}$

$l = 2 \times 20\,cm = 40\,cm$

$s =$ según hemos visto anteriormente $651\,cm^2$

μ se determina como en los casos anteriores

$B = \frac{N_0}{s}$

N_0	B	μ	F
10×10^5	$\frac{10 \times 10^5}{651} = 1536$	690	$\frac{10 \times 10^5 \times 40}{690 \times 651} = 89$
30×10^5	$\frac{30 \times 10^5}{651} = 4608$	1530	$\frac{30 \times 10^5 \times 40}{1530 \times 651} = 120$
50×10^5	$\frac{50 \times 10^5}{651} = 7680$	2040	$\frac{50 \times 10^5 \times 40}{2040 \times 651} = 150$
70×10^5	$\frac{70 \times 10^5}{651} = 10752$	1740	$\frac{70 \times 10^5 \times 40}{1740 \times 651} = 247$
90×10^5	$\frac{90 \times 10^5}{651} = 13824$	810	$\frac{90 \times 10^5 \times 40}{810 \times 651} = 682$
100×10^5	$\frac{100 \times 10^5}{651} = 15360$	460	$\frac{100 \times 10^5 \times 40}{460 \times 651} = 1336$

Trazado de la curva correspondiente a la culata

Es de la forma $F = \frac{N_0 \, l}{\mu \, s}$

$N_0 = \frac{N}{4}$

$l = 123$ cm

$s = 355$ cm^2

μ como en los casos anteriores

$B = \frac{N_0}{s}$

N_0	B	μ	F
20×10^5	$\frac{20\times10^5}{355} = 5633$	1710	$\frac{20\times10^5\times123}{1710\times355} = 405$
30×10^5	$\frac{30\times10^5}{355} = 8450$	2210	$\frac{30\times10^5\times123}{2210\times355} = 470$
40×10^5	$\frac{40\times10^5}{355} = 11267$	1530	$\frac{40\times10^5\times123}{1530\times355} = 905$
50×10^5	$\frac{50\times10^5}{355} = 14084$	790	$\frac{50\times10^5\times123}{790\times355} = 2192$
60×10^5	$\frac{60\times10^5}{355} = 16901$	190	$\frac{60\times10^5\times123}{190\times355} = 10941$

Ahora sumando para cada valor de N_0 las abcisas que resulten en las curvas trazadas obtendremos la curva del magnetismo $F = f(N_0)$

Madrid 3 de Mayo 900

J Menendez Ormaza

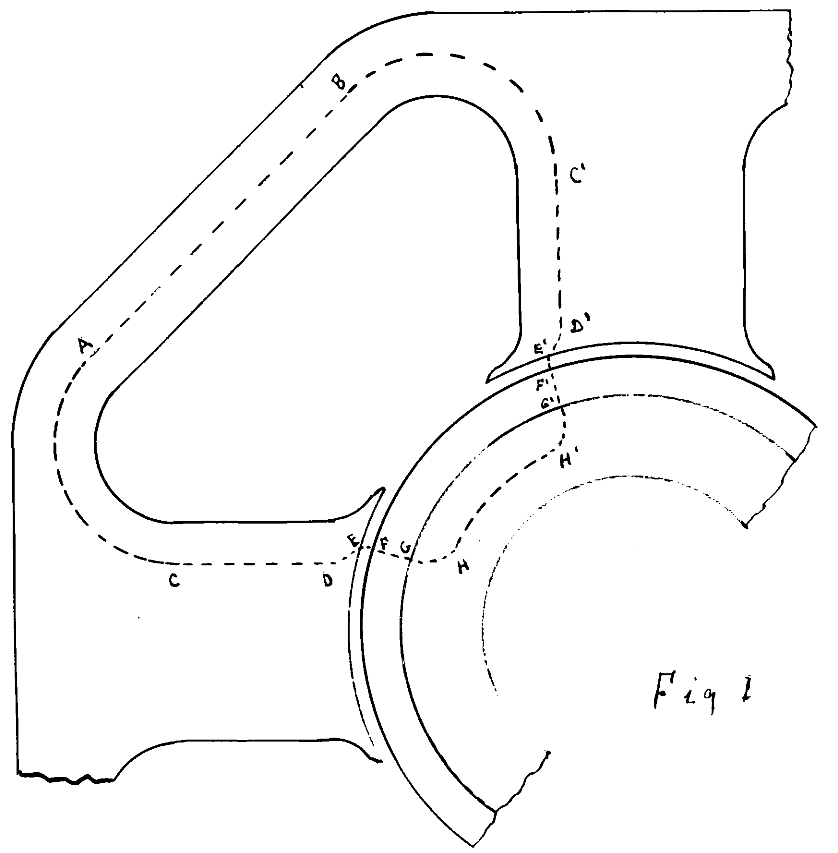


Fig I

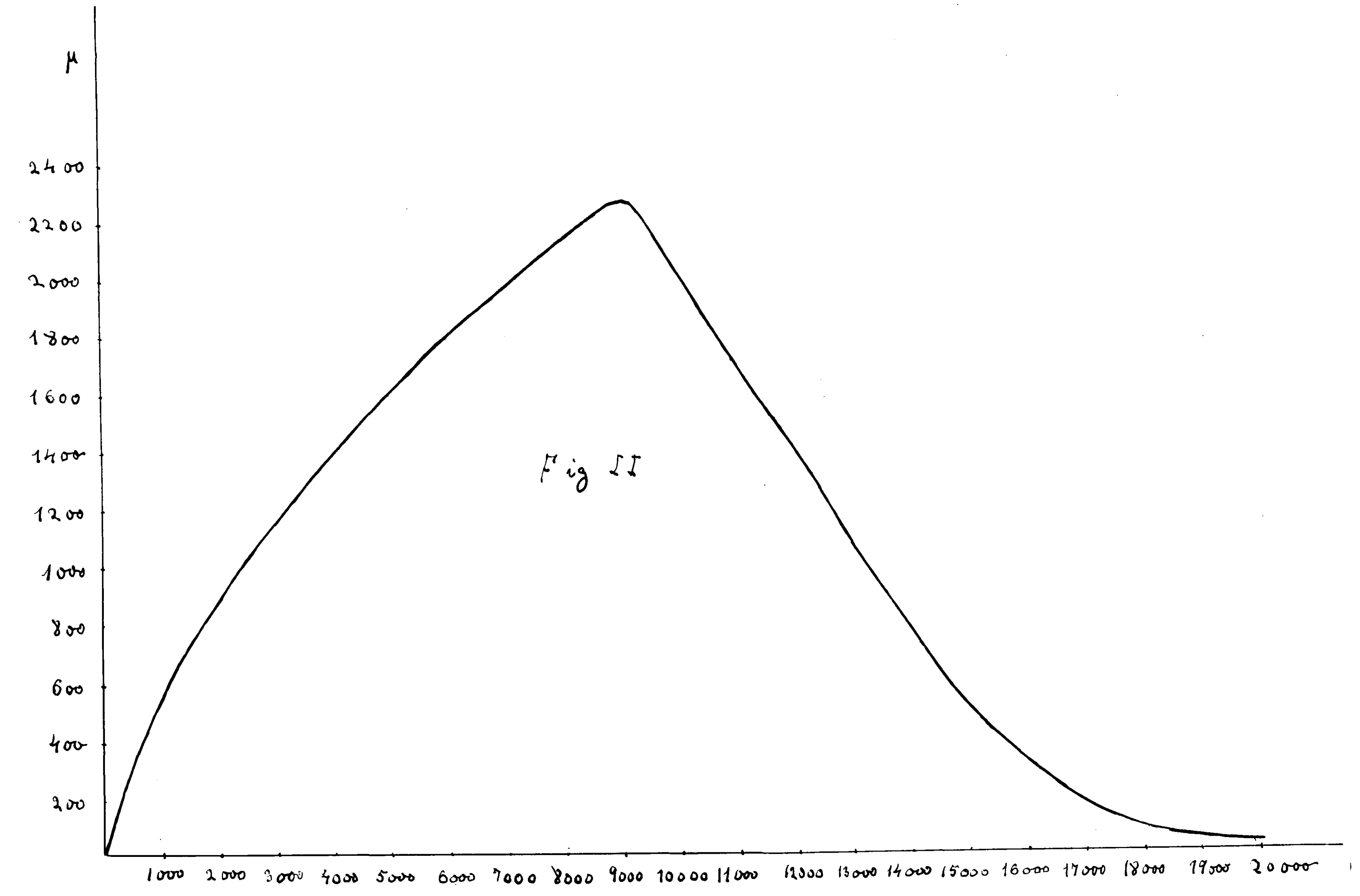


Fig II

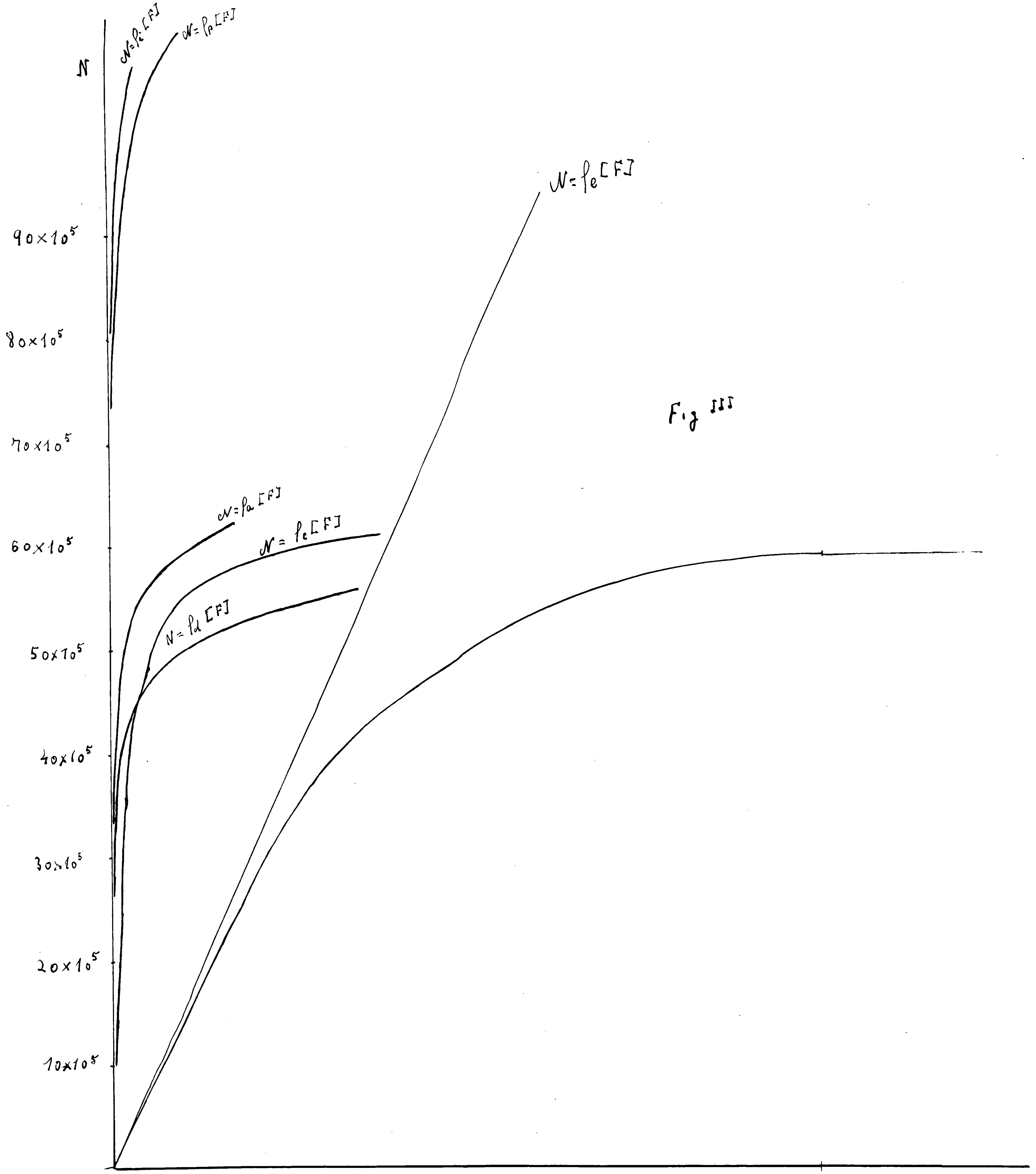


Fig III