# Proyecto de Dinamo

de corriente continua por

1904

Juan de Zavala y Arellano

la longitud del tambor en el sentido del eje = 50 cms.

Con estos datos veremos de calcular las diversas partes de la dinamo.

-I N D U C I D O-

RADIO DEL TAMBOR: Lo deduciremos de la expresión

$$2 \pi R \times 425 = 1800 \times 60$$

de donde

$$R = 40,5 \text{ cms.}$$

PARTE DE LA CIRCUNFERENCIA EXTERIOR ABARCADA POR UN POLO

Siendo la circunferencia exterior

$$2\pi R = 2\pi \times 40,5 = 254,34 \text{ cms}$$

la parte cubierta por los cuatro polos será

$$0'70 \times 254,34 = 178,05$$

y por lo tanto á un polo corresponderá

$$\frac{178,05}{4} = 44,5 \text{cms.}$$

NUMERO DE HILOS: La fórmula general es:

$$n = 2p \times y \pm 2$$

y tomando el paso

$$y = 31$$

resulta.

$$n = 126.$$

y por consiguiente el número de láminas del colector será tambiem igual á 126.

DIFERENCIA DE POTENCIAL ENTRE DOS LAMINAS CONSECUTIVAS:

La que existe entre las láminas que pisan las escobillas y que están en la extremidad de un diámetro es de 550 V y dividiendo por $\frac{1}{2} \times 126 = 63$

tendremos $\frac{550}{63} = 8,63$ V.

PERDIDA POR EFECTO JOULE EN LA ARMADURA:

Tomaremos como pérdida el 1,5 % de la potencia util de la máquina

$$J = 0,015 \times 220000 = 3400 \text{ W}$$

CORRIENTE EN EL CIRCUITO EXTERIOR

$$i_u = \frac{220000\ W}{550\ V} = 400\ A.$$

CORRIENTE EN LA ARMADURA.

Será la suma de lo util ~~y~~ de la derivada á los inductores que la supondremos igual á 0,5 % de la corriente util.

Luego

$$i_A = i_u + i_d = 400 + 0,005 \times 400 = 400 + 2 = 402\ A.$$

RESISTENCIA DE LA ARMADURA-

$$R_a = \frac{R_a I_a^2}{I_a^2} = \frac{3400\ W}{(402)_A^2} = 0,021\ Ohms.$$

CAIDA DE VOLTAJE EN EL INDUCIDO-

$$E_a = R_a I_a = 402+0,021 = 8,44 \text{ V.}$$

LONGITUD TOTAL DEL ARROLLAMIENTO.

En cada ranura del inducido vamos á colocar dos barras. La longitud total se compondrá por lo tanto de 50 cms que es la del tambor en el sentido del eje, de 4 cms á cada lado para efectuar las conexxiones y por último de las uniones hechas por conductores que tengan una longitud igual á $\frac{1}{4}$ de la circunferencia exterior del inducido-

Luego $L_a = 2\times 126\,(50+2\times 4+\frac{\pi 81}{4}) = 306,38$ ms.

## SECCION DE LOS CONDUCTORES-

Como $R_a = \frac{1}{\frac{1}{R}+\frac{1}{R}} = \frac{R}{2}$ tendremos........................

..................................... $R_a = \frac{\frac{1}{2} l_a \rho}{2\, S_a}$ de donde....

.... $S_a = \frac{\rho\, l_a}{4\, R_a} = \frac{1,6\times10^{-6}\times 306,38}{4\times0,021} = 58\ mm^2$ admitiendo para $\rho$ el valor de 1,6 Ohms $\times 10^{-6}$ al centimetro.

## DENSIDAD DE LA CORRIENTE-

$$S = \frac{201^{A}}{58 mm^2} = 3,46\ A.$$

## FORMA Y DIMENSIONES DE LAS BARRAS DEL INDUCIDO.

Las barras serán de sección rectangular de 10,6×5,5 mm para que las ranuras tengan una dimensión conveniente. El espesor de la cubierta aisladora de las barras es de 1 mm.

El revestimiento de la ranura 1,5 mm, y un espesor de un mm el aislamiento entre las dos barras de cada ranura. Siendo la profundidad de esta 27,7 mms. la longitud de la circunferencia en la base de los dientes será

$$\Pi(81-2\times2,77)=236,94 \text{ cms.}$$

LONGITUD DE UNA RANURA Y UN DIENTE-

Será $\dfrac{236,94}{126}=1,88$ cms.

ANCHO DE UN DIENTE EN LA BASE-

Si damos 9 mms de anchura á una ranura, el de un diente en la base lo deduciremos por la fórmula

$$1,88-0,9=0,98 \text{ cms.}$$

y el correspondiente en la periferia resultará igual á

$$\frac{\pi\, 81}{126} - 0,9 = 1,12 \text{ cms.}$$

FLUJO QUE SALE DE LOS DOS POLOS N FUNCIONANDO LA MAQUINA A PLENA CARGA-

Lo deduciremos de la fórmula general $E = \Phi\, N\, n\, 10^{-8}$ en que $N = \frac{425}{60}$ y $n = 252$ y E la fuerza eléctromotriz total cuya expresión es

$E = 550 + 8,45 + 0,25 \times 8,45 = 560,50$ V si admitimos para caida de voltage en la exitación en serie la cuarta parte de la pérdida en el inducido

Luego el flujo será

$$\Phi = \frac{560,50 \times 10^8}{252 \times \frac{425}{60}} = 314 \times 10^5 \text{Gauss.}$$

Cuando la máquina marche de vacio el flujo tendrá por expresión-

$$\Phi' = \frac{500,10^8}{252 \times \frac{425}{60}} = 280 \times 10^5 \text{Gauss.}$$

INDUCCION MAGNETICA MAXIMA ADMISIBLE-

$$B_a = 12000 \text{ C.G.S.}$$

VOLUMEN TOTAL DE HIERRO-

Este volumen se compondrá del de la armadura considerada sin dientes aumentado en el correspondiente á estos.

$$V_t = V_a + V_d$$

Para calcular $V_a$ tendremos en cuenta que el inducido tiene 5 coronas de 0,8 cms que ocupan $5 \times 0,8 = 4$ cms y suponiendo que el aislamiento sea de 7 cms quedan los 50 cms del tambor reducidos á $50 - 11 = 39$ cms de hierro.

Ahora bien, si dividimos la superficie de este por estos 39 cms tendremos la altura radial del inducido.

La sección del hierro será

$$s_a = \frac{\frac{1}{4}\Phi}{B_a} = \frac{\frac{1}{4}\, 314 \times 10^5}{12000} = 654 \text{ cms}^2$$

puesto que por la armadura pasa la cuarta parte del flujo que emerge de los dos polos N.

Luego la altura radial será igual á $\frac{654}{39} = 16,7$ no tenien do en cuenta los dientes.

Siendo el diámetro de la parte hueca

$$81 - 2 ( 2,77+16,7 ) = 42,06 \text{ cms}$$

resultará que

$$V_a = \frac{\pi}{4} ((81-2,77\times 2)^2 - 42,06^2) = 119,228 \text{ cms}^3$$

Para calcular $V_d$ diremos que el area de un diente es

$\left[\frac{0,98+1,12}{2}\right] 2,77$ y como la altura en hierro del inducido es

de 39 cms, el volumen de uno de ellos será

$$\frac{0,98+1,12}{2} \times 2,77 \times 39 \text{ y como son } 126$$

$$V_d = \frac{0,98+1,12}{2} \times 2,77 \times 39 \times 126 = 14,301 \text{ cms}^3.$$

Luego

$$V = 119,228+14,301 = 133,529 \text{ cms}^3$$, volumen que nos permitirá calcular la pérdida por histeresis.

## CALCULO DEL ENTREHIERRO.

AREA-Tomaremos para valor de esta la media de las superficies polares y de penetración del flujo en el inducido.

$$2\ s_e = \frac{1}{2}(Sup_{pol.} + Sup_{pen.})$$

La superficie polar tiene por expresión

$$Sup_{pol.} = 50 \times 44,5 = 2,225 \text{ cm}^2$$

Para calcular $S_{pn}$ razonaremos de este modo: el ancho de un diente en la periferia es de 1,12 cms, y el de un hueco 0,9 cms; el de un hueco y un diente será por lo tanto 2,02 y si nosotros dividimos 44,5 por 2,02 tendrémos el número de de dientes por los que el flujo penetra en el inducido Añadiendo á este número el 10% para tener presente la dispersión del flujo resultarán-

$$2,02 + 22,2 + 0,1 \times 22,2 = 24,42$$

y por lo tanto

$$Sup_{pen} = 1,7 \times 50 \times 24,42 = 2077,30\ cm^2$$ en cuya fórmula 1,7 representa el ancho del diente con expansiones.

Sustituyendo estos valores tendremos

$$2\ s_e = \frac{1}{2}(2225+2077,30) = 2151\ cm^2$$

La intensidad media del campo será por lo tanto

$$H = \frac{\frac{1}{2}\Phi}{2s_e} = \frac{314\times10^5}{2151} = 7294$$ Gauss valor que vamos á necesitar para calcular el espesor del entrehierro.

ESPESOR DEL ENTREHIERRO.

Si el inducido fuese liso resolveriamos el problema de hallar este espesòr sustituyendo valores en la fórmula de Esson que dice-

$$n\ i = \frac{1{,}2\ H\ l_e}{B}$$ y que en este caso se convier

te en

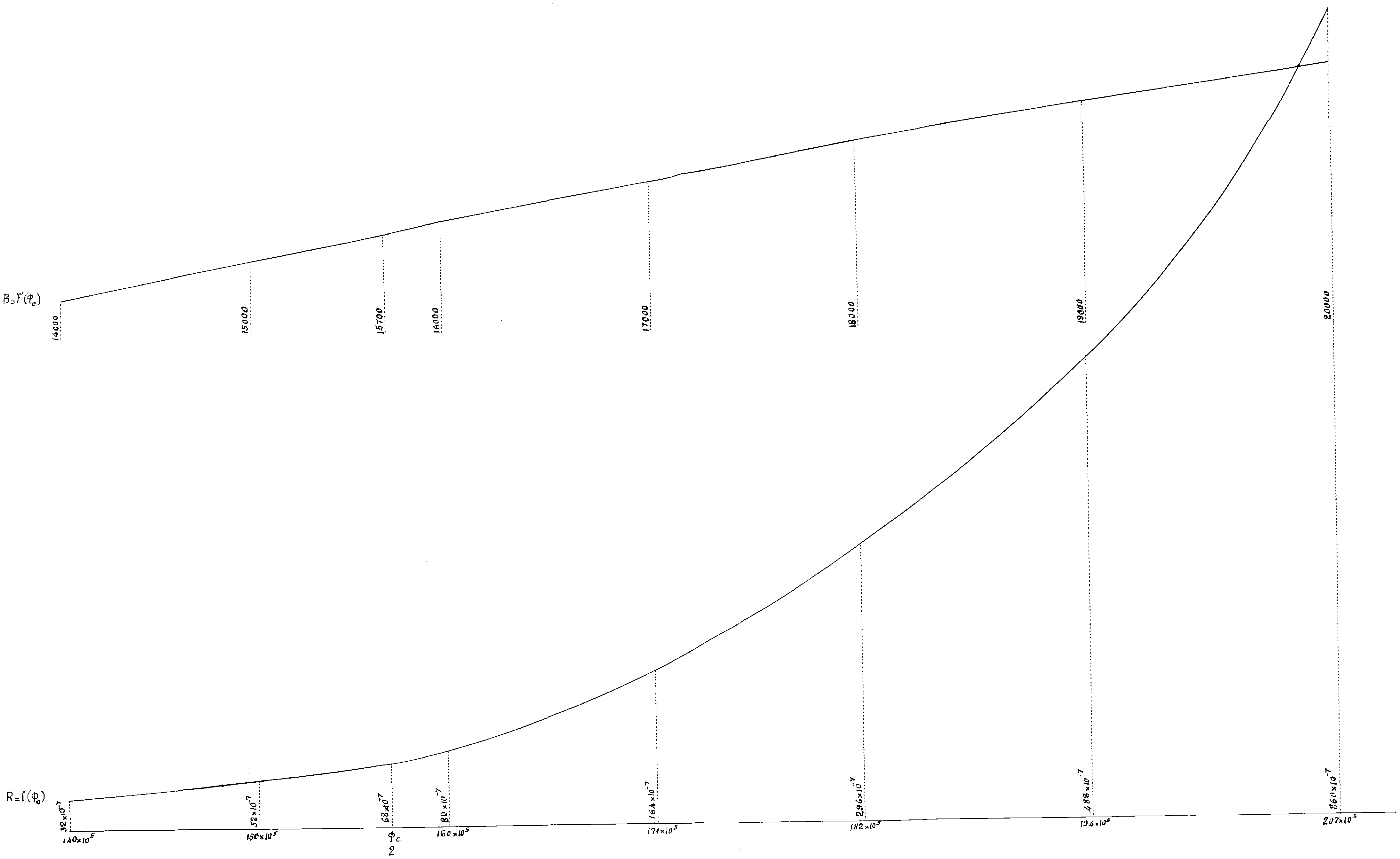
$$l_e = \frac{\overset{\underline{402}}{252\ \ 2\ \ 66,5}}{192 \times 7294} = 2,3 \text{ cms}$$ en que $l_e$ es el doble de la longitud del entrehierro;pero como el inducido es dentado hay que restar de esta expresión el espesor de aire equivalente á la resistencia magnetica combinada de dientes y ranuras.

Para ello seguiremos la marcha siguiente:Tomaremos un valor arbitrario B para la inducción y veremos en las tablas que valor corresponde á la permeabilidad $\mu$ ;á continuación calcularemos la resistencia magnética $R_d$ de un diente y la $R_r$ de una ranura para este valor de $\mu$ ,con lo que tendremos los datos suficientes para conocer la resistencia combinada $R_c$ de los 24-42 dientes y ranuras por que penetra el flujo en el inducido. Hecho esto calcularemos el flujo $\Phi_d$ que pasa por un diente, para este valor B de la inducción, despues el $\Phi_r$ que atraviesa una ránura y con estos valores deduciremos el flujo que pasa por un diente y una ranura y por lo tanto el $\Phi_o$ que atraviesa los 24-42 dientes y ranuras.

Repitiendo todos estos cálculos para distintos valores de B formaremos el cuadro siguiente:

# CURVAS DEL MAGNETISMO

| Inducciones | Permeabilidad | Resistencia magnética de un diente | Resistencia magnética de una ranura | Resistencia magnética combinada de los 24,42 dientes y ranuras | Flujo á traves de un diente | Flujo á traves de una ranura | Flujo á traves de los 24,42 dientes y ranuras |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B = 14000 | $\mu$ = 823 | $R_d$ = 0,000082 | $R_r$ = 0,0615 | $R_c$ = 0,0000032 | $\varphi_d$ = 573300 | $\varphi_r$ = 745,29 | $\varphi_o = 140 \times 10^5$ |
| B = 15000 | $\mu$ = 526 | $R_d$ = 0,090128 | $R_r$ = 0,0615 | $R_c$ = 0,0000052 | $\varphi_d$ = 614250 | $\varphi_r$ = 1228,5 | $\varphi_o = 150 \times 10^5$ |
| B = 16000 | $\mu$ = 320 | $R_d$ = 0,000209 | $R_r$ = 0,0615 | $R_c$ = 0,0000080 | $\varphi_d$ = 655200 | $\varphi_r$ = 2227,68 | $\varphi_o = 160 \times 10^5$ |
| B = 17000 | $\mu$ = 161 | $R_d$ = 0,000419 | $R_r$ = 0,0615 | $R_c$ = 0,0000164 | $\varphi_d$ = 696150 | $\varphi_r$ = 4733,82 | $\varphi_o = 171 \times 10^6$ |
| B = 18000 | $\mu$ = 90 | $R_d$ = 0,000750 | $R_r$ = 0,0615 | $R_c$ = 0,0000296 | $\varphi_d$ = 737100 | $\varphi_r$ = 8845,2 | $\varphi_o = 182 \times 10^5$ |
| B = 19000 | $\mu$ = 54 | $R_d$ = 0,001250 | $R_r$ = 0,0615 | $R_c$ = 0,0000488 | $\varphi_d$ = 778050 | $\varphi_r$ = 15461 | $\varphi_c = 194 \times 10^5$ |
| B = 20000 | $\mu$ = 30 | $R_d$ = 0,002251 | $R_r$ = 0,0615 | $R_c$ = 0,0000850 | $\varphi_d$ = 819000 | $\varphi_r$ = 29484 | $\varphi_o = 207 \times 10^5$ |




## Escalas

$R = f(\varphi_o)$ { abscisas $10^5$ CGS ............ 1 mm; ordenadas $4 \times 10^{-7}$ CGS ........ 1 mm

$B = f'(\varphi_o)$ { abscisas $10^5$ CGS ............ 1 mm; ordenadas $10^2$ CGS ................ 1 mm

Construiremos las curbas $R = F(\Phi_o)$ y $B = F'(\Phi_o)$ y tomando sobre el eje de abcisas una magnitud $\Phi_o = \frac{1}{2}\Phi_c$ siendo $\Phi_c$ el flujo total á plena carga y levantando la ordenada correspondiente tendremos la resistencia magnética R.

Conocida de esta manera R, como ya hemos deducido el area del entrehierro $s_i$ por la fórmula $R = \frac{l'}{s}$ conoceremos l', que es lo que nos proponiamos, y que restado de $l_e$ nos da el espesor del entrehierro.

Supongamos B = 15000 C.G.S. y apliquemos lo dicho.

PERMEABILIDAD CORRESPONDIENTE-

Las tablas dán $\mu = 526$.

RESISTENCIA MAGNETICA DE UN DIENTE-

$$R_d = \frac{l_d}{\mu s} = \frac{2,77}{526 \times 40,95} = 0,000128 \text{ C.G.S.}$$

La seccion s la obtenemos suponiendo los dientes prismáticos $s = \frac{0,98+1,12}{2} \times 39 = 40,95 \text{ cm.}^2$

RESISTENCIA MAGNETICA DE UNA RANURA-

$$R_r = \frac{2,77}{0,9 \times 50} = 0,0615.$$

RESISTENCIA MAGNETICA COMBINADA DE LOS 24-42 DIENTES Y RANURAS-

$$R_c = \frac{1}{24,42} \times \frac{1}{\frac{1}{R_d} + \frac{1}{R_r}} = 0,0000052 \text{ C.G.S.}$$

FLUJO QUE PASA POR UN DIENTE-

$$\Phi_d = Bs = 15000 \times 40,95 = 614,250.$$

FLUJO QUE PASA POR UNA RANURA-

Aplicando las leyes de Kirchoff al circuito magnético tendremos que los flujos son inversamente proporcionales á las resistencias magnéticas cuando no hay fuerza magnetomotriz-

Luego $\dfrac{\Phi_d}{\Phi_r} = \dfrac{R_r}{R_d}$ de donde $\Phi_r = \Phi_d \dfrac{R_d}{R_r} = 814,250 \dfrac{0,000128}{0,0615}$

.............. $= 1228,5.$

FLUJO A TRAVES DE UN DIENTE Y DE UNA RANURA-

$$\Phi_d + \Phi_r = 614250 + 1228,5 = 615478,5$$

FLUJO A TRAVES DE LOS 24,42 DIENTES Y RANURAS-

$$\Phi_o = 24,42 \times 615478,5 = 150 \times 10^5$$

VALOR DE $\Phi_o$ QUE TOMAMOS SOBRE EL EJE DE ABCISAS PARA OBTENER R

$$\Phi_o = \frac{1}{2}\ \Phi_c = \frac{1}{2}\ 314 \times 10^5 = 157 \times 10^5$$

VALOR DE LA ORDENADA-

$$R_i = 68 \times 10^{-7}$$

El valor que se deduce en la figura para la inducción en este caso es B = 15700.

Como el flujo transversal cerrándose á través de la mas sa de un polo, atraviesa en serie las dos mitades del entrehierro que este recubre, la resistencia de la capa de aire equivalente será

$$R = 4 \times R_i = 4 \times 0{,}0000068 = 0{,}0000272.$$

VALOR DE $l'$ -

$$l' = 0{,}0000272 \times s = 0{,}0000272 \times \frac{2151}{2} = 0{,}0292536.$$

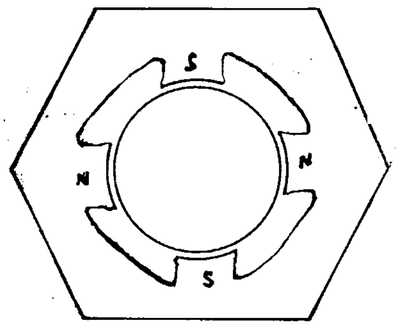
ESPESOR DEL ENTREHIERRO -

$$2{,}3 - 0{,}0292536 = 2{,}2707464 = 2e$$

$$e = 1{,}1353752 = 1{,}14.$$

# CALCULO DE LOS INDUCTORES.

El sistema inductor de la máquina que estudiamos lo




constituyen cuatro circuitos magnéticos semejantes, cada uno de los cuales interesa un cuarto del inducido, segun se indica en la fig.

Admitiendo un coeficiente de dispersión de flujo alrededor de las piezas polares $\nu = 1,2$ siendo $B_i = 15000$ la inducción en los núcleos de los inductores y $2s_i$ su sección:

$$B_i \times 2s_i = \nu\frac{\Phi}{2}, \text{de donde } 2s_i = \frac{1}{2}\nu\Phi\frac{1}{B_i} = \frac{\frac{1}{2}1,2 \times 314,10^5}{15000}\ 1256\ cm^2$$

Suponiendo circular el núcleo calcularemos facilmente su radio: $\pi r^2 = 1256$, de donde $r_i = 20$ cms.

Podemos admitir en la culata la inducción $B_c = 14000$, y como el flujo que pasa por ella es la cuarta parte del total $S_c = \frac{1}{4}\frac{\nu\Phi}{B_c}\frac{94,2.10^5}{14.000} = 673$ cms.

Generalmente esta seccion es rectangular y como tiene 50 cm.s en el sentido del eje de la armadura, en el otro sentido tendrá: $\frac{673}{50} = 13,5$ cm.s

Supongamos una altura de 30 cm.s á los núcleos destin nados á los carretes magnetizantes. En el cálculo nos referiremos á uno de los circuitos magnéticos.

Los amperes-vueltas totales <u>mi</u> necesarios en los dos carretes magnetizantes de un circuito, para obtener los 500 v. en plena carga, vienen dados por la fórmula de Hopkinson: $4\pi\left(mi-\frac{\alpha}{180}n\frac{ia}{2}\right)\cdot 10^{-1}=\Phi(R_a+R_e+R_d)+\nu\Phi(R_p+R_i+R_c)$.. ------en que los subíndices <u>a</u> <u>e</u> <u>d</u> <u>p</u> <u>i</u> <u>c</u> indican que los valores que afectan se refieren á la armadura, entrehierro, parte dentada, piezas polares, núcleos de los inductores y culata.

Admitamos $\alpha=12°$. Los demás valores son: $n=252$ $\frac{ia}{2}$ $201^{A}$

$R_d$ ya le hemos hallado en el cálculo del entrehierro, y

$$\Phi' = \frac{\Phi}{4} = \frac{314{,}10^5}{4}.$$

Los demás valores de la resistencia son de la forma $\frac{l}{us}$ Para hallar los valores de $l$, es decir la longitud de las líneas de fuerza, construiremos un croquis sujeto á escala y mediremos en él estas magnitudes. Hecho esto resulta: $l_a = 45$.. $l_e = 1{,}14 \times 2 = 2{,}28$.. $l_i = 2 \times 30 = 60$.. $l_c = 105$.. y $l_p = 2 \times 2 = 4$

Por otra parte:

$$S_a = 654\ cm^2.\ S_e = 1075{,}5\ cm^2.\ S_p = \frac{1}{2}\frac{2225+1256}{2} = 870.\ S_i = \frac{1}{2}1256 = 628.\ S_c = 673.$$

Las permeabilidades en cada una de las partes del esqueleto férreo de la dinamo las hallaremos en las tabla de Gerard en función de las inducciones que conocemos y son:

$$B_a = 12000 \ldots\ldots\ldots \mu_a = 1412$$

$$B_p = \frac{1}{4}\frac{\nu F}{S_p} = 10827,5 \ldots \mu_p = 1745.$$

$$B_i = 15000 \ldots\ldots\ldots \mu_i = 526.$$

$$B_c = 14000 \ldots\ldots\ldots \mu_c = 823.$$

Algunos de los valores que no estaban en esta tabla se han calculado por interpolación.

Conocidos l s y u tenemos todos los datos para hallar las resistencias:

$$R_a = \frac{45}{1412 \times 654} = 0,0000487.$$

$$R_a = \frac{45}{1412\ 654} = 0,0000487.$$

$$R_p = \frac{4}{1745\ 870} = 0,00000263.$$

$$R_i = \frac{60}{526\ 628} = 0,000181.$$

$$R_c = \frac{105}{823\ 675} = 0,000189.$$

$$R_e = \frac{2,28}{1075,5} = 0,00212.$$

$$R_d = 0,0000272.$$

Sustituyendo estos valores en la fórmula de Hopkinson rsulta:

$$4 \times 3,14 \left[ mi - \frac{12}{180}\ 252 \times 201 \right] . 10^{-1} = \frac{314.10^5}{4} (0,0000487 + 0,0000272 +$$

$0,000212)+1,2\times\frac{514,10^5}{4}(0,00000263+0,000181+0,000189)$. De donde $mi=19832,432$. Luego el número de amperes-vueltas de un núcleo será $\frac{mi}{2}=9916$.

Haciendo los mismos cálculos para el flujo que corresponde á la carga nula que será $\frac{\Phi_1}{4}=70.10^5$.

$B'_a=10703$.............$\mu_a=1780$....$R'_a=0,0000386$.

$B'_p=9655$.............$\mu_p=2097$...$R'_p=0,00000275$.

$B'_i=13575$.............$\mu_i=986$....$R'_i=0,0000978$.

$B'_c=12481$.............$\mu_c=1255$....$R'_c=0,000124$.

$R'_e=R_e=0,00212$.

$R'_d=0,0000128$.

Sustituyendo en la fórmula de Hopkinson hallaremos el número de amperes-vueltas de la excitación en derivación, que dividido por 2 nos dará los correspondientes á un núcleo $\frac{mi_d}{2} = 6798$.

Conociendo los amperes vueltas totales y los de la excitación en derivación por diferencia calcularé los de la excitación en série, teniendo en cuenta que en plena carga la corriente derivada aumenta en la relación $\frac{550}{500}$ de las diferencias, de potencial útiles, luego:

$mi_s = 9916 - \frac{550}{500} \times 6798 = 2438$; luego dividiendo por $i_s = 400$ tendremos: $\frac{2438}{400} = 6,09$ espiras en serie que podemos elevar á 8 para mayor seguridad.

Si se admite una densidad de corriente $\delta = 1,6$. la sección de los conductores será $\frac{400}{1,6} = 250$ $mm^2$.

Este conductor se puede formar con dos cintas de de 1,25 $cm^2$ cada una, que agruparemos en paralelo y que tendrán 4 cms. de ancho por $\frac{1,25}{4} = 0,312$ de grueso.

Con las cubiertas aisladoras el espesor del conjunto de las espiras será 7 cms.

La longitud madia de las espiras en serie será $2\pi(R+0,75+\frac{7}{2}) = 152,49$ cms. y como hay ocho espiras en cada carrete la longitud del arrollamiento en serie será $8 \times 152,49 =$

$=1219{,}92$ cms. y la resistencia $R_s = 4\rho\frac{l}{s_s} = 4\times 2{,}10^{-6}\frac{1219{,}92}{2{,}5} = 0{,}0039$.

siendo la resistencia especifica de 2 microhoms al centimetro.

La caida de voltaje correspondiente es: $R_s I = 400.0{,}0039$ $= 1^v{,}56$; y la pérdida por efecto Joule $R_s I^2 = 624$.

INDUCTORES EN DERIVACION. Hemos visto que la corriente inductora derivada debe producir 6798 amperes vueltas por carrete magnetizante: Vamos á establecer una fórmila que n nos permita calcular la sección S que hay que dar al hilo de los cuatro carretes puestos en série entre sí que componen la derivacióm, para obtener sin carga un número tota de amperes-vueltas $=4\times 6798$, á un voltage de $500^{v}$. $r=\rho\frac{l}{s}=m\times\rho\times\frac{l_m}{s}$ siendo $l_m$ la longitud media de una espira $r=\frac{E}{i_d}$ $i_d=\frac{Av}{m}$ sustituyendo estos valores y efectuando resulta

$$s=\frac{\rho A.v.l_m}{E}=\frac{2\times 10^{-6}.152,49\times 4\times 6798}{500}=0,01658cm^{2}$$

;y esta sección corresponde á un radio $r_d=0,07^{cm}$; Supongamos que el aislamiento con yute ó algodon eleva el diámetro á $d_d=0,2^{cm}$; y segun su espesor de 7 cms. se podrán superponer $\frac{7}{0,2}=55$ capas de hilo para los electros en derivación. Nos quedan libres para el devanado 25 cms. Luego el número de hilos de cada capa será $\frac{25}{0,2}=125$. Luego el número total de espiras que hay que arrollar sobre los cuatro núcleos será: $4\times 55\times$

$\times 125 = 17.500$.

La resistencia del circuito excitador en derivación será pues $:R'_d = \rho \frac{l}{s} = \frac{2.10^{-6}.17500\ 152,49}{\pi(0,07)^2}$ 320 Ohm

Esta resistencia estará atravesada en plena carga por una corriente $i_d = \frac{550}{520} = 1,72^A$ á la densidad $\delta_d = \frac{1,72}{\pi(0,07^3)^2}$ $= 1,05^A$ por $mm^2$. La pérdida de potencia por efecto Joule será $ei = 550,172 = 946^v$.

RENDIMIENTO:-Pueden ser evaluadas del modo siguiente las diversas pérdidas en plena carga:

Efecto Joule en el inducido . . . . . 3.400 Watts.

" " " " la excitación en série 625 "

Efecto Joule en la excitación en derivación . .946 Watts

Histéresis en el núcleo del inducido . . . . .1682 "

" " los dientes " . . . . . . 274 "

Corrientes de Foucault . . . . . . . . . . . . .4890 "

Rozamientos mecánicos . . . . . . . . . . . . . . 6600 "

Total de pérdidas . . 18.417 "

Rendimiento industrial probable de la dinamo:

$$\eta = \frac{220000}{220000+18417} = 0,92.$$

La pérdida por histéresis se calcula por la fórmula de Steinmetz $W=a.B^{1,6}$. Esta fórmula dá la pérdida en ergs por $cm^3$ y por ciclo; luego para tener la del núcleo de la armadura se multiplica por su volumen y por el número de ciclos en la unidad de tiempo, dividiendo por $10^7$ para tenerlo en Watts. Tomando para el coeficiente de histéresis el valor $a=0,00262$ que corresponde al acero dulce Bessemer

$$W_h = 10^{-7} \times V \frac{N}{60} \times 2 \times aB^{1,6} = 10^{-7} \times 119,228 \times \frac{425}{60} \times 2 \times 0,00262 \times 12000^{1,6} =$$

$=1682$. Lo mismo se puede hacer para los dientes.

Las pérdidas por corrientes Foucault se admite que son 2,5 de la $W_h$; y las por frotamientos 3% de la potencia util.

Juan de Zavala y Arellano