

Mancomunitat de Catalunya

EXTENSIO
D'ENSENYAMENT
T E C N I C



E·E·T

TEXT N.º 43

Càlcul i Construcció de Dinamos

PART III

Carrer d'Urgell, 187 Barcelona



CÀLCUL I CONSTRUCCIÓ DE DINAMOS

TERCERA PART

DADES PRÀCTIQUES PER A LA CONSTRUCCIÓ DE DINAMOS

1. Els càlculs i fórmules necessaris per projectar una dinamo han estat ja donats en gran part en els quaderns anteriors. Un estudi cuidados d'aquests, i dels càlculs detallats donats en els dos exemples del present quadern, aclariran suficientment els mètodes de càlcul de les dinamos de corrent continu. Demés, indicarem un gran nombre de dades pràctiques i l'ordre de càlcul que pot ésser seguit.

Construir una dinamo de manera que produeixi una potència donada no és en realitat cosa molt difícil, però si ha de satisfer per complet les condicions imposades, es complica el problema, ja que llavors serà precís calcular detingudament totes les seves parts. Per efectuar aquests càlculs no hi ha fórmules que permetin determinar amb independència tots els elements que constitueixen una dinamo, essent precís basar-se en les dades subministrades per la pràctica, que tenen l'aventatge de reduir notablement el nombre de provatures pròpies d'aquesta mena de càlculs.

Una dinamo, i en general una màquina qualsevol, està ben calculada no quan produeix el màxim d'efecte, o quan té un rendiment elevat, sinó simplement quan respon exactament al fi proposat, i de dues dinamos que compleixen les condicions exigides estarà millor calculada la que resulti més econòmica.

Les dades d'una dinamo són, generalment, la potència que té de subministrar, la tensió a què ha de produir aquesta potència i la velocitat o nombre de revolucions per minut, i entre les condicions figuren l'augment de temperatura, el rendiment i el decalatge dels carbons.

2. Amb un nombre donat de pols inductors i de conductors induïts, la reacció de l'induit pot ésser mantinguda baixa de dues maneres: fent treballar les dents a una inducció normal (unes 15 000 línies per cm^2) i empleant un entreferro gros, o bé forçant la imantació de les dents i empleant

un entreferro petit. Amb aquestes grans densitats magnètiques la relucència de les dents actua en el mateix sentit que un entreferro gros. Sembla que el segon mètode és molt millor que el primer en ço que es refereix a l'evitació de guspises (essent ambdós igualment eficaços pel que es refereix el rendiment i a l'escalfament), i per aquest motiu l'adoptarem aquí, ja que dóna una màquina millor des del punt de vista econòmic.

Un cop adoptat un dels procediments anteriors, el càlcul pot continuar basant-se en l'experiència general relativa a velocitats, dimensions i proporcions elèctriques, i havent fet un primer càlcul es pot procedir a calcular la potència consumida en calor en les diferents parts, i calcular així el rendiment, i després tornar a fer els càlculs primers si es que trobem que alguna part s'escalfa massa o poc. També podem començar partint de dades pràctiques, suposant una pèrdua determinada en les diferents parts: tants vats en el nucli de ferro, tants en el coure de l'induït, tants en les bobines inductores. Llavors tindrem una idea clara de la superfície de refredament necessària i quines seran les densitats de corrent admissibles en el coure i les induccions que podem admetre en el ferro.

3. Antigament el calculador de dinamos construïa les màquines sense conèixer la tensió precisa que donaria a una velocitat qualsevol, i determinava la velocitat experimentalment després de construïda la màquina, i posant-li una politja adequada a les condicions de funcionament. Però, actualment, que gairebé totes les dinamos són mogudes directament per màquines de vapor o per turbines, la velocitat és fixada prèviament per les condicions donades pel constructor de la màquina de vapor o turbina. Així, doncs, avui dia en calcular una dinamo es parteix sempre d'una velocitat fixa. Demés, en calcular una sèrie de dinamos per diferents potències, cal tenir present que les condicions de les màquines de vapor determinen les velocitats, i que no podem suposar que una dinamo de 1000 kilovats pot funcionar a la mateixa velocitat que una de 10 kw, ni que la velocitat pugui variar en raó inversa del nombre de kilovats. Una regla més pròxima a la realitat és que en una sèrie de màquines de vapor d'un tipus donat les velocitats varien aproximadament en raó inversa de l'arrel quadrada de la potència. Si una màquina de vapor de 10 cavalls funciona a 800 revolucions per minut, una de 1000 cavalls no funcionarà a $\frac{1}{100}$ de la velocitat, sinó a $\frac{1}{10}$ aproximadament, o sigui a 80 revolucions per minut.

4. La necessitat de basar-se en dades pràctiques que serveixin de punt de partida per als càlculs, es veurà clarament en l'exemple següent. Si considerem la fórmula

$$E = \frac{\Phi N n}{60 \cdot 10^8},$$

que, com sabem, expressa la tensió d'una dinamo bipolar en funció del flux

magnètic Φ , del nombre de fils N de l'induït i de la velocitat n , tindrem, separant la valor ΦN .

$$\Phi N = \frac{E \cdot 60 \cdot 10^8}{n}$$

És evident que qualsevulla que siguin les valors de Φ i de N , mentre el seu producte sigui constantment igual al segon membre de l'expressió, satisfaran les condicions exigides respecte a la tensió i a la velocitat, de manera que el nombre de fils de l'induït pot ésser qualsevol, mentre el flux sigui el necessari en cada cas. Però és evident que si N és molt petit, Φ serà molt gran i podrà assolir una valor tal que obligui a donar una secció considerable al circuit magnètic, que encareixi sense motiu la màquina; per altra part, si el flux és molt petit, no hi ha dubte que el circuit magnètic serà econòmic, però el nombre de fils de l'induït haurà d'ésser molt crescut, i, per tant, la reacció de l'induït serà molt pronunciada. Veiem, doncs, que podem adoptar una valor intermitja i escollir un nombre de fils per al qual la reacció de l'induït sigui acceptable i el flux magnètic necessari exigeixi un circuit de secció convenient, ni molt reduïda ni excessiva.

NOMBRE DE POLS

5. El nombre de pols d'una dinamo depèn en gran part de la potència que ha de produir, i, en general, es té per potències:

de 0,5 a 20 kw	2 pols	de 200 a 800 kw	10 pols
» 10 a 100 »	4 »	» 350 a 1200 »	12 »
» 80 a 250 »	6 »	» 400 i més »	14 »
» 150 a 400 »	8 »	» 600 i »	16 »

Aquestes xifres demostren que per a una mateixa potència podrem construir dinamos de diferents nombres de pols, així una dinamo de 300 kw, per exemple, podrà tenir 8 o 10 pols, segons convingui. El nombre de pols depèn, també, de la velocitat a què funcioni la màquina i de la tensió que ha de donar, en el sentit que si la velocitat o la tensió són elevades, escollirem un nombre reduït de pols.

DIMENSIONS EXTERIORS DE L'INDUÏT

6. El diàmetre exterior i la longitud de l'induït es calculen, d'una manera suficientment aproximada, mitjançant les fórmules de Sengel:

Per a dinamos bipolars amb enrotllament de tambor

$$D = l = 13 \sqrt[4]{\frac{W}{n}}$$

Per a dinamos multipolars

$$D = 8 \sqrt[4]{\frac{W (2p)^2}{n}}$$

$$l = 20 \sqrt[4]{\frac{W}{(2p)^2 n}}$$

Per a dinamos bipolars amb enrotllament d'anell

$$D = 16 \sqrt[4]{\frac{W}{n}}$$

$$l = 13 \sqrt[4]{\frac{W}{n}}$$

en les quals, D és el diàmetre exterior de l'induït, en cm,

l la longitud, en cm,

W la potència, en wats,

$2p$ el nombre de pols.

NOMBRE DE FILS DE L'INDUÏT

7. El nombre de fils de l'induït es calcula mitjançant la fórmula (3) del n.º 29 de la PRIMERA PART.

$$E = \frac{\Phi N n p}{10^8 \cdot 60 p_1},$$

de la qual es dedueix

$$N = \frac{E \cdot 60 \cdot 10^8}{\Phi n} \times \frac{p_1}{p},$$

en les quals E és la f.e.m. desenrotllada en l'induït; Φ el flux per pol; N el nombre de fils de l'induït; n el nombre de revolucions per minut; p la meitat del nombre de pols, i p_1 la meitat del nombre de circuits en paral·lel de l'induït.

Cal tenir present que en aquesta fórmula E no representa la tensió en els borns, sinó la f.e.m. desenrotllada en l'induït, la qual, com sabem, és igual a la tensió en els borns més la caiguda de tensió en l'enrotllament de l'induït.

8. Si designem per I_c el nombre d'amperconductors per centímetre de circumferència de l'induït (o sigui el producte del corrent de cada fil pel nombre de conductors per cm de circumferència), el nombre total d'amperconductors serà igual al producte de I_c per la longitud πD , de la dita circumferència en centímetres, o sigui $\pi D I_c = N i_a$, designant per N el nombre de fils de l'induït i per i_a la intensitat del corrent que circula per cada fil, i com que $i_a = \frac{I}{2 p_1}$ on I és el corrent total produït per la dinamo i $2 p_1$ el nombre de derivacions de què consta l'induït, tindrem

$$\pi D I_c = \frac{N I}{2 p_1},$$

d'on

$$N = \frac{\pi D I_c 2 p_1}{I}. \quad (1)$$

La valor de I_c varia, en les màquines modernes, de 200 a 350, però no és rar pendre $I_c = 100$ per les màquines petites.

INDUCCIÓ EN LES PLANXES DE L'INDUÏT

9. La inducció B_a a què han d'ésser sotmeses les planxes de l'induït depèn del nombre de períodes a què funciona, el qual depèn de la velocitat i del nombre de pols. En general és adoptat per una freqüència de

5 a 15 períodes, una inducció $B_a =$	12 000
15 » 20 » » » » »	11 000
20 » 25 » » » » »	10 000
25 » 30 » » » » »	8 000
30 » 40 » » » » »	7 000
40 » 45 » » » » »	6 000

Coneguda la inducció es determina fàcilment la secció de l'induït i, per consegüent, l'espessor radial de les planxes i el diàmetre interior d'aquestes. Si es tracta d'un enrotllament d'anell cal comprovar si el fil, el diàmetre del qual es fixa aproximadament en vista del corrent que ha de conduir, té lloc suficient en l'interior de l'anell.

DENSITAT DE CORRENT EN ELS FILS DE L'INDUÏT

10. La densitat de corrent, o sigui el nombre d'ampers per mil·límetre quadrat de secció de fil, depèn de la secció d'aquest, essent més petita a mesura que augmenta la dita secció. En general, són adoptades les xifres donades en la TAULA I, modificant-les després segons convingui, en vista de la caiguda de tensió que resulti i de l'escalfament obtingut.

TAULA I

DENSITAT DE CORRENT SEGONS LA SECCIÓ DEL FIL

Diàmetre en mm	Secció en mm ²	Amp. per mm ²	Intensitat per fil en amp
0,8 a 1,2	0,5 a 1,1	6,5 a 5	3,25 a 5,5
1,3 a 2,0	1,32 a 3,14	5 a 4,5	6,6 a 14,1
2,1 a 3,5	3,46 a 9,62	4,5 a 3,8	15,6 a 36,5
3,6 a 5,0	10,1 a 19,6	3,8 a 3,2	38,2 a 62,8
barra	25 a 60	3,4 a 3	85 a 180
	60 a 120	3 a 2	180 a 240

Les densitats indicades en aquesta taula es refereixen a dinamos que funcionen contínuament, o sigui més de deu hores sense interrupció i a plena càrrega. Quant millor sigui la ventilació, major podrà ésser la densitat de corrent, mentre d'aquest augment no se'n ressenti el rendiment de la dinamo.

ENTREFERRO

11. La longitud δ de l'entreferro és de gran importància, i és precís tenir present que un entreferro petit té aventatges i inconvenients. Els aventatges són : menor despesa de coure per a l'excitació i menor coeficient de dispersió; i els inconvenients són : major reacció de l'induït (a causa de la menor reluctància del circuit magnètic dels ampervoltes transversals de l'induït), major dificultat per a obtenir un camp simètric quan l'induït està descentrat, quan els pols estan desigualment excitats o quan les peces polars no tenen totes elles una mateixa amplada, i major producció de corrents paràsits en les peces polars, quan es tracta d'induïts dentats.

La inducció en l'entreferro sol variar, segons les màquines, de 3500 a 10 000, essent preferible emprar induccions elevades mentre no exigeixin un nombre exagerat d'ampervoltes.

SISTEMA INDUCTOR

12. En general convé adoptar induccions més aviat elevades en les diferents parts de què consta l'inductor, i designant per B_m la inducció en els pols i per B_j les induccions en el jou, podem adoptar:

	B_m	B_j
Pel ferro dolç.	15 000 a 17 500	12 000 a 15 000
» acer fos...	14 800 a 17 200	11 000 a 14 000
» ferro fos..	6000 a 8600	5000 a 8000

En augmentar la inducció creix el nombre d'ampervoltes necessari per a l'excitació de la dinamo, i com que el resultat final de l'augment d'excitació sol ésser un augment de pes de coure, cal conservar un terme mitjà pel qual el funcionament de la dinamo sigui satisfactori i el pes de coure empleat en la imantació sigui moderat.

De les xifres indicades abans, les valors inferiors es refereixen a dinamos petites i les superiors a dinamos de gran potència, però poden ésser modificades segons convingui, així podem adoptar induccions més petites que els límits inferiors i més grans que els superiors.

REPARTIMENT DE LES PÈRDUES

13. Les pèrdues d'energia degudes a les resistències òhmiques, a la histèresi i els corrents paràsits que escalfen el ferro, així com les degudes al frotament, són inevitables. Aquestes pèrdues han d'ésser mantingudes petites, ja que disminueixen el rendiment, i també perquè l'augment de temperatura de cap part de la màquina no sigui excessiu. L'experiència ha demostrat que una màquina ha d'ésser calculada de manera que cap part d'ella s'escalfi massa i que la pèrdua total sigui la més petita compatible amb l'economia de material, les diferents pèrdues han de distribuir-se en certa proporció. La taula següent pot servir per donar una idea aproximada de la proporció de les pèrdues en màquines de diferents capacitats.

Potència Kw	Rendiment per cent	Pèrdues per cent				
		Induït		Imants	Commutador Protament	Pèrdua total per cent
		Coure	Ferro	Coure		
5 a 40	90	3,8	3,2	2,5	0,5	10
10 a 60	91	3,5	3,0	2,1	0,4	9
40 a 100	92	3,2	2,8	1,6	0,4	8
75 a 300	93	2,8	2,3	1,55	0,3	7
200 a 500	94	2,4	1,8	1,5	0,3	6
400 a 1000	95	1,9	1,5	1,35	0,25	5

N'obstant, aquesta taula pot induir a error si no tenim present que les valors poden variar considerablement, àdhuc en màquines d'una mateixa capacitat si hi ha gran diferència en les velocitats o en les condicions de treball. Per exemple, un rendiment de 93 per cent és, en general, massa elevat per una màquina de 75 kw, a menys que sigui de grans dimensions respecte a la seva capacitat.

CÀLCUL D'UNA DINAMO BIPOLAR

14. L'aplicació de les fórmules i de les dades indicades fins aquí, es comprendrà clarament mitjançant un exemple.

Calculem les pèrdues d'una dinamo bipolar (fig. 1) construïda per donar 75 ampers a 120 volts, que gira a 920 revolucions per minut.

Les dades de la dinamo són:

<i>Induït llis :</i>	Diàmetre exterior	$D = 26$ cm
	Diàmetre interior	$D_1 = 12,5$ cm
	Longitud	$l = 26$ cm
	Nombre total de fils	$N = 288$
	Diàmetre del fil	$d = 3,5$ mm
	Secció del fil	$s = 9,5$ mm ²
	Longitud mitjana d'un fil	$L = 0,65$ m
<i>Commutador :</i>	Nombre de segments	72
	Diàmetre	$D_2 = 19$ cm
	Velocitat perifèrica	9,15 m
	Longitud útil	8 cm

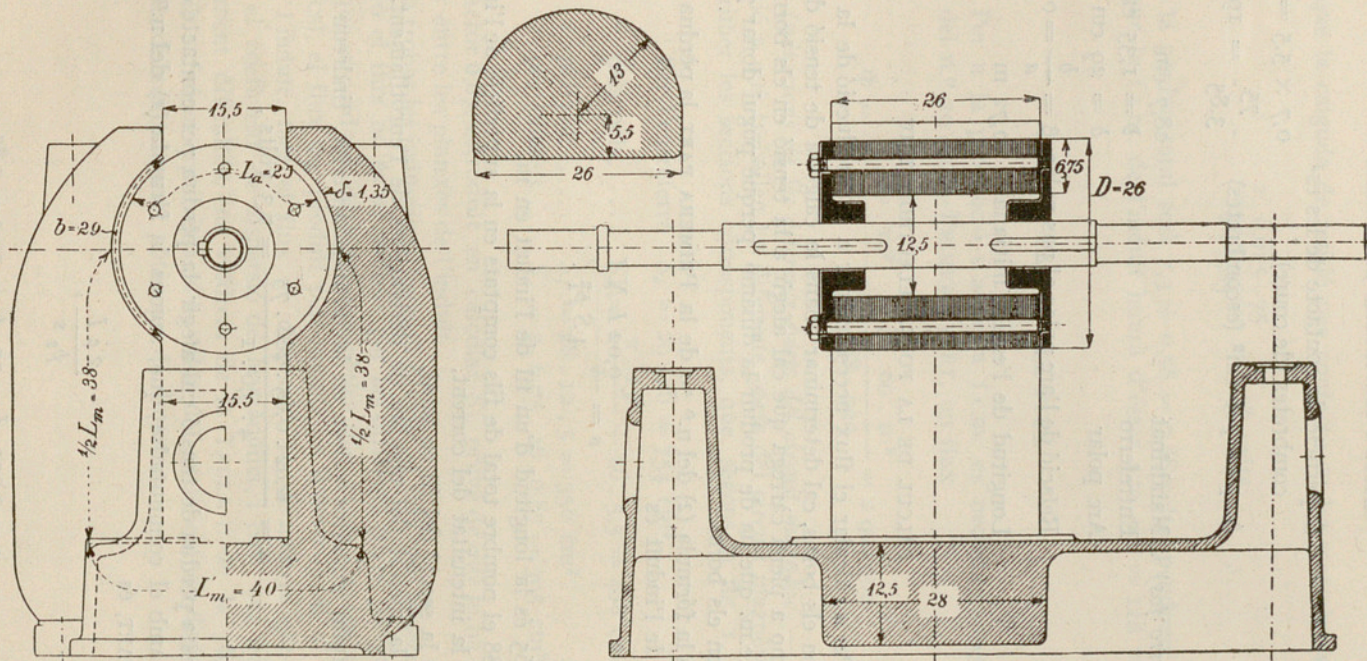


FIG. I

Superfície de contacte de les escombretes (de coure)	$0,7 \times 5,5 = 3,85 \text{ cm}^2$
Ampers per cm^2 (escombretes)	$\frac{75}{3,85} = 19,5$
<i>Imants (ferro fos)</i> : Mandrinat	28,7 cm
Entreferro	$\delta = 1,35 \text{ cm}$
Arc polar	$b = 29 \text{ cm}$
Relació de l'arc polar al pas polar	$\beta = \frac{b}{a} = 0,645$
Longitud de l'espira mitjana	0,72 m

CÀLCUL DE LA FORÇA ELECTROMOTRIU

15. Per a calcular el flux necessari per a la producció de la tensió de 120 volts en els borns, cal determinar abans la caiguda de tensió de l'induït de la dinamo a plena càrrega que cal afegir a la tensió en els borns per connectar la f.e.m. que ha de produir la dinamo perquè pugui donar 75 amp a 120 volts en els borns.

Segons la fórmula (2) del n.º 50 de la PRIMERA PART, la pèrdua de tensió en els fils de l'induït és

$$e = \frac{0,02 L N I}{4 S \phi_1^2},$$

on $L = 0,65$ és la longitud d'un fil de l'induït en m,

$N = 288$ el nombre total de fils comptats en la superfície de l'induït,

$I = 75$ la intensitat del corrent,

$s = 9,6$ la secció del fil en mm^2 ,

$\phi_1 = 1$ la meitat del nombre de derivacions de l'enrotllament.

Substituint aquestes valors en la fórmula anterior, tindrem:

$$e = \frac{0,02 \cdot 0,65 \cdot 288 \cdot 75}{4 \cdot 9,6 \cdot 1} = 7,3 \text{ volts},$$

A aquesta pèrdua de tensió cal afegir la pèrdua per contacte de les escombretes amb el commutador, que, segons la fórmula (1) del n.º 61 de la PRIMERA PART, és

$$\frac{2 \rho I}{\phi_2 s},$$

i fent

$$\rho = 0,015, I = 75, \phi_2 = 1, s = 3,85,$$

tindrem que la caiguda de tensió per contacte en les escobretes serà

$$\frac{2 \cdot 0,015 \cdot 75}{1 \cdot 3,85} = 0,58 \text{ volts;}$$

per tant, la pèrdua total serà $7,3 + 0,58 = 7,88$ volts; prendrem 8 volts, de manera que la f.e.m. de l'induït haurà d'ésser $120 + 8 = 128$ volts.

CÀLCUL DEL FLUX

16. Per a la producció d'aquesta f.e.m. es necessita, segons la fórmula (2) del n.º 29 de la PRIMERA PART, un flux

$$\Phi = \frac{E \cdot 60 \cdot 10^8}{N n} = \frac{128 \cdot 60 \cdot 10^8}{288 \cdot 920} = 2\,900\,000.$$

17. *Induccions de les diferents parts del circuit magnètic.* — Per trobar la inducció a què treballen les diferents parts del circuit magnètic, determinarem primer les seccions corresponents, que, segons la fig. 1, són:

$$\begin{aligned} \text{Per l'entreferro } S_e &= 29 \cdot 26 = 754 \text{ cm}^2 \\ \text{pels pols} \dots\dots S_m &= \frac{\pi \cdot 13^2}{2} + 26 \cdot 5,5 = 408 \text{ cm}^2 \\ \text{pel jou} \dots\dots\dots S_j &= 28 \cdot 12,5 = 350 \text{ cm}^2 \\ \text{per l'induït} \dots\dots S_a &= 2 \cdot 6,75 \cdot 26 \cdot 0,87 = 305 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

El factor 0,87, introduït en calcular S_i , prové de què hi ha 13 per cent de paper entre les planxes de l'induït.

Per a trobar les induccions bastarà dividir el flux per la secció de cada part, però el flux no és un mateix per les diferents parts, perquè, degut al flux Φ_a que es perd per dispersió magnètica (n.º 34 de CÀLCUL DE CIRCUITS MAGNÈTICS), el flux Φ_m produït pels imants ha d'ésser igual al flux Φ que travessa l'induït, més el flux de dispersió Φ_a , de manera que serà precís calcular el coeficient de dispersió de la màquina, i com que aquest càlcul és sumament difícil, ens valdrem de la TAULA II de la pàg. 43, que dóna amb suficient aproximació la valor del coeficient de dispersió corresponent als diferents tipus i potències de dinamos.

Segons aquesta taula, el coeficient de dispersió de la màquina que calculem serà el corresponent al tipus n.º 2 per una potència de 9 kw, o sigui aproximadament $\nu = 1,28$.

D'aquí es dedueix que el flux que hauran de produir els imants serà

$$\Phi_m = 1,28 \Phi = 1,28 \cdot 2\,900\,000 = 3\,712\,000.$$

Segons això, el flux que passarà per les diferents parts del circuit magnètic serà

Entreferro	2 900 000
Induït....	2 900 000
Pols.....	2 900 000 · 1,28 = 3 712 000
Jou.....	2 900 000 · 1,28 = 3 712 000

i les induccions seran

$$\begin{aligned} \text{Entreferro } B_e &= \frac{2\,900\,000}{754} = 3850 \\ \text{Induït.... } B_i &= \frac{2\,900\,000}{305} = 9500 \\ \text{Pols..... } B_m &= \frac{3\,712\,000}{408} = 9100 \\ \text{Jou..... } B_j &= \frac{3\,712\,000}{350} = 10\,600. \end{aligned}$$

Mitjançant les corbes de magnetisme de la fig. 2 (reproducció de les donades en la fig. 13 de CÀLCUL DE CIRCUITS MAGNÈTICS) veurem que a la inducció de 9500, a què treballen les planxes de l'induït, li corresponen 2,2 ampervoltes per cm de longitud; a la inducció de 9100 dels pols (ferro fos) li corresponen 85 ampervoltes per cm de longitud, i a la inducció de 10 600 del jou (ferro fos) li corresponen 140 ampervoltes per cm de longitud. Segons sabem (n.º 32 de CÀLCUL DE CIRCUITS MAGNÈTICS), per trobar el nombre d'ampervoltes necessari per a cada porció d'un circuit magnètic cal multiplicar el nombre d'ampervoltes per centímetre per la longitud en cm de la dita porció, i com que aquestes longituds són, segons les dimensions de la fig. 1,

$$\begin{aligned} \text{per l'entreferro } l_e &= 2\delta = 2 \cdot 1,35 = 2,7 \text{ cm} \\ \text{per l'induït.... } l_a &= 25 \text{ cm} \\ \text{pels pols..... } l_m &= 2 \cdot 38 = 76 \text{ cm} \\ \text{pel jou..... } l_j &= 40 \text{ cm} \end{aligned}$$

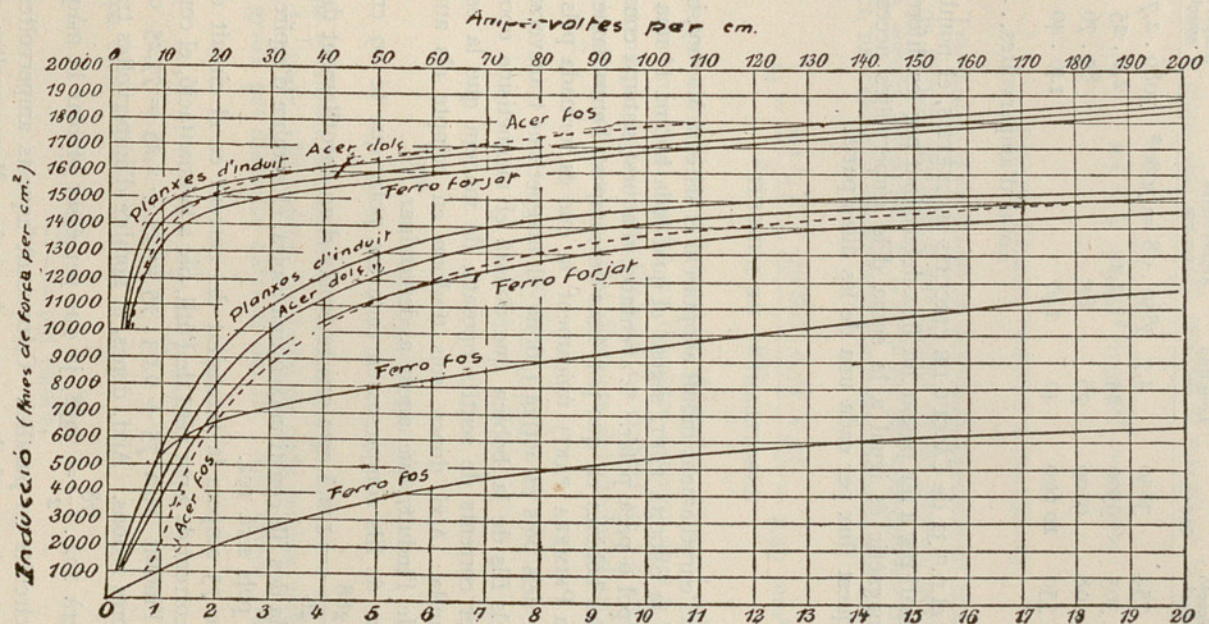


FIG. 2

tindrem

	Secció cm ²	Inducció	Longitud cm	Ampervoltes per cm	Ampervoltes parcials
Entreferro	754	3850	2,7	$3850 \cdot 0,8 = 3080^*$	$3080 \cdot 2,7 = 8316$
Induït...	305	9500	25	2,2	$2,2 \cdot 25 = 55$
Pols.....	408	9100	76	85	$85 \cdot 76 = 6460$
Jou.....	350	10 600	40	140	$140 \cdot 40 = 5600$
Total d'ampervoltes...					20 431

ja que, segons el n.º 31 de CÀLCUL DE CIRCUITS MAGNÈTICS, el nombre d'ampervoltes necessari per a fer passar un flux determinat per les diferents parts d'un circuit magnètic és igual a la suma dels ampervoltes necessaris per a fer passar aquest flux per cada una de les dites parts.

ENROTLAMENT DE L'INDUÏT

18. Per a l'enrotllament induït adoptarem el sistema Mordey, indicat en la fig. 105 de la SEGONA PART, segons el qual cada bobina té una amplada igual a la del pol o peça polar. L'aventatge d'aquest sistema consisteix en què de les dues bobines en què pot ésser descompost l'enrotllament induït (v. n.º 40 de la PRIMERA PART) únicament la que és formada pels fils que estan en front dels pols és activa i dona el magnetisme transversal de l'induït, ja que els fils de la bobina que donarà el magnetisme oposat estan recorreguts per corrents de sentits oposats, de manera que la seva acció resultant és nul·la. Així, doncs, sols tindrem en compte els ampervoltes transversals de l'induït, que anem a determinar.

El nombre de fils compresos en cada arc polar que té 29 cm de longitud és $\frac{29 \cdot 288}{\pi \cdot 26} = 102$, i com que es tracta d'un enrotllament de tambor, en el qual cada dos fils constitueixen una espira, el nombre d'espires situades en front dels pols serà 102.

Essent de 75 ampers la intensitat del corrent en el circuit exterior, i admetent un corrent de 3 per cent de l'útil, per a la imantació, el corrent total produït per l'induït serà $75 + 0,03 \cdot 75 = 75 + 2,25 = 77,25$ o 78 ampers en nombres rodons. Així, doncs, el nombre d'ampervoltes transversals de l'induït serà $102 \cdot \frac{78}{2} = 3978$, ja que per ésser bipolar la màquina l'induït té dos circuits en paral·lel. Comosant aquests ampervoltes amb els 20 431 calculats abans, tindrem que el nombre d'ampervoltes del circuit

* Segons es diu en el n.º 31 de CÀLCUL DE CIRCUITS MAGNÈTICS, el nombre d'ampervoltes per cm en l'entreferro és igual al producte de la inducció i per 0,8.

d'imantació, per produir el flux necessari perquè la màquina doni la tensió E de 120 volts a plena càrrega, serà (segons el n.º 36 de la PRIMERA PART)

$$ni = \sqrt{20\,431^2 + 3978^2} = 20\,800.$$

CÀLCUL DE LES BOBINES D'IMANTACIÓ

19. Tractant-se d'excitació en derivació, procedirem com segueix. La longitud de l'espira mitjana d'una bobina de les dues de què consta la màquina, és, segons les dades, $l_m = 0,72$ m; per consegüent, tindrem (n.º 37 de CÀLCUL DE CIRCUITS MAGNÈTICS) per valor de la secció del fil inductor

$$s_d = \frac{ni l_m \beta}{E} = \frac{20\,800 \cdot 0,72 \cdot 0,02}{120} = 2,49 \text{ mm}^2,$$

que correspon a un fil de 1,8 mm de diàmetre, el qual cobert amb una capa de cotó en espiral, tindrà un diàmetre exterior de 2,1 mm.

Admetent per aquest enrotllament un corrent de 2,5 ampers, com hem dit anteriorment, el nombre total d'espores del circuit d'excitació serà

$$\frac{20\,800}{2,5} = 8350,$$

o sigui

$$\frac{8350}{2} = 4175 \text{ espores per bobina.}$$

Segons el dibuix, les bobines d'imantació poden tenir 220 mm d'altura i 70 mm de gruix. El nombre de capes de cada bobina serà obtingut dividint el gruix pel diàmetre exterior del fil. Així, doncs, tindran

$$\frac{70}{2,1} = 33 \text{ capes,}$$

i cada capa constarà de

$$\frac{220}{2,1} = 105 \text{ espores.}$$

Així, doncs, el nombre d'espores de cada bobina podrà ésser, com a màxim,

$$33 \cdot 105 = 3465,$$

o sigui, entre les dues bobines,

$$3465 \cdot 2 = 6930.$$

D'aquí resulta que, essent 20 800 el nombre d'ampervoltes necessari, el corrent haurà d'ésser

$$\frac{20\ 800}{6930} = 3 \text{ ampers,}$$

o sigui una mica més gran que el que havíem suposat. La densitat del corrent del fil d'imantació serà, essent 2,49 mm² la secció del fil,

$$\frac{3}{2,49} = 1,2 \text{ amper per mm}^2,$$

valor molt acceptable, com veurem més endavant.

PÈRDUES EN EL FERRO

20. *Càlcul de les pèrdues per histèresi.* — Per a determinar les pèrdues per histèresi en les planxes de l'induït, tindrem en compte el flux de 2 900 000 línies necessari per obtenir a buit la tensió de 128 volts igual a la f.e.m. de l'induït, i aplicant la fórmula (3) del n.º 51 de la PRIMERA PART,

$$w_h = \frac{\infty V_a [\eta B_a^{1,6} + \eta (B_e + B'_e)^{1,6}]}{10^7},$$

on ∞ és el nombre de períodes = $\frac{p n}{60} = \frac{1 \cdot 920}{60} = 15,3$ (segons fórmula (4)

del n.º 51 de la PRIMERA PART),

V_a = volum de planxa en cm³ = $\pi (26 - 6,75) 6,75 \cdot 26 \cdot 0,9 = 9480$ cm³,

η = coeficient que podem pendre = 0,003,

B_a = inducció en les planxes = 9500,

B_e = inducció en l'entreferro = 3850,

B'_e = (segons el n.º 51 de la PRIMERA PART) = $0,157 \frac{I N \beta}{p p_1 \delta}$

$$= 0,157 \frac{78 \cdot 288 \cdot 0,645}{1 \cdot 1 \cdot 1,35} = 1685,$$

tindrem

$$w_h = \frac{15,3 \cdot 9550 [0,003 \cdot 9500^{1,6} + 0,003 (3850 + 1685)^{1,6}]}{10^7},$$

i efectuant les operacions (buscant les valors de $0,003 \cdot 9500^{1,6}$ i de $0,003 (3850 + 1685)^{1,6} = 0,003 \times 5535^{1,6}$ a la TAULA II, n.º 52 de CÀLCUL DE CIRCUITS MAGNÈTICS) trobarem per a la valor de les pèrdues per histèresi a plena càrrega,

$$w_h = 144 \text{ vats.}$$

21. *Pèrdua per corrents paràsits en el ferro.* — Per trobar les pèrdues per corrents paràsits a les planxes de l'induït, aplicarem la fórmula del n.º 54 de la PRIMERA PART,

$$w_f = 30 (a \sim B_a)^2 V_a 10^{-12},$$

on w_f és la pèrdua en vats;

a , el gruix de les planxes en cm = 0,05,

i les altres lletres tenen el mateix significat que en la fórmula anterior, i tindrem

$$w_f = 30 (0,05 \cdot 15,3 \cdot 9500)^2 9480 \cdot 10^{-12} = 15 \text{ vats.}$$

PÈRDUES EN EL COURE

22. *Pèrdua per corrents paràsits en el fil de l'induït.* — Tractant-se de fils de secció circular, emprarem, per trobar les pèrdues per corrents paràsits en el coure de l'induït amb càrrega, la fórmula (2) del n.º 58 de la PRIMERA PART,

$$w_c = \frac{20 D \xi d^2 \sim^2 (B_e^2 + B'_e{}^2) V_c}{p \delta 10^{12}},$$

on D és, en cm, el diàmetre exterior de l'induït = 26,

ξ té la valor $\frac{d}{c-a}$ (fig. 60 de la PRIMERA PART), que podem pendre = 1,3,

δ és la longitud senzilla de l'entreferro = 1,35,

p és la meitat del nombre de pols = 1,

\sim el nombre de períodes per segon = 15,3,

d el diàmetre del fil en cm = 0,35,

B_e la inducció a l'entreferro = 3850,

B'_e (segons hem vist) = 1685,

V_c volum en cm³ del coure situat a la superfície exterior, que trobarem multiplicant la secció d'un fil en cm², pel nombre de fils i per la lon-

gitud axial de l'induit. Com que la secció del fil val $0,096 \text{ cm}^2$, el nombre de fils és de 288 i la longitud de l'induit és de 26 cm, tindrem

$$V_c = 0,096 \cdot 288 \cdot 26 = 720 \text{ cm}^3.$$

Substituint aquestes valors a la fórmula anterior, tindrem

$$w_c = \frac{20 \cdot 26 \cdot 1,3 \cdot 0,35^2 \cdot 15,3^2 (3850^2 + 1685^2) 720}{1 \cdot 1,35 \cdot 10^{12}} = 182 \text{ vats aprox.}$$

23. *Pèrdua per efecte Joule en els fils de l'induit.* — Segons hem vist al n.º 15 la pèrdua ocasionada en l'enrotllament induït és de 7,3 volts; per tant, el nombre de vats perduts en el dit enrotllament serà, ja que el corrent total produït per ell és de 78 ampers,

$$w_i = 7,3 \cdot 78 = 570 \text{ vats.}$$

24. *Pèrdua per efecte Joule en les escombretes.* — Essent 0,58 volts la caiguda de tensió en les escombretes, segons hem vist en el n.º 15, el nombre de vats perduts en aquestes, per efecte Joule, serà

$$w_e = 0,58 \cdot 78 = 45 \text{ vats.}$$

25. *Pèrdua en l'enrotllament inductor.* — Segons hem vist al n.º 19, la intensitat del corrent que circula per les bobines d'imantació, connectades en sèrie entre elles i en derivació amb les escombretes, és 3 ampers, i com que la tensió que les alimenta és de 120 volts, la potència emprada per l'excitació serà

$$w_m = 3 \cdot 120 = 360 \text{ vats.}$$

PÈRDUES MECÀNIQUES

26. *Pèrdua pel frotament de les escombretes.* — Aplicant la fórmula del n.º 62 de la PRIMERA PART,

$$w = 9,81 v P f,$$

on v és, en metres, la velocitat perifèrica del commutador que, calculada per la fórmula $v = \frac{D n}{19,1}$ (n.º 22, MECÀNICA, TERCERA PART), resulta ésser de 9,15; P la pressió total de les escombretes en kg, que admetent una pres-

sió de 0,150 kg per cm² serà $2 \cdot 0,150 \cdot 3,85 = 1,16$ kg; f un coeficient que podem pendre = 0,3, tindrem

$$w = 9,81 \cdot 9,15 \cdot 1,16 \cdot 0,3 = 31 \text{ vats aprox.}$$

27. *Pèrdua per frotament en els coixinets.* — Aplicant la fórmula del n.º 64 de la PRIMERA PART,

$$w_r = 0,7 d l \sqrt{v^3},$$

on d és el diàmetre del coll de l'arbre en cm, l la seva longitud en cm i v la velocitat perifèrica del coll en metres per segon, tindrem:

Coixinet del costat del commutador:

$$d = 4 \text{ cm}$$

$$l = 12 \text{ cm}$$

$$v = \frac{0,04 \cdot 920}{19,1} = 1,93$$

$$w_r = 0,7 \cdot 4 \cdot 12 \sqrt{1,93^3} = 90 \text{ vats aprox.}$$

Coixinet del costat de la politja:

$$d = 4,5 \text{ cm}$$

$$l = 12 \text{ cm}$$

$$v = \frac{0,045 \cdot 920}{19,1} = 2,17$$

$$w_r = 0,7 \cdot 4,5 \cdot 12 \sqrt{2,17^3} = 120 \text{ vats aprox.}$$

De manera que la pèrdua total produïda pel frotament dels coixinets serà $90 + 120 = 210$ vats.

RENDIMENT

28. Sabem (n.º 49 de la PRIMERA PART) que el rendiment d'una màquina és la relació de la potència útil en els borns a l'emprada per obtenir-la, essent aquesta última igual a la potència útil més les pèrdues. La potència útil de la dinamo que estudiem és de $75 \times 120 = 9000$ vats, i la pèrdua total, suma de les pèrdues parcials que havem trobat als números precedents, és

$$W_t = w_h + w_f + w_c + w_i + w_e + w_m + w + w_r = 144 + 15 + 182 + 570 + 45 + 360 + 31 + 210 = 1557 \text{ vats}$$

de manera que el rendiment de la màquina serà

$$\frac{9000}{9000 + 1557} = 0,85.$$

En aquest càlcul del rendiment hem prescindit de la pèrdua ocasionada pel frotament de l'aire, que sol ésser molt petita i pot ésser en general menyspreada.

ESCALFAMENT

29. *Augment de temperatura de l'induït.* — Aplicarem la fórmula del n.º 66 de la PRIMERA PART,

$$T = C \frac{W}{S (1 + 0,1 v)},$$

on T és l'augment de temperatura en graus centígrads,
 W la pèrdua total en l'induït en vats,
 S la superfície de ventilació de l'induït en cm^2 ,
 v la velocitat perifèrica de l'induït en m per segon,
 C una constant que podem suposar igual a 250.

Ara bé; la pèrdua en l'induït es compon de les pèrdues per histèresi, $w_h = 144$, per corrents paràsits en el ferro $w_i = 15$, per corrents paràsits en el coure $w_c = 182$ i per efecte Joule en els fils de l'induït $w_j = 570$, de manera que la pèrdua total de l'induït serà $W = 144 + 15 + 182 + 570 = 911$ vats. Com a superfície de ventilació S prendrem la superfície cilíndrica exterior (fig. 3) igual a $26 \pi \cdot 26 = 2123 \text{ cm}^2$ més la de les dues testeres del nucli, cada una de les quals és (segons les dimensions de l'induït)

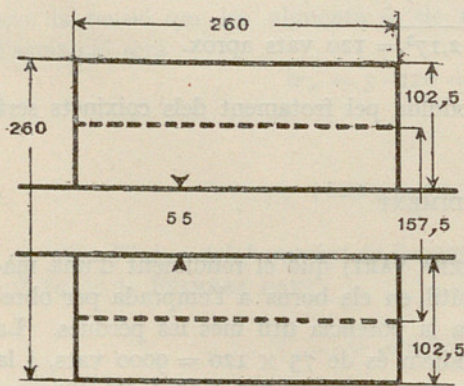


FIG. 3

$$\frac{\pi \cdot 26^2}{4} - \frac{\pi \cdot 5,5^2}{4} = 507 \text{ cm}^2,$$

de manera que la de les dues testeres és $2 \cdot 507 = 1014$, i la superfície total de ventilació serà $2123 + 1014 = 3137 \text{ cm}^2$, i com que la velocitat

perifèrica de l'induït és

$$v = \frac{0,26 \cdot 920}{19,1} = 12,5 \text{ m per seg.},$$

tindrem

$$T = 250 \frac{911}{3137 (1 + 0,1 \cdot 12,5)} = 32^\circ \text{ C aprox.}$$

30. *Augment de temperatura del commutador.* — Emprant la mateixa fórmula anterior, en la qual W és la suma de les pèrdues en les escobretes per efecte Joule i per frotament, S la superfície cilíndrica del commutador, v la seva velocitat tangencial en m per segon i C té la valor 185, tindrem, substituint

W per $45 + 31 = 76$,

S per $\pi \cdot 19 \cdot 7 = 418$ (suposant que el commutador té una longitud de 7 cm),

v per 9,15,

C per 185,

$$T = 185 \frac{76}{418 (1 + 0,1 \cdot 9,15)} = 18^\circ \text{ aprox.}$$

CÀLCUL D'UNA DINAMO MULTIPOLAR

31. En l'exemple anterior hem calculat una dinamo bipolar existent, de la qual coneixíem totes les dades. Anem ara a fer l'estudi complet d'una dinamo multipolar per un corrent de 675 amp a la tensió de 340 volts, funcionant a la velocitat de 180 revolucions per minut.

INDUÏT

32. *Càlcul de les dimensions exteriors del nucli de l'induït.* — Admetent un nombre de pols igual a 10, deduït de les dades del n.º 5, tenint en compte que la potència de la dinamo és de $675 \cdot 340 = 230\ 000$ vats aprox., obtindrem el diàmetre exterior del nucli i la seva longitud axial aplicant les fórmules del n.º 6 referents a dinamos multipolars, i tindrem:

Diàmetre exterior:

$$D = 8 \sqrt[4]{\frac{W (2p)^2}{n}} = 8 \sqrt[4]{\frac{230\ 000 \cdot 10^2}{180}} = 150 \text{ cm.}$$

Longitud axial:

$$l = 20 \sqrt[4]{\frac{W}{(2p)^2 n}} = 20 \sqrt[4]{\frac{230\,000}{10^2 \cdot 180}} = 38 \text{ cm.}$$

Amb la velocitat de rotació de 180 revolucions per minut, 10 pols i el diàmetre exterior de 150 cm = 1,5 m, tindrem:

$$\text{Velocitat tangencial} = \frac{D n}{19,1} = \frac{1,5 \cdot 180}{19,1} = 14,1 \text{ m per seg.}$$

$$\text{Nombre de períodes} = \frac{2 p n}{120} = \frac{10 \cdot 180}{120} = 15.$$

33. *Càlcul del nombre de fils de l'induit.* — El nombre de fils distribuïts a la superfície cilíndrica exterior de l'induit és donat per la fórmula (1) del n.º 8, en la qual $D = 150$, $2 p_1 =$ nombre de derivacions de l'enrotllament = 10, ja que adoptarem un enrotllament en quantitat, $I = 675$, i acceptant per I_c , o sigui pel nombre d'amperconductors per centímetre de circumferència exterior de l'induit, la valor $I_c = 200$, tindrem que el nombre de fils serà

$$N = \frac{\pi \cdot 150 \cdot 200 \cdot 10}{675} = 1395.$$

Adoptarem 1440 fils repartits en 360 ranures, el que donarà 4 fils per ranura.

CÀLCUL DE LA FORÇA ELECTROMOTRIU

34. Per a determinar el flux capaç de produir la tensió de 340 volts en els borns, cal conèixer abans la pèrdua de tensió ocasionada per l'enrotllament de l'induit i la deguda al contacte dels carbons que suposarem de classe dura.

Admetent una pèrdua de 2 per cent sobre la tensió útil en l'enrotllament de l'induit, o sigui $\frac{2 \cdot 340}{100} = 6,8$ volts, i una de 2,2 volts pel contacte dels carbons, tindrem una pèrdua total de $6,8 + 2,2 = 9$ volts, que, sumada a la tensió útil de 340 volts, donarà una tensió $E = 340 + 9 = 349$ volts, que serà la força electromotriu de la màquina.

35. *Càlcul del flux.* — El flux necessari per produir aquesta f.e.m. és, segons la fórmula (3) del n.º 29 de la PRIMERA PART,

$$E = \frac{\Phi n N p}{10^8 \cdot 60 \cdot p_1}$$

$$\Phi = \frac{E \cdot 60 \cdot 10^8 \cdot p_1}{n N p},$$

i substituint les lletres per les seves valors $E = 349$, $p_1 = 5$, $p = 5$, $n = 180$, $N = 1440$, tindrem

$$\Phi = \frac{349 \cdot 60 \cdot 10^8 \cdot 5}{180 \cdot 1440 \cdot 5} = 8 \text{ 100 000.}$$

36. *Dimensions de les ranures.* — La forma de les ranures es determina segons les dimensions del fil induït, el nombre de fils per ranura i la disposició dels fils. El corrent útil és de 675 amperes, i admetent 1,5 per cent per la imantació $0,015 \cdot 675 = 10$ amp, el corrent total produït serà de $675 + 10 = 685$ amperes, de manera que essent 10 el nombre de derivacions de l'enrotllament induït, el corrent en cada fil serà $\frac{685}{10} = 68,5$ amperes,

i referint-nos a la taula del n.º 10, la qual dóna la secció corresponent a diferents intensitats, veurem que aquesta és compresa entre 62,8 i 80 amperes, als quals corresponen, respectivament, 19,6 i 25 mm², de manera que podem adoptar una secció de 22 mm² pel fil de l'induït. A aquesta secció de 22 mm² correspon un fil rodó de 5,3 mm de diàmetre, el qual, amb una capa de cotó en espiral i una capa trenada per l'isolament, tindrà un diàmetre exterior de 6,1 mm. Comptant que el revestiment de les ranures el fem amb cartró de 0,8 mm i deixant un espai sobrer d'uns 0,6 mm, l'amplada de les ranures resultaria de $6,1 + 2 \cdot 0,8 + 0,6 = 8,3$ mm, i la seva profunditat, comptant 11 mm per l'isolament de cartró i la falca de fibra, seria $4 \cdot 6,1 + 11 = 35,4$ mm.

Essent 1500 mm el diàmetre exterior de l'induït, la circumferència tindrà $\pi \cdot 1500 = 4712$ mm, i com que l'espai ocupat per totes les ranures és $8,3 \cdot 360 = 2988$, queden $4712 - 2988 = 1724$ mm per les dents, de manera que l'amplada d'aquestes serà, en el cap, $\frac{1724}{360} = 4,8$ mm.

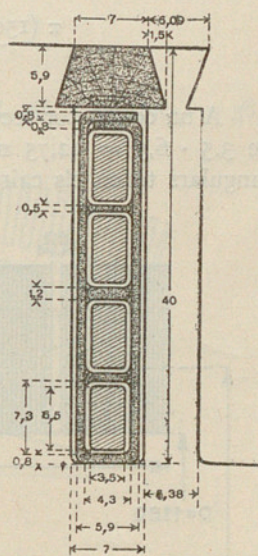


FIG. 4

Ara bé; considerant que a cada costat de la dent hi ha en la part superior una entalla per la retenció de la falca de fibra, la qual disminueix la secció de la dent, la dimensió de 4,8 mm resulta insuficient, perquè donaria lloc a una inducció massa elevada a les dents. Per tant, substituïrem el fil rodó per un de secció rectangular de 3,5 per 6,5 mm, que cobert tindrà 4,3 · 7,3 mm, disposat com s'indica a la fig. 4, l'amplada de les ranures serà, doncs, 2 · 0,8 + 4,3 mm, que per a poder entrar els fils fàcilment en les ranures l'augmentarem fins a 7 mm, i la seva profunditat serà

$$6 + 4 \cdot 7,3 + 3 \cdot 0,8 + 2 \cdot 0,5 + 1,2 = 39,8 \text{ mm.}$$

Amb aquestes dimensions l'amplada de les dents serà, en el cap,

$$\frac{\pi 150 - 0,7 \cdot 360}{360} = 0,609 \text{ cm,}$$

i en la base, com que el diàmetre de la circumferència és igual al diàmetre de l'induït menys el doble de la profunditat d'una ranura,

$$\frac{\pi (150 - 2 \cdot 4) - 0,7 \cdot 360}{360} = 0,539 \text{ cm.}$$

A un conductor rectangular de 3,5 per 6,5 correspon realment una secció de 3,5 · 6,5 = 22,75 mm², però cal tenir present que els conductors rectangulars tenen els caires morts, i això és causa d'una petita disminució de a secció aparent i d'haverl pres 22 mm per secció del conductor induït.

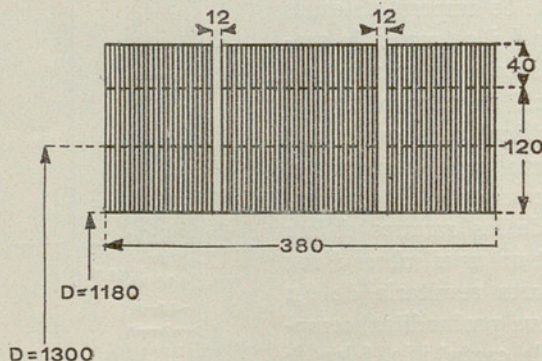


FIG. 5

37. Càlcul de l'altura radial del nucli de l'induït. — Tractant-se d'un induït de gran diàmetre, com és el de la dinamo que estudiem, les planxes de l'induït no estan muntades directament sobre l'arbre, com ocorre en els induïts de petit diàmetre, perquè el pes del nucli seria considerable, sense que d'aquí resultés cap avantatge. Per reduir aquest pes tot el possible es dona al nucli un diàmetre interior suficientment gran perquè el pes sigui mínim i compatible amb la secció necessària pel pas del flux magnètic.

Segons hem vist (n.º 32), el nombre de períodes de la màquina és 15,

i adoptant per aquesta freqüència una inducció de 11 000 línies (n.º 9), la secció del nucli serà

$$S_a = \frac{\Phi}{B_a} = \frac{8\ 100\ 000}{11\ 000} = 736\ \text{cm}^2.$$

Designant per h l'altura radial del nucli i per a el nombre d'espais de ventilació d'amplada b , la secció útil del nucli estarà expressada pel producte de la longitud útil de planxa ($l - a \cdot b$) 0,85 pel doble de l'altura radial $2h$, o sigui

$$S_c = 2 (l - a \cdot b) h \cdot 0,85,$$

fórmula en la qual l és la longitud axial de l'induït i 0,85 el coeficient pel qual cal multiplicar la secció aparent per obtenir la secció real en vista de l'espai perdut per les fulles de paper interposades en les xapes de l'induït. En la fórmula anterior, l , a , b i h estan donades en centímetres, de manera que la secció estarà expressada en centímetres quadrats. Segons hem vist, aquesta secció ha d'ésser igual a 736 cm², per tant, tindrem

$$2 (l - a \cdot b) h \cdot 0,85 = 736,$$

d'on, adoptant 2 espais de ventilació de 1,2 cm (fig. 5), i ja que $l = 38$,

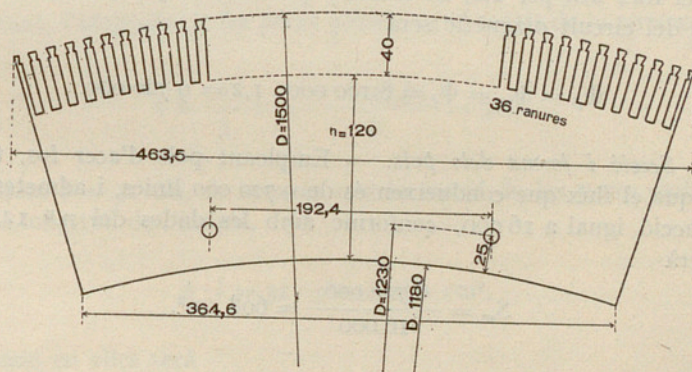


FIG. 6

$$h = \frac{S_a}{2 \cdot 0,85 (l - a \cdot b)} = \frac{736}{2 \cdot 0,85 (38 - 2 \cdot 1,2)} = 12\ \text{cm aprox.}$$

Amb la valor $h = 12$, la veritable secció de l'induït serà

$$2 \cdot 12 (38 - 2 \cdot 1,2) 0,85 = 726\ \text{cm}^2,$$

i la seva inducció resultarà ésser

$$B_a = \frac{8\ 100\ 000}{726} = 11\ 160,$$

valor que concorda amb les dades indicades en el n.º 9.

La fig. 6 representa un dels sectors de planxa dels deu que formen una circumferència completa, cada un dels quals té trenta sis ranures i trenta set dents, quedant mitja dent en cada extrem. La subjecció dels sectors té lloc mitjançant pernns que travessen les planxes en punts molt pròxims a la vora interior, ço que permet suprimir tot isolament dels pernns (n.º 59 de la PRIMERA PART).

CIRCUIT MAGNÈTIC

38. *Càlcul del circuit magnètic.* — Per a poder determinar les diferents seccions del circuit magnètic és precís conèixer el flux que han de conduir i la inducció a què treballaran. El flux es determina buscant en la Taula II, n.º 17, el coeficient de dispersió corresponent al tipus i potència de la dinamo que estudiem, i que resultarà ésser $\nu = 1,2$, ço que significa que per trobar el flux en els imants o pols i en les peces polars i en el jou cal multiplicar el flux útil per 1,2, de manera que el flux que travessarà aquestes porcions del circuit magnètic serà

$$\Phi_p = \Phi_m = \Phi_j = 8\ 100\ 000 \cdot 1,2 = 9\ 720\ 000.$$

39. *Secció i forma dels pols.* — Empleant pols d'acer fos, tenint en compte que el flux que condueixen és de 9 720 000 línies, i admetent en ell una inducció igual a 16 000, conforme amb les dades del n.º 12, la seva secció serà

$$S_m = \frac{9\ 720\ 000}{16\ 000} = 608\ \text{cm}^2,$$

i adoptant una secció circular, el seu diàmetre serà, deduït de la fórmula

$$\frac{\pi d^2}{4} = 608,$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 608}{\pi}} = 27,8\ \text{cm}.$$

Pendrem un diàmetre de 28 cm corresponent a una secció de 616 cm², de manera que la inducció a què treballaran els pol serà

$$\frac{9\,720\,000}{616} = 15\,780.$$

Respecte a la seva longitud, no pot ésser prèviament fixada, i admetrem que és de 25 cm.

40. *Peces polars.* — Emplearem peces polars postisses de ferro dolç i els donarem una amplada igual a 2/3 del pas polar, el qual és

$$\tau = \frac{\pi (D + 2 \delta)}{2 p},$$

essent D el diàmetre exterior de l'induït, δ la longitud senzilla de l'entreferro i $2 p$ el nombre de pols. Admetent un entreferro $\delta = 1$ cm, i posant $D = 150$ i $p = 5$, tindrem, doncs,

$$\tau = \frac{\pi (150 \cdot 2)}{2 \cdot 5} = 47,75 \text{ cm.}$$

Per tant, l'amplada de les peces polars, en el sentit de la circumferència, serà

$$b = \frac{2}{3} \tau = \frac{2 \times 47,75}{3} = 31,8.$$

Pendrem $b = 31$ cm, de manera que la secció de les peces polars serà, essent l la longitud de l'induït,

$$b \cdot l = 31 \cdot 38 = 1178 \text{ cm}^2,$$

i la inducció en elles serà

$$B_p = \frac{9\,720\,000}{1178} = 8300.$$

41. *Entreferro.* — Hem suposat que la longitud senzilla de l'entreferro és de 1 cm, i com que la secció de l'entreferro és més petita del costat de la cara polar que del costat de l'induït, degut a què les línies de força són més denses en les peces polars que en l'induït (fig. 7), per secció de l'entreferro

S_e prendrem el promedi de les dues seccions, o sigui de bl i $(b + 2\delta)l$, i tindrem

$$S_e = \frac{bl + (b + 2\delta)l}{2} = (b + \delta)l = (31 + 1)38 = 1216 \text{ cm}^2,$$

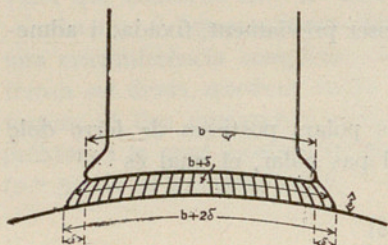


FIG. 7

la secció d'una dent. Aquesta secció és igual a l'amplada d'una dent per la seva longitud axial, o sigui la longitud de l'induït, deduïts els espais de ventilació i l'isolament entre les planxes.

Ara bé; com que les ranures tenen una mateixa amplada en tota la seva profunditat, resulta que les dents són més amples en el cap que en el peu, de manera que la seva secció dependrà de la dita amplada variable, prenent generalment per amplada de la dent la que correspon a l'altura mitjana, així, doncs, l'amplada mitjana d'una dent serà (fig. 8)

$$\frac{6,09 + 5,38}{2} = 5,73 \text{ mm, o siguin } 0,57 \text{ cm.}$$

Si z és el nombre de dents situats en la circumferència πD de l'induït, el nombre de dents que s'escauen dessota l'entreferro, l'amplada del qual és $b + \delta$, serà

$$\frac{(b + \delta)z}{\pi D} = \frac{(31 + 1)360}{\pi 150} = 25 \text{ aprox.}$$

La longitud útil de planxa de l'induït, segons hem vist en el n.º 37, és $(38 - 2 \cdot 1,2) 0,85$ cm; per tant, la secció d'una dent serà, essent $0,57$ cm l'amplada mitjana d'una dent, $0,57 (38 - 2 \cdot 1,2) 0,85 = 17,24 \text{ cm}^2$, i la secció de les 25 dents serà

$$S_d = 25 \cdot 0,57 (38 - 2 \cdot 1,2) 0,85 = 431 \text{ cm}^2,$$

i la inducció a l'entreferro serà, tenint present que el flux és $\Phi_a = 8\ 100\ 000$,

$$B_e = \frac{8\ 100\ 000}{1216} = 6660 \text{ aprox.}$$

42. *Dents.* — Hem vist que l'altura de les dents és de 4 cm. La secció de les dents que condueixen el flux Φ de l'induït és igual al producte del nombre de dents situades sota una peça polar per

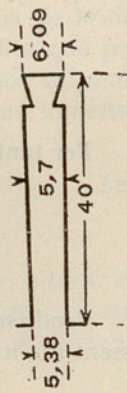


FIG. 8

d'on resulta que la inducció a què treballaran les dents serà

$$B_d = \frac{\Phi}{S_d} = \frac{8\,100\,000}{431} = 18\,800.$$

43. *Jou.* — Suposant-lo d'acer fos i admetent una inducció de 12 000, la seva secció serà, amb el flux de 9 720 000 línies,

$$B_j = \frac{\Phi_j}{12\,000} = \frac{9\,720\,000}{12\,000} = 810 \text{ cm},$$

i com que el pas que ofereix al flux és doble, la secció senzilla serà

$$S_j = \frac{810}{2} = 405 \text{ cm}^2,$$

de manera que, donant-li una longitud axial de 30 cm, el gruix, en el sentit radial, serà $\frac{405}{30} = 13,5$ cm.

CÀLCUL DE LA IMANTACIÓ

44. Coneixent la inducció a què treballen les diferents parts del circuit magnètic de la màquina, podem, mitjançant les corbes d'imantació de la fig. 2, cercar els ampervoltes per centímetre de longitud corresponents a la dita inducció i a la classe de ferro, i multiplicant aquest nombre d'ampervoltes per les longituds respectives dels diferents circuits magnètics parcials, obtindrem els ampervoltes necessaris per cada part del circuit, la suma dels quals serà, segons sabem, el nombre d'ampervoltes del circuit magnètic total.

Segons les corbes de la fig. 2, a la inducció de 11 160 a què treballen les planxes de l'induït, corresponen 3,1 ampervoltes per cm; a la inducció de 18 800 de les dents, corresponen 200 ampervoltes per cm; a la de 15 780 dels pols (acer fos), corresponen 30 ampervoltes per cm; a la de 8300 de les peces polars (ferro forjat), corresponen 2,7 ampervoltes per cm, i a la de 12 000 del jou (acer fos), corresponen 6 ampervoltes per cm.

D'aquí resulta el quadro següent que indica, per les diferents parts del circuit magnètic, el nombre d'ampervoltes per 1 cm de longitud, el nombre d'ampervoltes per la longitud real i el nombre total d'ampervoltes de tot el circuit.

Les diferents longituds parcials estan indicades en la fig. 9, que representa un circuit magnètic complet per un parell de pols de la dinamo que estudiem.

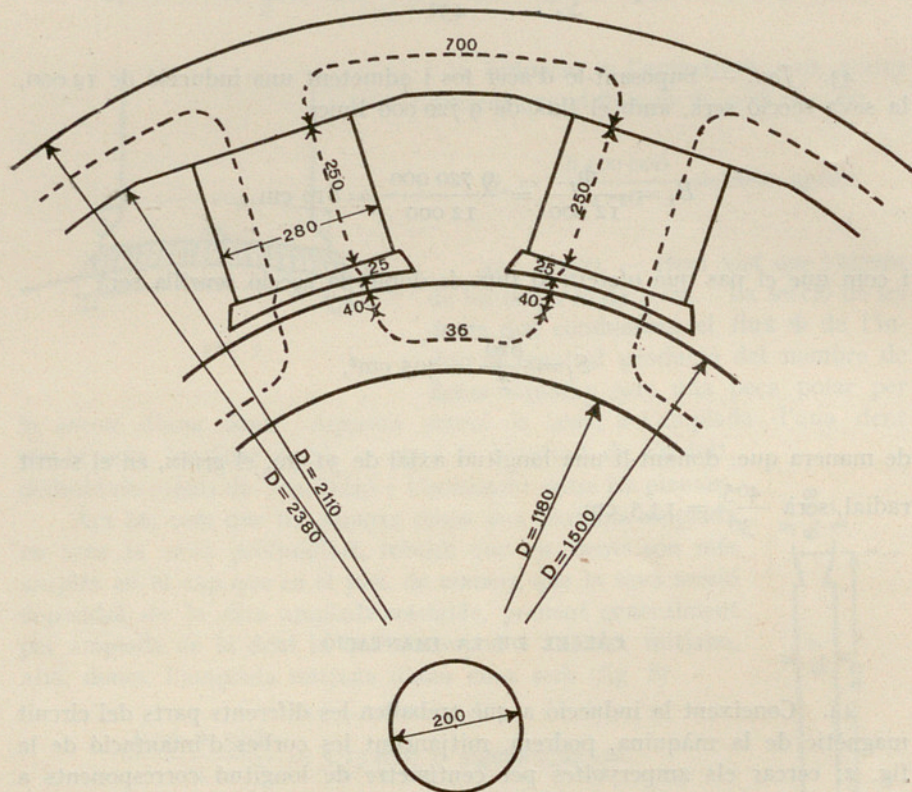


FIG. 9

Circuit parcial	Inducció	Longitud	$n i$ per cm	$n i$ parcials
Induït (planxa).....	11 160	36	3,1	$3,1 \cdot 36 = 112$
Dents (planxa).....	18 800	2 · 4	200	$170 \cdot 8 = 1600$
Entreferro (aire).....	6660	2 · 1	$0,8 \cdot 6660$ $= 5328$	$5328 \cdot 2 = 10 656$
Peces polars (ferro forjat)	8300	2 · 2	2,7	$2,5 \cdot 4 = 10$
Pols (acer fos).....	15 780	2 · 25	30	$30 \cdot 50 = 1500$
Jou (acer fos).....	12 000	70	6	$6 \cdot 70 = 420$
				$n i$ totals = 14 300

aproximadament.

Aquests 14 300 ampervoltes són els necessaris en cada circuit magnètic per obtenir a buit la f.e.m. de 349 volts, i per tenir la mateixa f.e.m. a plena càrrega caldrà compondre aquests ampervoltes amb els ampervoltes transversals de l'induït valent-nos de la fórmula (1) del n.º 36 de la PRIMERA PART.

45. En aquesta fórmula, OF és igual a 14 300, i FR , que és el nombre d'ampervoltes transversals de l'induït, és igual al producte del nombre de conductors situats dessota d'una peça polar pel corrent que circula per ells, i com que dessota d'una peça polar hi ha 24 ranures amb 4 conductors cada una, que porten un corrent de 68,6 amper, el nombre d'ampervoltes transversals serà

$$FR = 24 \cdot 4 \cdot 68,6 = 6586,$$

de manera que tindrem

$$OF'' = \sqrt{OF^2 + FR^2} = \sqrt{14\,300^2 + 6586^2} = 15\,750 \text{ ampervoltes}$$

per circuit magnètic, i com que d'aquests n'hi ha cinc, el nombre total d'ampervoltes necessari per l'excitació de la màquina serà $15\,750 \cdot 5 = 78\,750$.

Admetent un diàmetre exterior de 34 cm per les bobines d'imantació, i essent 28 cm el diàmetre del nucli polar, la longitud en metres de l'espira mitjana de les bobines d'imantació serà

$$\pi \frac{0,28 + 0,34}{2} = 0,98 \text{ m};$$

per tant, la secció del fil inductor serà, segons la fórmula (1) del n.º 37 de CÀLCUL DE CIRCUITS MAGNÈTICS, en la qual f.e.m. $\rho = 0,02$,

$$s = \frac{n i \cdot l_m \cdot \rho}{E} = \frac{78\,750 \cdot 0,98 \cdot 0,02}{340} = 4,5 \text{ mm}^2,$$

a la qual correspon un diàmetre de 2,4 mm, però emplearem un fil de 2,5 mm de diàmetre, que té una secció de $4,9 \text{ mm}^2$, a fi de tenir més marge.

Suposant que una vegada cobert amb dues capes de cotó el diàmetre exterior del fil sigui de 2,9 mm, el nombre d'espises per capa serà, amb els dimensions de caixa indicades en la fig. 10, $\frac{240}{2,9} = 83$, i el nombre de capes serà $\frac{28}{2,9} = 9$.

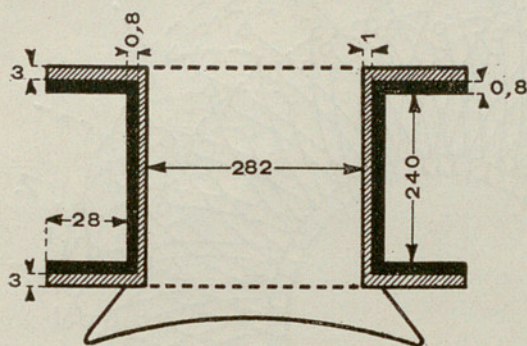


FIG. 10

Així, doncs, el nombre d'espores per bobina serà $83 \cdot 9 = 747$ i el de totes les bobines juntes $747 \cdot 10 = 7470$ espores. Essent 7470 el nombre d'espores, la intensitat del corrent que passarà per les bobines, que estan connectades en sèrie, serà $\frac{n i}{n} = \frac{77500}{7470} = 10,6$ amperers, o sigui 1,58 per cent del corrent útil (675 amp.), és a dir molt aproximadament la valor que havíem admès (n.º 36).

ENROTLLAMENT DE L'INDUÏT

46. Hem dit que l'enrotllament de l'induït és de tambor i en quantitat amb 4 fils per ranura. Emplearem pel commutador un nombre de

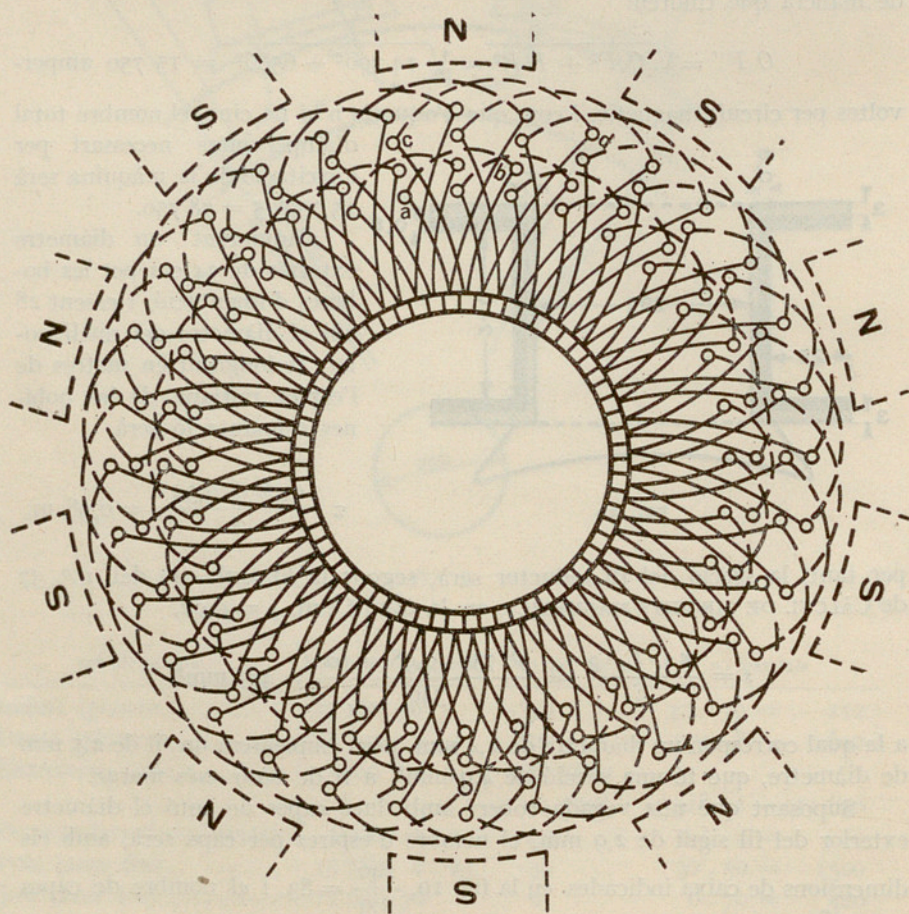


FIG. II

segments doble del de ranures, o sigui $360 \cdot 2 = 720$, de manera que cada bobina induïda tindrà una sola espira, essent l'esquema de l'enrotllament l'indicat a la fig. 11, que representa un induït amb 32 ranures i 64 segments en el commutador.

Com es veu, aquest enrotllament té la particularitat que l'amplada de les bobines no és constant; així, mentre que les bobines que tenen un costat en el primer pla *a* i l'altre costat en el segon pla *b* (bobines *a b*), van de la ranura 1 a la ranura 3 en l'esquema

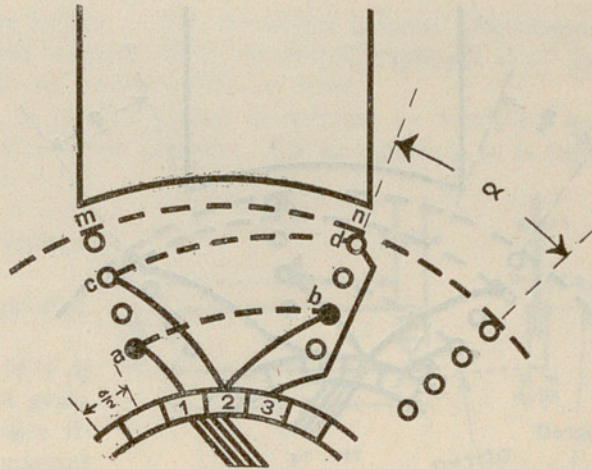


FIG. 12

(de la ranura 1 a la ranura 27 en la màquina), les bobines que tenen un costat en el tercer pla *c* i l'altre en el quart pla *d* (bobines *c d*), van, en l'esquema de la ranura 1 a la ranura 4 (de la ranura 1 a la ranura 28 en l'enrotllament).

El motiu d'haver donat diferents amplades a les bobines induïdes és el següent: Sigui *a b* (figura 12) la bobina que en un moment donat és posada en curt circuit pel carbó que toca els segments 1 i 2. Si totes les bobines induïdes tinguessin igual amplada, els costats *c i d*

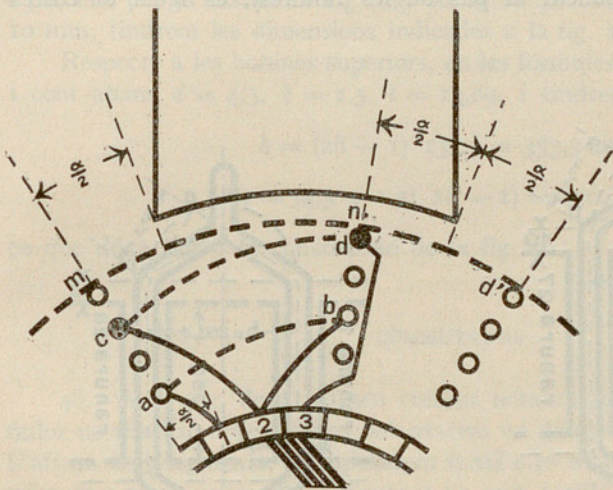


FIG. 13

de la bobina posada en curt circuit immediatament després de la *a b* es trobarien en les mateixes ranures *m n* que els costats de la *a b*, de ma-

nera que quan, per efecte de la rotació de l'induït, el carbó toqués els segments 2 i 3, la bobina posada en curt circuit pel carbó seria la $c d$ (fig. 13).

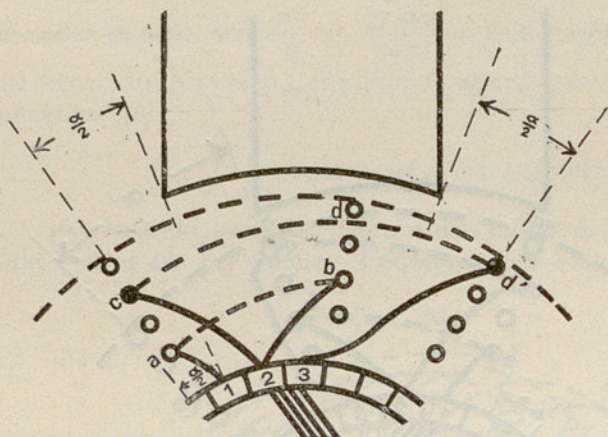


FIG. 14

Com es veu, el costat c d'aquesta bobina cau fora del pol i el d es troba dessota d'ell, ço que és molt desfavorable per la commutació, ja que els dos costats d'una bobina en curt circuit han de trobar-se en posicions simètriques respecte al centre del pol. Donant a les bobines amplades diferents, és a dir, fent que la bobina que segueix a la $a b$ vagi de c a d' (fig. 14), els seus costats c i d' es trobaran a igual distància de les vores del pol, i aquesta distància, que representem per l'angle $\frac{\alpha}{2}$ (essent α l'angle corresponent al pas de les ranures), és igual al corres-

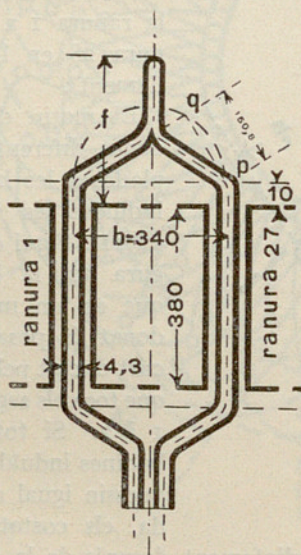


FIG. 15

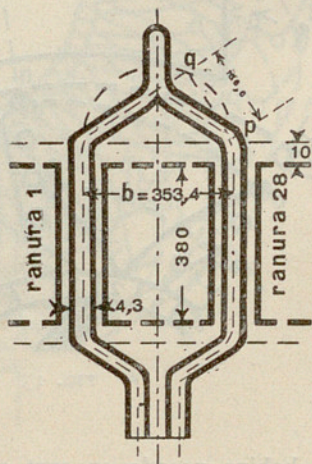


FIG. 16

ponent al pas dels segments, ja que el nombre d'aquests és doble del de ranures.

47. *Forma de les bobines.* — Per determinar la forma i dimensions de les bobines induïdes ens valdrem de la construcció explicada al n.º 35 de CÀLCUL I CONSTRUCCIÓ DE DINAMOS, SEGONA PART.

Segons hem vist, hi ha dues classes de bobines, les inferiors i les superiors, que tindran dimensions diferents. Per les inferiors, en la fórmula

$$b = (n - 1) t \text{ farem } n = 27$$

i (segons la fig. 15) $t = 7$

$$+ 6,09 = 13,09, \text{ i tindrem}$$

$$b = (27 - 1) 13,09 = 340 \text{ mm,}$$

i en la fórmula $p q = (d + \delta)$

$(n - 1)$ tenim que el gruix

del fil és $d = 4,3$ (vegeu figura 4), $n = 27$, i suposant

una separació $\delta = 1,5$ mm entre fils, tindrem

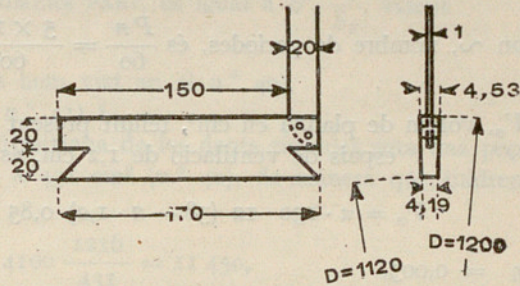


FIG. 17

$$p q = (4,3 + 1,5) (27 - 1) = 150,8 \text{ mm,}$$

i prenent per la distància $a g$ (fig. 60 de la SEGONA PART) una longitud de 10 mm, tindrem les dimensions indicades a la fig. 15.

Respecte a les bobines superiors, en les fórmules anteriors farem $n = 28$, i com abans $d = 4,3$, $\delta = 1,5$, $t = 13,09$, i tindrem

$$b = (28 - 1) 13,09 = 353,3 \text{ mm,}$$

$$p q = (4,3 + 1,5) 28 - 1) = 156,6 \text{ mm,}$$

ço que dóna lloc a la construcció de la fig. 16.

COMMUTADOR

48. A fi que, degut al seu crescut nombre, els segments del commutador no resultin massa prims, adoptarem un diàmetre exterior de 1200 mm. L'altura dels segments, la suposarem igual a 40 mm, i amb un isolament de mica de 0,7 mm entre ells. Muntant en cada torilló 6 carbons, de 20 mm de longitud axial, tindrem, deixant un cert espai entre els carbons, una longitud de segments de 150 mm, de manera que aquests tindran la forma representada a la fig. 17. Per a les connexions entre els conductors induïts i els segments del commutador emprarem cinta de coure de 20×1 mm.

CÀLCUL DE LES PÈRDUES

49. *Pèrdua per histèresi en el nucli.* — Aplicant la fórmula (3) del n.º 51 de la PRIMERA PART,

$$w_h = \frac{\sim V_a [\eta B_a^{1,6} + \eta (B_e + B'_e)^{1,6}]}{10^7}$$

on \sim , nombre de períodes, és $\frac{Pn}{60} = \frac{5 \times 180}{60} = 15$,

V_a , volum de planxa en cm^3 , tenint present que el nucli va proveït de dos espais de ventilació de 1,2 cm, és (fig. 5)

$$V_a = \pi \cdot 130 \cdot 12 (38 - 2 \cdot 1,2) 0,85 = 148\ 300 \text{ cm}^3 \text{ aprox.}$$

$$\eta = 0,003,$$

$$B_a = \text{inducció en el nucli} = 11\ 160 \text{ (n.º 37),}$$

$$B_e = \text{inducció en l'entreferro} = 6660 \text{ (n.º 41),}$$

$$\text{i posant } I = 685; N = 1440, \beta = 2/3 \text{ (n.º 40),}$$

$$p = 5, p_1 = 5 \text{ i } \delta = 1.$$

en la fórmula del n.º 51 de la PRIMERA PART, tindrem

$$B'_e = 0,157 \frac{IN\beta}{p p_1 \delta} = 0,157 \frac{685 \cdot 1440 \cdot 0,67}{5 \cdot 5 \cdot 1} = 4100 \text{ aprox.}$$

d'on

$$w_h = \frac{15 \cdot 148\ 300 [0,003 \cdot 11\ 160^{1,6} + 0,003 (6660 + 4100)^{1,6}]}{10^7} = 3900 \text{ vats,}$$

cercant les valors de $0,003 \cdot 11\ 160^{1,6}$ i de $0,003 (6660 + 4100)^{1,6} = 0,003 \cdot 10\ 760^{1,6}$ a la Taula II del n.º 52 de CÀLCUL DE CIRCUITS MAGNÈTICS.

50. *Pèrdua per histèresi en les dents.* — Aplicarem la fórmula (1) del n.º 52 de la PRIMERA PART,

$$w'_h = \frac{\sim V_d \eta (B_d + B'_d)^{1,6}}{10^7},$$

on $\sim = 15$,

V_d = volum de ferro de totes les dents, en cm^3 = al volum d'una dent, multiplicat pel seu nombre. El volum d'una dent és igual al producte de la seva secció per la seva altura. Segons el n.º 42, la secció d'una dent és $17,24 \text{ cm}^2$; per tant, el volum d'una dent serà $17,24 \cdot 4 = 68,96 \text{ cm}^3$, de manera que el volum total de les 360 dents serà $68,96 \cdot 360 = 25\ 000 \text{ cm}^3$ aprox.

$$\eta = 0,003,$$

$$B_d = \text{inducció en les dents} = 18\ 800 \text{ (segons n.º 42),}$$

$$B'_d = \text{segons n.º 52 de la PRIMERA PART, és igual a } B'_e \frac{S_e}{S_d}, \text{ essent}$$

$$B'_e = 4100 \text{ (segons hem vist en el n.º 49),}$$

$$S_e = 1216 \text{ (segons n.º 41) i}$$

S_d , que és la secció mitjana de les dents situades sota una peça polar, és igual a 431 cm^2 (n.º 42), de manera que tindrem

$$B'_d = 4100 \frac{1216}{431} = 11\ 450,$$

Substituint aquestes valors en la fórmula anterior, tindrem

$$w'_h = \frac{15 \cdot 25\ 000 \cdot 0,003 (18\ 800 + 11\ 450)^{1,6}}{10^7} = 1450 \text{ vats.}$$

51. *Pèrdues per corrents paràsits en el nucli.* — Aplicarem la fórmula del n.º 54 de la PRIMERA PART,

$$w_f = \frac{30 (a \infty B_a)^2 V_a}{10^{12}},$$

on a = gruix de les planxes en $\text{cm} = 0,05$,

∞ = nombre de períodes = 15,

B_a = inducció en el nucli = 11 160,

V_a = volum de planxes en $\text{cm}^3 = 148\ 300$ (n.º 49).

Substituint aquestes valors, tindrem

$$w_f = \frac{30 (0,05 \cdot 15 \cdot 11\ 160)^2 \cdot 148\ 300}{10^{12}} = 312 \text{ vats.}$$

52. *Pèrdua per corrents paràsits en les dents.* — Per al càlcul de la

pèrdua per corrents paràsits en les dents emprarem la fórmula del n.º 55 de la PRIMERA PART,

$$w'_j = \frac{3,5 D \xi (a \sim B_d)^2 V_d}{p \delta 10^{12}},$$

on ξ té la valor $\frac{d}{c-a}$ (fig. 60 de la PRIMERA PART), però com que aquesta valor depèn del decalatge dels carbons, i aquest no el coneixem i és molt petit, el suposarem nul, de manera que tindrem, molt aproximadament,

$\xi = \frac{d}{c}$. Fent a la fig. 9 la construcció indicada a la fig. 60 de la PRIMERA PART, es dedueix, essent $d = 16$ cm, i $c = 8$, que $\xi = \frac{d}{c} = \frac{16}{8} = 2$.

D és el diàmetre exterior de l'induït = 150 cm,

B_d la inducció de les dents = 18 800,

V_d el volum de totes les dents = 25 000 cm³,

a el gruix de les planxes = 0,05 cm,

\sim la freqüència = 15,

p la meitat del nombre de pols = $\frac{10}{2} = 5$,

δ la longitud de l'entreferro = 1 cm.

Substituint tindrem

$$w'_j = \frac{3,5 \cdot 150 \cdot 2 (0,05 \cdot 15 \cdot 18\,800)^2 \cdot 25\,000}{5 \cdot 1 \cdot 10^{12}} = 1000 \text{ vats.}$$

53. *Pèrdues per corrents paràsits en el coure.* — Respecte a les pèrdues per corrents paràsits en el coure, són tan petites en els induïts dentats que poden, sense cometre gran error, ésser menyspreades.

54. *Pèrdues per efecte Joule en el coure.* — En el n.º 34 hem admès prèviament una pèrdua de tensió de 9 volts en l'enrotllament induït. Coneixent ja les dimensions de les bobines (figs. 15 i 16) podem calcular amb exactitud la resistència de l'enrotllament i, per tant, la pèrdua a què realment dona lloc. Traçant les figs. 15 i 16 a escala, podem deduir de les dimensions de les bobines la longitud de fil de cada una i veurem que el fil de la bobina corresponent a la fig. 15 és de 1,56 m i la corresponent a la fig. 16 és de 1,60 m, de manera que suposant-les totes iguals i de la longitud mitjana de $\frac{1,56 + 1,60}{2} = 1,58$ m, la longitud total del fil induït serà

$$1,58 \cdot 720 = 1138 \text{ m,}$$

ja que essent 1440 el nombre total de fils de l'enrotllament el de bobines serà $\frac{1440}{2} = 720$.

Si tots els fils estiguessin connectats en sèrie, la resistència total, essent 22 mm² la secció d'un fil, seria $\frac{\rho \cdot L}{s} = \frac{0,02 \cdot 1138}{22} = 1,03$ ohms. Però

havent adoptat per l'induït un enrotllament en quantitat, resulta que la longitud que caldrà considerar serà 1/10 de 1138 (essent 10 el nombre de derivacions) i la secció real serà deu vegades la d'un fil; per tant, la resistència de l'induït, d'un born a l'altre, serà, segons la fórmula (1)

del n.º 50 de la PRIMERA PART, $\frac{0,02 \cdot 1138}{22 \cdot 10^2} = \frac{1,03}{10^2} = 0,0103$ ohms.

Així, doncs, la pèrdua de tensió en l'induït serà $0,01 \cdot 685 = 6,85$ volts, o sigui molt aproximadament la que havíem suposat en el n.º 34. Essent 6,85 volts la caiguda de tensió, la pèrdua en vats en l'enrotllament induït serà $w_e = 6,85 \cdot 685 = 4700$ vats aprox.

55. *Pèrdua per efecte Joule en els carbons.* — Aplicarem la fórmula (1) del n.º 61 de la PRIMERA PART,

$$e_e = \frac{2 \rho I}{p_2 s},$$

on $\rho = 0,12$; $I = 685$; $p_2 = 5$, i $s = 6 \cdot 2,4 = 14,4$ cm² (ja que hi ha 6 carbons de 1,2 · 2 cm per torilló), i tindrem que la pèrdua de tensió en els carbons serà

$$e_e = \frac{2 \cdot 0,12 \cdot 685}{5 \cdot 14,4} = 2,3 \text{ volts,}$$

a la qual correspon, una pèrdua de

$$w_e = 2,3 \cdot 685 = 1580 \text{ vats aprox.}$$

56. *Pèrdua pel frotament dels carbons.* — Aplicant la fórmula del n.º 62 de la PRIMERA PART,

$$w = 9,81 v P f,$$

on v (velocitat perifèrica del commutador) = $\frac{1,2 \cdot 180}{19,1} = 11,3$, P = pressió total dels carbons en kg = $0,15 \cdot 2,4 \cdot 60 = 21,6$ (essent 2,4 cm² la superfície d'un carbó, 60 el nombre total de carbons, 0,15 kg la pressió en kg per cm² i $f = 0,3$), tindrem

$$w = 9,81 \cdot 11,3 \cdot 21,6 \cdot 0,3 = 718 \text{ vats.}$$

57. *Pèrdua per frotament en els coixinets.* — Abans de tot, cal determinar les dimensions de l'arbre. Aplicant la fórmula del n.º 39 de la SEGONA PART i admetent per a la màquina un rendiment aproximat de 0,9, amb la qual cosa la potència necessària pel seu funcionament serà

$$\frac{230\,000}{0,9 \cdot 736} = 350 \text{ cavalls,}$$

el diàmetre de la part de l'arbre on va muntat l'induït serà

$$d = 17 \sqrt[4]{\frac{P}{n}} = 17 \sqrt[4]{\frac{350}{180}} = 20 \text{ cm.}$$

Tenint en compte les dimensions d'aquesta màquina, emprarem tres suports, de manera que la politja estarà col·locada entre dos d'ells. Pel coixinet del costat del commutador adoptarem un diàmetre de 170 mm i una longitud de 350 mm, i pels altres dos un diàmetre de 180 i una longitud de 370 mm, ço que concorda amb les valors donades al n.º 40 de la SEGONA PART. Conegudes les dimensions dels coixinets, podem ja calcular les pèrdues per frotament ocasionades per ells, i tindrem, aplicant la fórmula del n.º 64 de la PRIMERA PART :

Pel coixinet del costat del commutador, tenint present que $d = 17$, $l = 35$ i $v = \frac{0,17 \cdot 180}{19,1} = 1,6$,

$$w = 0,7 \cdot 17 \cdot 35 \sqrt{1,6^3} = 840 \text{ vats.}$$

Per cada un dels coixinets del costat de la politja tindrem $d = 18$, $l = 37$
 $v = \frac{0,18 \cdot 180}{19,1} = 1,7$; per tant,

$$w = 0,7 \cdot 18 \cdot 37 \sqrt{1,7^3} = 1030 \text{ vats,}$$

de manera que la pèrdua en els tres coixinets serà

$$w_r = 840 + 2 \cdot 1030 = 2900 \text{ vats.}$$

58. *Pèrdua en l'enrotllament inductor.* — Essent 10,4 amperes el corrent necessari per la imantació a plena càrrega, i 340 volts la tensió en els borns, la pèrdua en vats en l'excitació serà

$$w_b = 10,4 \cdot 340 = 3536 \text{ vats.}$$

RENDIMENT

59. Essent 230 000 vats la potència útil de la màquina, com que la suma de totes les pèrdues és

$$w_h + w'_h + w_f + w'_f + w_c + w_e + w + w_r + w_b = 3900 + 1450 + 312 + 1000 + 4700 + 1580 + 718 + 2900 + 3536 = 20\ 096 \text{ vats,}$$

el rendiment de la màquina serà

$$\eta = \frac{230\ 000}{230\ 000 + 20\ 096} = 0,92.$$

AUGMENT DE TEMPERATURA

60. *Augment de temperatura de l'induït.* — Tractant-se d'un induït de gran diàmetre pendrem per superfície de ventilació la superfície generada per les línies de punts de la fig. 18.

La longitud de la línia de punts exterior és de $13 + 38 + 13 = 64$ cm, i en girar engendra una superfície de $\pi \cdot 150 \cdot 64 = 30\ 160$ cm². La línia de punts inferior, d'una longitud de 38 cm, engendra, en girar, una superfície de $\pi \cdot 118 \cdot 38 = 14\ 000$ cm². La línia de punts indicada d'essota de l'entrotllament, d'una longitud de 13 cm, engendra una superfície de $\pi \cdot 150 \cdot 13 = 6100$ cm². Les tres línies

de punts verticals, corresponents a la testera posterior del nucli i als dos espais d'aire, d'una longitud de 16 cm, engendren, cada una, una superfície $\pi \cdot \frac{150 + 118}{2} \cdot 16 =$

6730 cm², i totes tres juntes $6730 \cdot 3 = 20\ 190$ cm². De manera que la superfície total generada per les línies de

punts, o sigui la superfície de ventilació de l'induït és $30\ 160 + 14\ 000 + 6100 + 20\ 190 = 70\ 500$ cm² aprox.

Segons sabem (n.º 32), la velocitat perifèrica de l'induït és de 14,1 m per seg.; per tant, aplicant la fórmula donada al n.º 66 de la PRIMERA PART, prenent per *C* la valor 250 i posant en lloc de *W* la suma de totes les

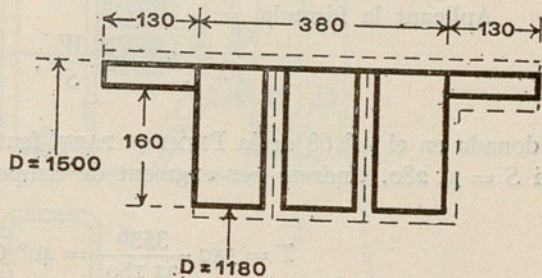


FIG. 18

pèrdues de l'induit = $w_h + w'_h + w_f + w'_f + w_c = 3900 + 1450 + 312 + 1000 + 4700 = 11362$, i fent $v = 14,1$, tindrem

$$T = C \frac{W}{S(1 + 0,1v)} = 250 \frac{11362}{70500(1 + 0,1 \cdot 14,1)} = 17^\circ \text{ aprox.}$$

61. *Augment de temperatura del commutador.* — Emprarem la fórmula del n.º 67 de la PRIMERA PART, en la qual W serà la suma de les pèrdues en els carbons per efecte Joule i per frotament, S la superfície cilíndrica del commutador, v la seva velocitat perifèrica en m per segon i C té la valor 185; de manera que, substituint

W per $1580 + 718 = 2298$ vats (n.º 55 i 56),

S per $\pi \cdot 120 \cdot 15 = 5652$ cm²,

v per 11,3 m per seg (n.º 56),

C per 185,

tindrem

$$T = 185 \frac{2298}{5652(1 + 0,1 \cdot 11,3)} = 36^\circ \text{ aprox.}$$

62. *Augment de temperatura de les bobines d'imantació.* — De les dimensions de les bobines (fig. 10) es dedueix que el seu diàmetre exterior és $28,2 + 2(0,1 + 0,08 + 2,8) = 34,1$ cm; per tant, la superfície de l'última capa de fil de cada una d'elles és $\pi \cdot 34,1 \cdot 24 = 2570$ cm², la de cada una de les testeres és, prenent per diàmetre mitjà $28,2 + 0,1 + 0,08 + 2,8 = 31,18$ cm, $\pi \cdot 31,18 \cdot 2,8 = 274$ cm², o sigui 548 cm² per les dues testeres de cada bobina. La superfície de ventilació d'una bobina serà, doncs, $2570 + 548 = 3118$ cm² i la de les deu bobines $3118 \cdot 10 = 31180$ cm².

Aplicant la fórmula

$$T = C \frac{W}{S},$$

donada en el n.º 68 de la PRIMERA PART, fent $C = 350$, $W = 3536$ (n.º 58) i $S = 31180$, tindrem per augment de temperatura

$$T = 350 \frac{3536}{31180} = 40^\circ \text{ C aprox.}$$

La fig. 19 representa, un cop llesta, la dinamo multipolar que acabem de calcular.

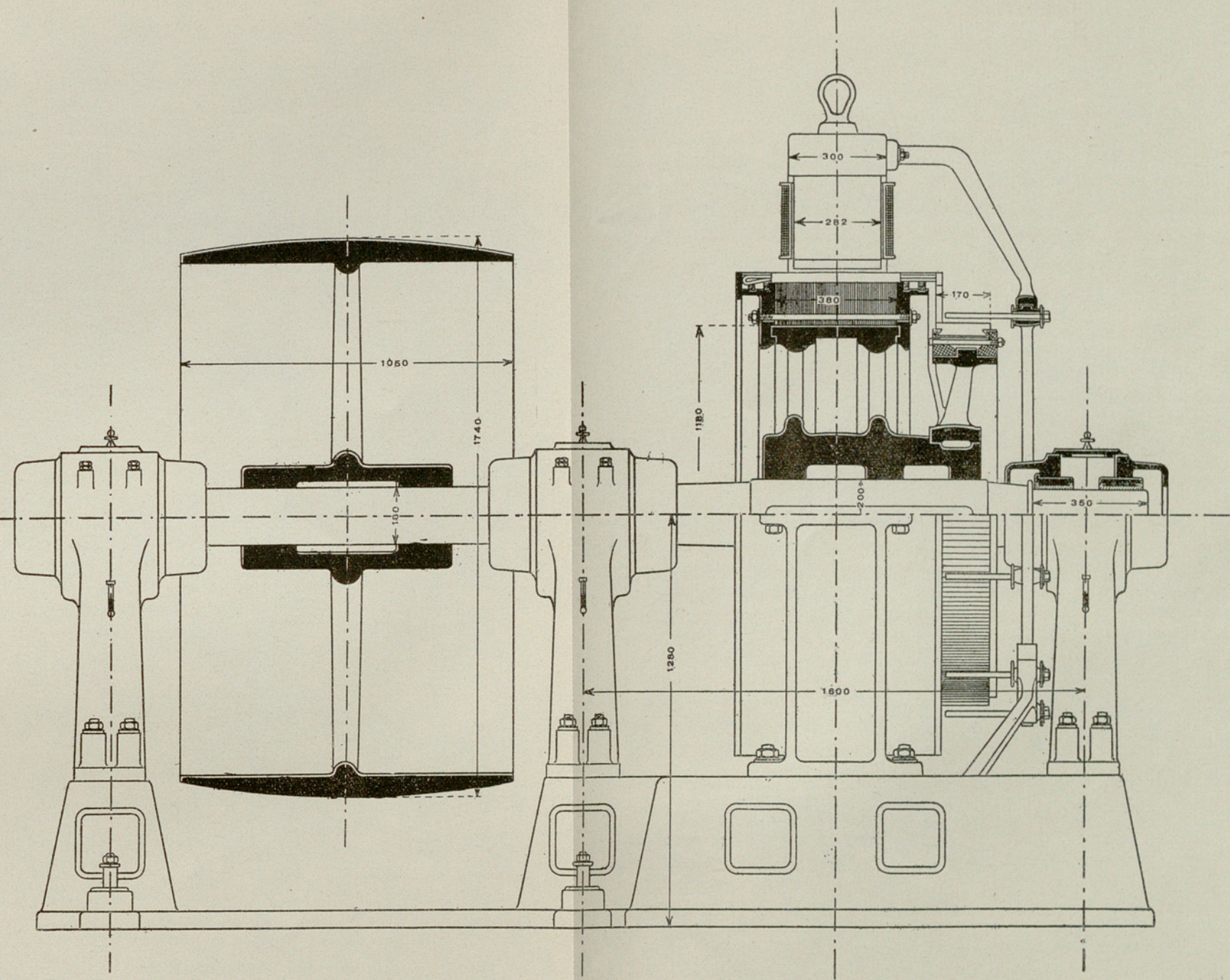
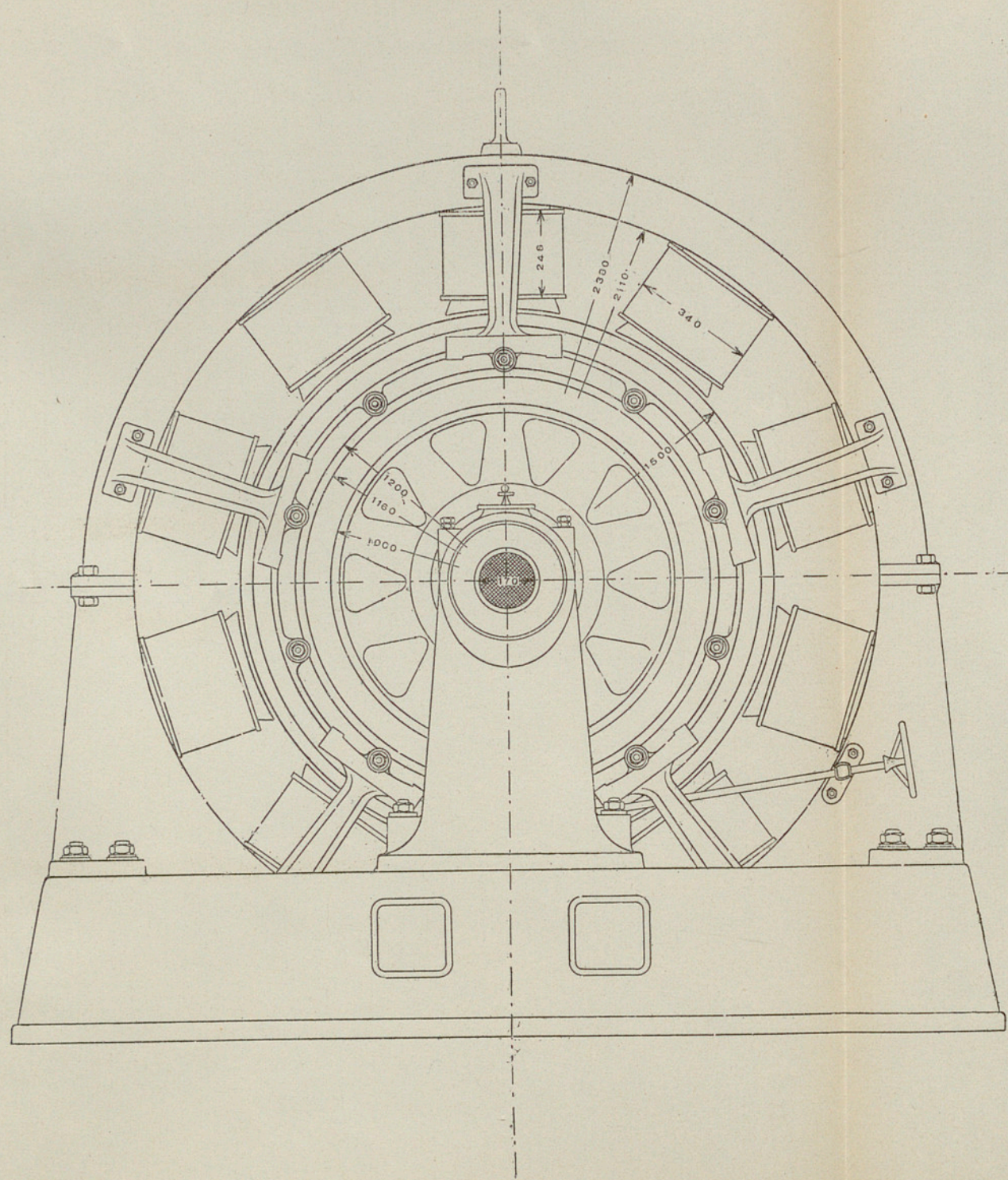

















FIG. 19

TAULA II

VALORS DEL COEFICIENT DE DISPERSIÓ γ SEGONS EL TIPUS I POTÈNCIA DE LES DINAMOS

<i>Kw.</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	<i>Kw.</i>
																
0,1	2,0	1,75	—	1,9	—	1,50	1,50	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1
0,25	1,8	1,60	—	1,75	2,00	1,40	1,40	—	—	—	—	—	—	—	—	0,25
0,5	1,7	1,50	2,00	1,65	1,90	1,35	1,35	1,80	1,90	—	—	—	—	—	—	0,5
1	1,65	1,45	1,90	1,60	1,80	1,30	1,30	1,70	1,75	—	—	—	—	—	—	1
2,5	1,6	1,40	1,80	1,55	1,70	1,28	1,28	1,60	1,65	1,75	1,60	1,50	1,40	1,90	2,00	2,5
5	1,55	1,35	1,75	1,50	1,65	1,25	1,25	1,55	1,60	1,65	1,50	1,40	1,35	1,80	1,90	5
7,5	1,50	1,30	1,70	1,45	1,60	1,22	1,22	1,50	1,55	1,60	1,45	1,35	1,32	1,70	1,80	7,5
10	1,45	1,28	1,65	1,40	1,55	1,20	1,20	1,45	1,50	1,55	1,40	1,32	1,30	1,65	1,70	10
25	1,40	1,25	1,60	1,35	1,50	1,18	1,18	1,40	1,45	1,50	1,35	1,30	1,28	1,60	1,65	25
50	1,35	1,22	1,55	1,32	1,45	1,15	1,15	1,35	1,40	1,45	1,30	1,28	1,25	1,55	1,60	50
100	1,30	1,20	1,50	1,30	1,40	1,12	1,12	1,30	1,35	1,40	1,25	1,25	1,22	1,50	1,55	100
200	1,25	—	—	—	—	—	—	—	—	1,38	1,22	1,22	1,20	1,45	1,50	200
300	1,20	—	—	—	—	—	—	—	—	1,35	1,20	1,20	1,18	1,40	1,45	300
500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,18	1,15	1,35	1,40	500
1000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,16	1,12	1,30	1,35	1000
2000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,15	1,10	1,25	1,30	2000

CÀLCUL I CONSTRUCCIÓ DE DINAMOS

TERCERA PART

PROBLEMES

1. Per què, en general, cal emprar induccions més petites en el ferro induït a l'augmentar la freqüència de la màquina?
2. Per què convé adoptar induccions més baixes en els inductors de ferro fos que en els de ferro forjat, acer fos o de planxa?
3. Quines aventatges i quins inconvenients té l'ús d'entreferro de gran longitud?
4. Quin seria l'augment de temperatura de l'induït de la màquina multipolar calculada en el text si no hi hagués cap espai de ventilació, suposant que totes les altres condicions són iguals?
5. Quin serà el rendiment de la màquina multipolar calculada en el text, quan treballi a $2/4$ i a $5/4$ de càrrega, admetent que sols varia el corrent de l'induït?
6. En la màquina bipolar calculada en el text hem vist que el coeficient de dispersió era de 1,28. Quin és el flux de dispersió?
7. A la màquina multipolar estudiada en el text el fil d'imantació és de 4,9 mm². Quina secció caldria donar-li si les 10 bobines formessin dos circuits de 5 bobines en sèrie, connectats en derivació?
8. Quin és el coeficient de dispersió aproximat d'una dinamo multipolar del tipus de l'estudiat en el text, però de 100 kw?
9. Una dinamo que funciona a circuit obert dona 120 volts a la velocitat de 750 rev. per m. Quina tensió donarà a la velocitat de 1100 revolucions per minut, romanent constants les altres condicions?
10. Calcular la inducció en el peu de les dents de l'induït de la dinamo multipolar estudiada en el text, empleant per les bobines dels inductors el fil rodó de 5,3 mm de diàmetre del qual es parla en el n.º 31.
11. Calcular el corrent d'imantació de la màquina multipolar estudiada en el text quan treballi a mitja càrrega.
12. Calcular les pèrdues en el ferro de l'induït de la màquina multi-

polar estudiada en el text si en lloc de planxes de 0,5 mm de gruix empleéssim primer planxes de 1 mm i segon planxes de 0,3 mm.

13. Suposant que el pes del ferro inductor de la màquina representada en la fig. 49 (PRIMERA PART) és 1. Quin serà el de la màquina de la fig. 50 per efecte de la diferència de construcció del jou? Suposem que les induccions són les mateixes en ambdós casos, així com les altres condicions.

14. A la màquina multipolar estudiada en el text volem posar-hi 4 anells per connexions equipotencials equidistants. Quins seran els segments del commutador amb comunicació en cada anell?

15. Calcular les bobines d'imantació de la màquina multipolar estudiada en el text per excitació en sèrie i per excitació compound.

PROBLEMS

1. Per què es fa servir el ferro inductor en les màquines de corrent altern i l'armadura en les de corrent continu? Per què s'usen en les màquines de corrent continu anells de commutació i no pas anells de contacte com en les de corrent altern?
2. Quins són els factors que influeixen en la selecció del tipus de màquina?
3. Quin seria l'efecte de l'augment de la densitat de flux en el nucli d'una màquina multipolar calculada en el text si no hi hagués cap altre canvi de condició?
4. Quin seria el resultat de la reducció de la densitat de flux en el nucli d'una màquina multipolar calculada en el text si no hi hagués cap altre canvi de condició?
5. En la màquina multipolar calculada en el text hem vist que el coeficient de dispersió és de 1,25. Quin és el flux de dispersió?
6. A la màquina multipolar estudiada en el text el flux de dispersió és de 1,25. Quina seria la càrrega de les bobines d'imantació si el coeficient de dispersió fos de 1,5?
7. Quin és el coeficient de dispersió d'una màquina multipolar amb 4 anells de commutació i 2 bobines d'imantació en sèrie?
8. Les màquines de corrent continu amb anells de contacte són més adequades que les de corrent altern amb anells de commutació per a la producció d'energia elèctrica? Quins canvis hauria de fer-se en la màquina multipolar estudiada en el text per a fer-la més adequada per a la producció d'energia elèctrica?
9. Calcular la inducció en el jou de les màquines de corrent continu multipolar estudiada en el text, suposant que les bobines d'imantació són de 2 mm de gruix i que el flux de dispersió és de 1,25.
10. Calcular el nombre d'anells de la màquina multipolar estudiada en el text quan treballa a 1000 rpm.
11. Calcular les bobines de la màquina multipolar estudiada en el text per excitació en sèrie i per excitació compound.

ERRADES

A la plana	Línia	On diu	Ha de dir
15	9	β	ρ
16	18	9480 cm ²	9550 cm ²
30	6	170 · 8 = 1600	200 · 8 = 1600
30	9	2,7	2,5
32	4	10,6	10,4

INDICE

Capítol	Folios	Columnes	Pàgines
I	1	1	1
II	2	2	2
III	3	3	3
IV	4	4	4
V	5	5	5
VI	6	6	6
VII	7	7	7
VIII	8	8	8
IX	9	9	9
X	10	10	10

RF. 5-33

