



174319

174319

MEMORIA DESCRIPTIVA  
que se acompaña a la solicitud de una  
PATENTE DE INVENCION, por veinte años en España,  
a favor de  
Don Germán ARANA Ormazabal, de nacionalidad española,  
residente en SAN SEBASTIAN.

por:

"PERFECCIONAMIENTOS EN LA CONSTRUCCION DE LOS MOTORES  
DE CORRIENTE ALTERNA DE INDUCCION, TANTO ASINCRONICOS  
COMO SINCRONIZADOS".

=====  
.....

La Patente de Invención que se solicita tiene por  
objeto garantizar la explotación exclusiva, en todo el  
territorio Nacional, de un perfeccionamiento en los moto-  
res eléctricos de corriente alterna de inducción tanto  
asincrónicos como sincronizados, que permite la construc-  
ción de los núcleos de hierro de los rotores en forma ma-  
ciza o con chapas de espesor cualquiera, mayor que los



10

0,5 milímetros de la chpa magnética con que se construyen hasta ahora, sin que sea preciso que la aleación de que están fabricados estos materiales, sean distintos de las de los hierros laminados corrientes y aceros fundidos moldeados normales.

20

Se fundamenta esta nueva modalidad de construcción en los ensayos realizados por el que suscribe que mas adelante se exponen y que sirven de comprobación experimental a la siguiente:

#### TEORIA FUNDAMENTAL

25

Existe entre los constructores de maquinaria eléctrica de todo el mundo una idea generalizada cuyo origen sea quizá el hecho de que los motores trifásicos de inducción se estudiaran y construyeran posteriormente a las máquinas de corriente continua, despues de estudiados y experimentados sobre estas, los efectos de la histéresis y de las corrientes parásitas. Esta idea se refiere precisamente a los efectos que producen la histéresis y las corrientes parásitas sobre el hierro del rotor de los motores de inducción. Hasta ahora se considera que estos fenómenos en el rotor son perjudiciales en la misma forma que lo son en el estator, contribuyendo a su calentamiento y a la disminución del rendimiento del motor, por lo que se construyen los rotores de chapas troqueladas y prensadas de la misma forma que los inducidos de las máquinas de corriente continua. Pero esto no es cierto. La histéresis y las corrientes parásitas inducidas en el hierro del rotor de los motores de inducción, NO CONSTITUYEN PÉRDIDA, por lo cual no es necesario construirlos de chapas aisladas y prensadas, sino que pueden y deben construirse macizos de acero fundido o de hierro laminado, aunque el ciclo de histéresis de estos materiales, sea mas ancho que el del acero al

30

35

40

174319



45

silicio de la chapa magnética corriente, porque su construcción de esta forma, es mucho mas económica con las mismas condiciones de funcionamiento.

Mas adelante, especifico los resultados obtenidos en los ensayos, realizados, que demuestran la hipótesis que antecede. Esta hipótesis tiene la siguiente explicación:

50

C. 1011

En el ensayo normal que se realiza en los motores de inducción actuales con rotor de chapa para determinar las pérdidas en vacío, se mueve el motor trifásico conectado a la red y abierto el circuito de su rotor, mediante un motor-derivación de corriente continua. Se miden entonces los consumos de los dos motores y se tiene lo siguiente: El campo giratorio produce en el estator las pérdidas por histéresis y corrientes parásitas; en el rotor abierto se originan corrientes parásitas en el hierro por el movimiento relativo del campo y estas corrientes actúan de la misma forma que las que se inducen en el devanado del rotor cuando está cerrado, Cuanto mas se acerca la velocidad del rotor a la de sincronismo, menor es la intensidad y por consiguiente menor tambien la influencia de estas corrientes que es nula a la velocidad de sincronismo.

55

60

65

La histéresis actúa asimismo como elemento propulsor. En efecto, en cada instante se forman polos en el hierro del rotor siguiendo su posición relativa con el campo giratorio. El momento de giro determinado por ellos, depende unicamente del magnetismo remanente del material del hierro del rotor y no del número de revoluciones; permanece pues constante hasta la velocidad sincrónica, en la que por no girar el rotor con relación al campo, desaparece el momento de giro. Si se hace girar el rotor por encima del

70



75

80

85

90

95

100

sincronismo, entonces, tiende en cierto modo a frenarse el rotor por causa de la histéresis. En el diagrama de la Fig. 1 (Este diagrama así como todo el ensayo que sigue, está tomado de la obra de Holtz, "Teoría, cálculo y construcción de las máquinas de corriente alterna asincronicas") estan trazadas las líneas de la potencia absorbida por los dos motores en función del número de revoluciones. La línea (b) es la potencia absorbida por el motor trifásico, y la línea (a) es la potencia absorbida por el motor de corriente continua en el ensayo en un motor trifásico de inducción de 3,5 Kilovatios, 220 voltios, 50 periodos, conexión triángulo, 1500 revoluciones por minuto, movido por uno de corriente continua excitado en derivación de 3 kilovatios, y 220 voltios. La potencia se midió en el lado trifásico por el método de los dos vatímetros (teniendo en cuenta el consumo propio de estos) además, se midieron la tensión e intensidad y número de revoluciones del motor, y en el motor de corriente continua la tensión e intensidad del inducido. Las líneas (a y b) representan las potencias absorbidas por ambos motores, despues de descontar de ellas las pérdidas por efecto Joule respectivas. Puede apreciarse claramente que en ambas líneas y en sentido contrario se produce un salto para la velocidad de sincronismo<sup>de</sup> 1500 revoluciones por minuto, salto que equivale al doble de la potencia debida a la histéresis solamente, ya que a la velocidad de sincronismo el efecto de las corrientes parásitas es nulo. En esta potencia de la histéresis está englobada la que se transmite del estator al rotor y la que se pierde en el rotor por calentamiento y que se calcula mediante las conocidas fórmulas;

174319



a/  
Para el núcleo

105

$$W_{ha} = 62hfa \left( \frac{e}{100} \right) \left( \frac{B_a}{1000} \right)^2 V_a$$

Con el siguiente significado de los símbolos:

$W_{ha}$ .- Pérdida por histéresis, en el núcleo del inducido en vatios.

$62h$ .- Coeficiente de histéresis de Richter.

110

$f_a$  .- Factor de corrección que tiene en cuenta la distribución desigual del flujo en el núcleo.

$c$  .- Frecuencia en periodos por segundo.

$B_a$  .- Inducción en el núcleo en Gausios.

$V_a$  .- Volumen del núcleo en decímetros cúbicos.

b/  
Para los dientes

115

$$W_{hz} = 62h K_s \left( \frac{c}{100} \right) \left( \frac{B_z \text{ min}}{1000} \right)^2 V_z$$

Significado

$K_s$ .- Factor de corrección dependiente de la relación  $\frac{Z_2}{Z_1}$  en que  $Z_2$  es el espesor mínimo del diente y  $Z_1$  el espesor máximo.

120

$B_z \text{ min.}$ .- Inducción ideal del diente en su parte mas ancha en Gausios.

$V_z$ .- Volumen total de los dientes en decímetro.

125

Calculada esta pérdida por histéresis, y observando su relación con la transmitida que viene a ser aproximadamente igual a 0,15, se observa que es superior a la que existe entre la pérdida por efecto Joule en el devanado del rotor del motor en funcionamiento normal, y la potencia transmitida por el campo giratorio al devanado del rotor. Teniendo en cuenta la escasa fracción del momento de giro nominal que alcanza el momento de giro de la histéresis, esta dife-

130



135 rencia en sus pérdidas, es despreciable practicamente, aunque se utilice un material con un ciclo de histéresis como los que tienen los aceros fundidos moldeados y los hierros laminados.

140 La línea (c) del diagrama de la Fig. 1, representa el consumo del motor-derivación cuando el motor trifásico está desconectado de la línea. La diferencia entre las líneas (a y c) representan por tanto, la parte de las pérdidas en vacío del motor trifásico que suministra el motor-derivación de corriente continua. Esta potencia sumada a la que absorbe el mismo motor trifásico medida por la línea (b), totalizan las pérdidas en vacío. Se deduce de su examen que cuanto mayor es el deslizamiento, en tanta mayor proporción se cubre  
145 *Cuba* la potencia desarrollada que permanece aproximadamente constante por el mismo motor trifásico, debido a las corrientes parásitas que se inducen en el hierro del rotor, proporcionales al cuadrado del deslizamiento y que realizan el momento de giro junto con la histéresis, disminuyendo en la  
150 misma proporción la potencia exigida al motor-derivación y medida por la diferencia de las líneas (a y c).

155 Estas corrientes parásitas inducidas en el hierro producen tambien su calentamiento por efecto Joule, pero este calentamiento es del mismo orden (para los mismos deslizamientos) que el que se produce en el devanado del rotor, cuando trabaja normalmente.

160 Si el núcleo de hierro del rotor lo construyéramos macizo, de forma que las corrientes parásitas se produzcan libremente, la contribución de estas corrientes al momento de giro nominal del motor producido por las corrientes inducidas en el devanado del rotor, sería mayor, con-



165

tribuyendo a disminuir el deslizamiento y aumentar el rendimiento del motor. Por otra parte esta construcción maciza del rotor, presenta el inconveniente de aumentar las pérdidas adicionales del motor, debidas principalmente a la repartición escalonada de los amperios-vueltas del estator, la cual produce pulsaciones en el campo. Estas pulsaciones son amortiguadas por corrientes parásitas formadas en el hierro y el cobre del rotor y que naturalmente constituyen una pérdida.

170

En los ensayos realizados descritos más adelante, se ha observado, que el rendimiento de un motor con su rotor construido de chapa magnética prensada y el rendimiento del mismo motor, con un rotor macizo de hierro laminado corriente, eran idénticos, abonando este hecho la idea de que el aumento de rendimiento del motor producido por la histéresis y las corrientes parásitas, eran aproximadamente compensado por el aumento de las pérdidas adicionales.

175

180

Como conclusión de todas las consideraciones hasta aquí expuestas, se deduce, que el núcleo de hierro de los rotores de los motores de inducción, no tiene porque construirse semejante a los inducidos de las máquinas de corriente continua, pudiendo construirse enteramente macizo, o de chapas laminadas corrientes del grueso mas adecuado para la construcción mas económica.

185

#### ENSAYOS REALIZADOS

190

La teoria expuesta anteriormente, quedó demostrada en las pruebas realizadas sobre un motor marca LESA trifásico de 1 caballo de potencia, 1500 revoluciones por minuto, 50 periodos, 120/210 voltios, con rotor de jaula de ardilla, construido por LA ELECTRICIDAD S.A. de Sabadell, con varios

174319



años de uso.

La Fig. 2. representa el dibujo de las chapas del motor LESA siendo sus características las siguientes:

E S T A T O R

	Longitud del paquete de chapas.	88 milímetros.
195	Número de ranuras.	24
	Número de conductores en serie en una fase del arrollamiento.	480
	Número de conductores en serie por ranura.	60
200	Sección del conductor de cobre.	0,7 milímetros cuadrados
	Entrehierro	0,5 milímetros

R O T O R

	Número de ranuras	17
	Sección de cada barra de cobre	38,5 milímetros <sup>2</sup>
	Diámetro de las barras.	7 milímetros
205	Sección de los anillos de cortacircuito.	60 milímetros <sup>2</sup>

Se colocó el motor LESA con su rotor original de chapas una polea de 150 milímetros de diámetro, en el eje cargándolo con un freno autoregulator según la Fig. 3, variando los pesos (P<sub>1</sub> y P<sub>2</sub>).

Los aparatos empleados en las mediciones fueron los siguientes:

Un vatímetro de caja de construcción italiana, sin marca, con bobina voltimétrica para 150 y 300 voltios y bobina de intensidad para 10 y 20 amperios, dos escalas de 150 grados cada una, con la equivalencia de 10 vatios cada grado en la escala inferior y 20 vatios en la escala superior. Su

215



contraste ha sido realizado dos meses antes que la fecha de las mediciones.

220

Un aparato de construcción alemana marca Hartman & Braun denominado Multavi II por sus constructores, para medidas de tensión e intensidad que no pueden realizarse simultáneamente. Se utilizó para medir la tensión en la escala de 150 voltios cuya resistencia está marcada en el aparato como de 50.000 ohmios. No fué contrastado.

225

S - Un amperímetro construido por el LABORATORIO ELECTROFISICO de Madrid, de caja, con escala hasta 10 amperios, contrastado con el aparato Multavi hasta los seis amperios.

230

Un frecuencímetro de lenguetas, construido por la casa Metron de Barcelona y contrastado por ella misma tres meses antes de realizadas las mediciones.

La calidad de los aparatos, es la normal en los de medida transportables propios para mediciones de taller.

235

Por tratarse de medidas de comparación entre las realizadas con los rotores macizos y el rotor original del motor, se ha prescindido de tener en cuenta el consumo propio de los aparatos que interviene en la misma proporción en unas y otras medidas, y que además no se puede calcular por carecer de puente medidor de resistencias para medir las de los aparatos que no la tienen indicada.

240

Se obtuvieron los datos de una sola fase del motor, siendo siempre la misma en todas las mediciones con los distintos rotores. La conexión realizada de los aparatos y el motor fué la del esquema de la Fig. 7.

245

Conectado el motor y aparatos a la red eléctrica cuya tensión nominal es de 150 voltios y frecuencia nominal 50 periodos (condiciones que rara vez alcanza) se fueron va-



riando los pesos ( $P_1$  y  $P_2$ ) se realizaron las medidas simultáneas con un observador en cada aparato y que a una señal convenida obtuvieron los siguientes resultados:

250

CON EL ROTOR ORIGINAL DE CHAPAS DE LA FIGURA 4

En vacío

Factor de potencia = 0,16

1/4 de carga

Factor de potencia = 0,3      Rendimiento = 0,399

1/2 de carga

255

Factor de potencia = 0,47      Rendimiento = 0,65

1/1 de carga

Factor de potencia = 0,64      Rendimiento = 0,73

CON EL ROTOR MACIZO DE LA FIGURA 5

En vacío

Factor de potencia = 0,161

1/4 de carga

260

Factor de potencia = 0,29      Rendimiento = 0,396

1/2 de carga

Factor de potencia = 0,4      Rendimiento = 0,643

1/1 de carga

265

Factor de potencia = 0,55      Rendimiento = 0,725

CON EL ROTOR MACIZO DE LA FIGURA 6

En vacío

Factor de potencia = 0,163

1/4 de carga

Factor de potencia = 0,3      Rendimiento = 0,4

1/2 de carga

270

Factor de potencia = 0,48      Rendimiento = 0,649

1/1 de carga

Factor de potencia = 0,641      Rendimiento = 0,731.

174319



275

Los resultados anteriores son los promedios obtenidos según el cálculo usual de probabilidades, de una serie de mediciones obtenidas durante cinco días distintos para cada rotor.

280

Según se deduce de estos resultados con el rotor macizo de la Fig. 5 y debido a la forma de las ranuras fresadas en el rotor, el factor de potencia era mas bajo con carga, que con el rotor original de chapas y que con el rotor macizo de la Fig. 6. que es idéntico al original de chapas (aunque macizo), siendo esto debido a la dispersión de las ranuras del rotor, dada su forma estrecha y alargada. Calculados los correspondientes coeficientes de dispersión hallé los siguientes valores:

285

Ranura del rotor Figura 4.            Coeficiente = 0,99  
Ranura del rotor Figura 5.            Coeficiente = 3,33

290

Esta es la causa de que con el rotor de la Fig. 5, el factor de potencia con carga es más bajo que con los de las Figs, 4 y 6, ya que con la carga aumenta la corriente del rotor, siendo proporcional a esta corriente, la influencia de la dispersión de las ranuras del rotor en el factor de potencia del motor.

295

El rendimiento y el factor de potencia del motor con los rotores 4 y 6 son practicamente iguales, con lo que queda demostrado que el rotor de los motores de inducción puede ser macizo sin que varien apreciablemente sus condiciones y características.

300

La Fig. 1, es el gráfico que representa las líneas del consumo de los motores para el ensayo de las pérdidas en vacío, tomado de la obra de Holtz "Teoría, cálculo y construcción de los motores asincrónicos".



305

La Fig. 2, representa el dibujo de las chapas del motor LESA del ensayo.

La Fig. 3, representa el freno autoregulador empleado en los ensayos.

La Fig. 4, representa el rotor original de chapas del motor LESA.

310

La Fig. 5., representa el rotor macizo con ranuras estrechas.

La Fig. 6, representa el rotor macizo con ranuras circulares idéntico de forma al de la Figura, 4. aunque macizo.

315

La Fig. 7, representa el esquema de conexiones del motor LESA y los aparatos de medida, en los ensayos.

La forma, materiales, dimensiones etc, serán variables y en general cuanto sea accesorio y secundario, siempre que no altere, cambie o modifique la esencialidad del invento que se describe.

320

Los términos en que queda redactada esta Memoria, debe tomarse con caracter amplio y nunca en forma limitativa, reservándose el peticionario el derecho que el vigente Estatuto de la Propiedad Industrial, le concede, de obtener los oportunos Certificados de adición, por las mejoras y perfeccionamientos que la práctica de su invención, le vaya aconsejando.

325

N O T A

La PATENTE DE INVENCION que se solicita recaerá sobre



las particularidades características de las siguientes reivindicaciones:

330

1<sup>a</sup>.- Perfeccionamientos en la construcción de motores de corriente alterna de inducción, tanto asincrónicos como sincronizados, caracterizados por carecer de arrollamiento en el rotor, estando este rotor constituido por un cilindro de aleación metálica sin ranuras, de buena conductibilidad eléctrica y alta permeabilidad magnética, en cuya masa se inducen las corrientes parásitas necesarias para producir el par electrodinámico necesario para el trabajo del motor.

335

340

2<sup>a</sup>.- Perfeccionamientos en la construcción de motores según reivindicación anterior caracterizados por la especial disposición de un núcleo macizo de aleación férrea del rotor que permite la libre circulación de las corrientes de Foucault cuyo efecto dinámico viene a sumarse al par motor producido por el devanado normal del rotor.

345

3<sup>a</sup>.- Perfeccionamientos en la construcción de motores, según las reivindicaciones anteriores, caracterizados porque el rotor macizo puede estar dividido en varias secciones de dimensión variable en sentido axial para los mismos efectos relativos a las indicadas corrientes con lo cual el par motor queda además incrementado por el efecto propulsor de la histéresis del material férreo.

350

355

4<sup>a</sup>.- Perfeccionamientos en la construcción de motores, conforme a las anteriores reivindicaciones, caracterizados por la adopción en estos núcleos de rotor de aleaciones férreas de ancho ciclo de histéresis al objeto de utilizar el momento propulsor producido por ésta, lo que permite un aumento en la misma proporción del ren-



dimiento del motor.

360

5ª.- "PERFECCIONAMIENTOS EN LA CONSTRUCCION DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA DE INDUCCION, TANTO ASINCRONICOS COMO SINCRONIZADOS".

Todo según queda expuesto en la precedente Memoria que consta de catorce hojas foliadas y mecanografiadas por una sola cara y dibujos que se acompañan.

Madrid 24 de julio de 1946  
Por autorización del interesado

174319

German Grana Ormazabal

Foja n°1 (3 Hojas)

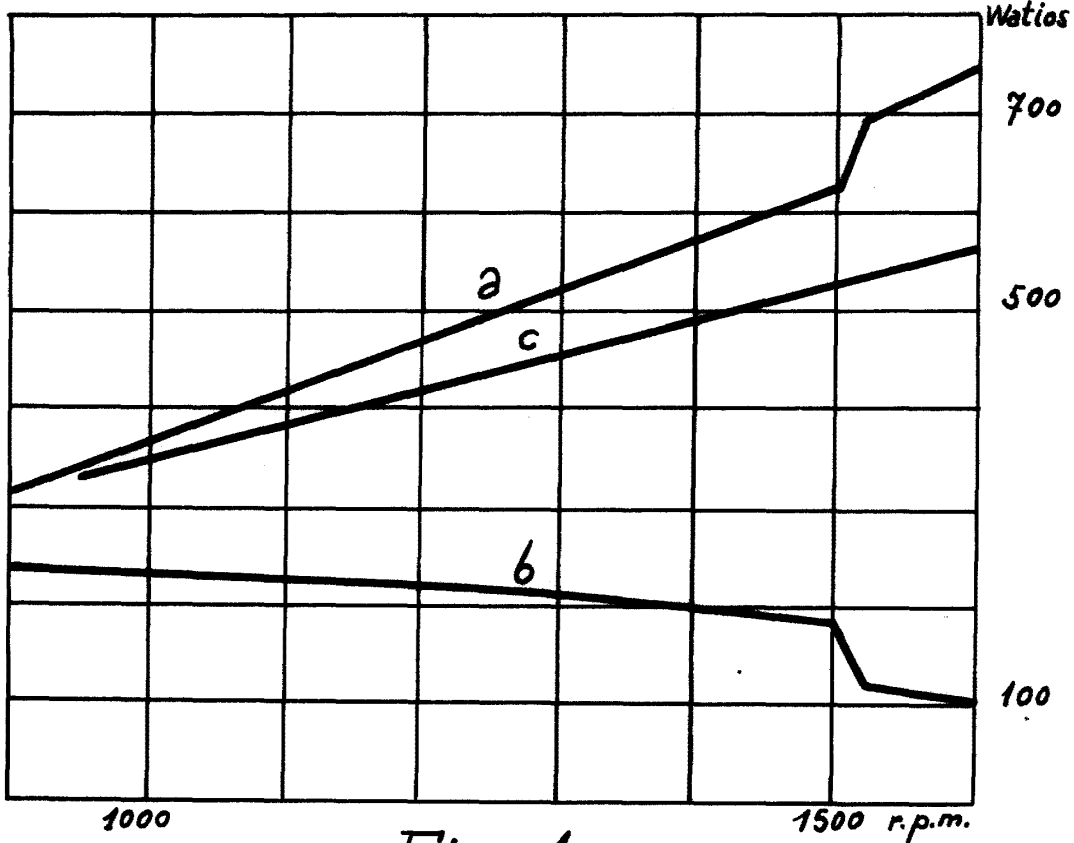


Fig. 1

174319

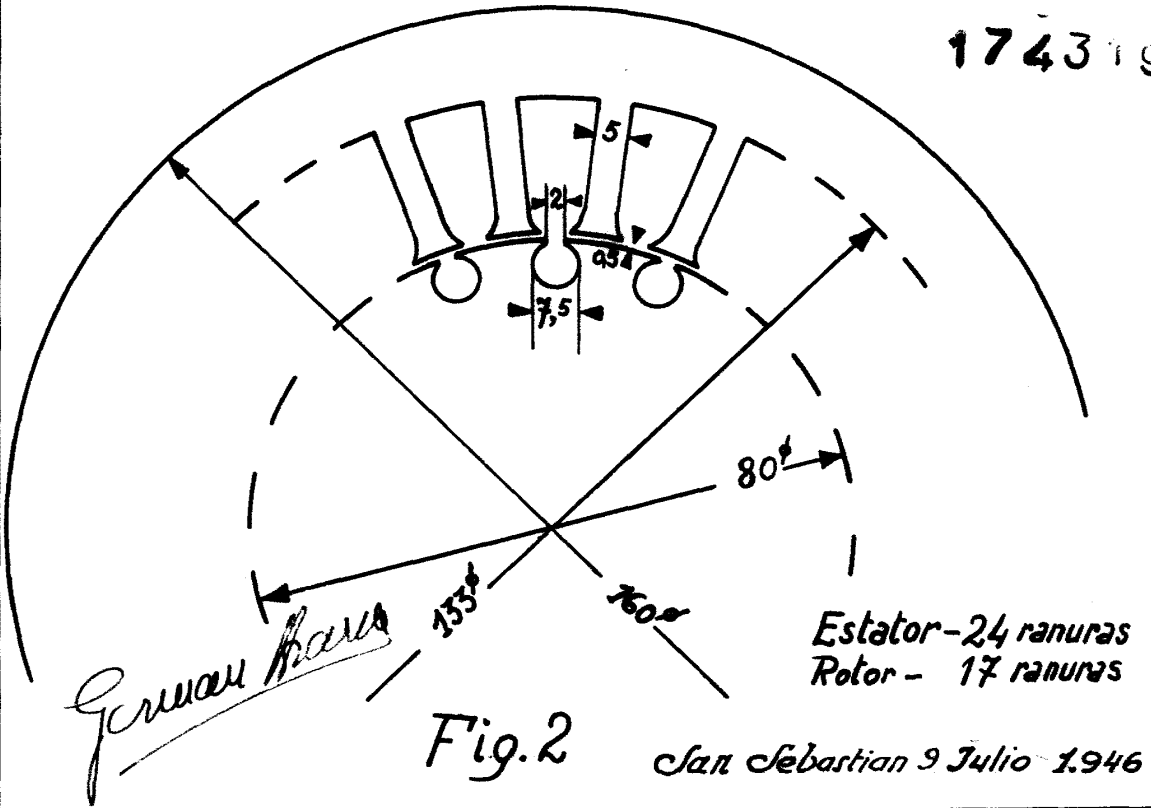
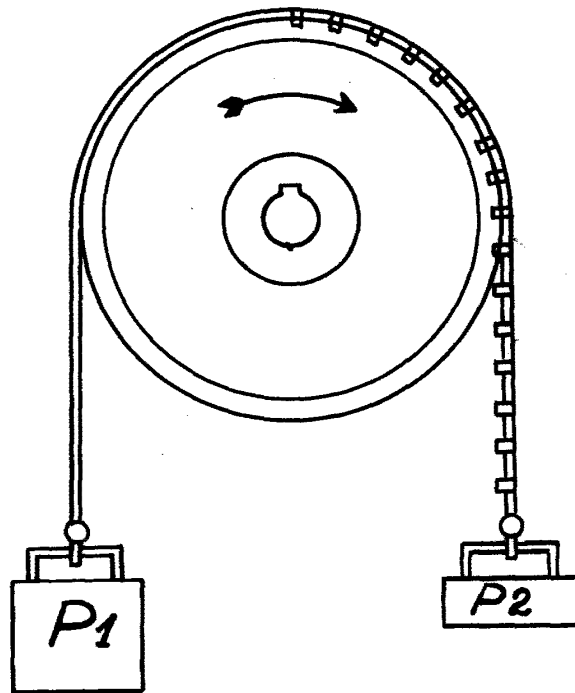


Fig. 2

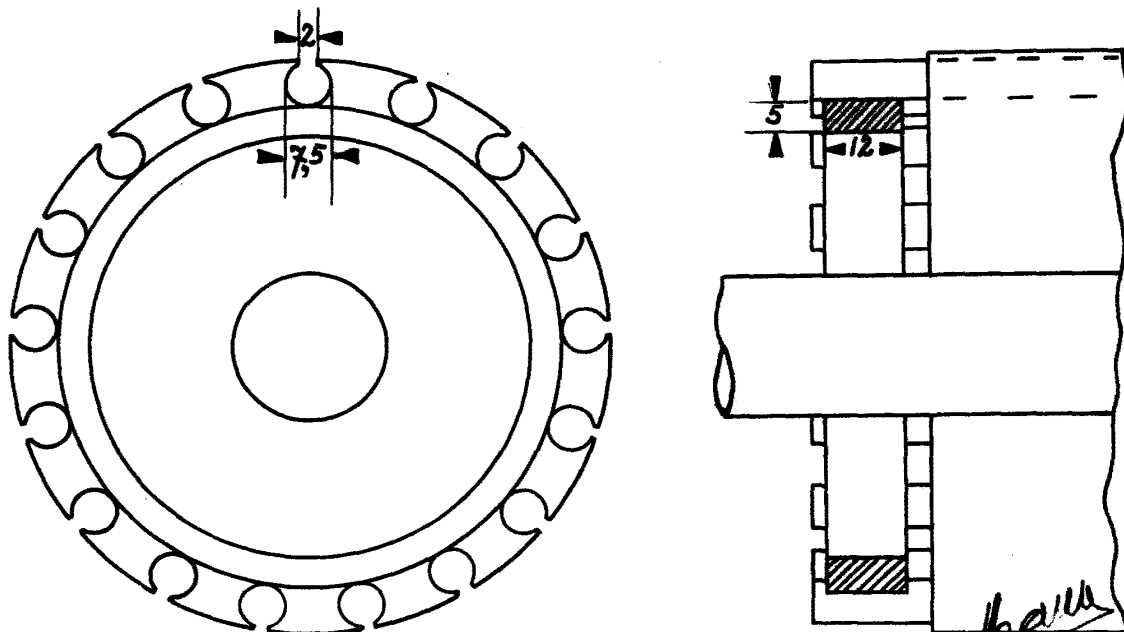
San Sebastian 9 Julio 1946

174319



174319

Fig. 3



SAN SEBASTIAN

9 DE JULIO DE 1946

Fig. 4

*German Arana*

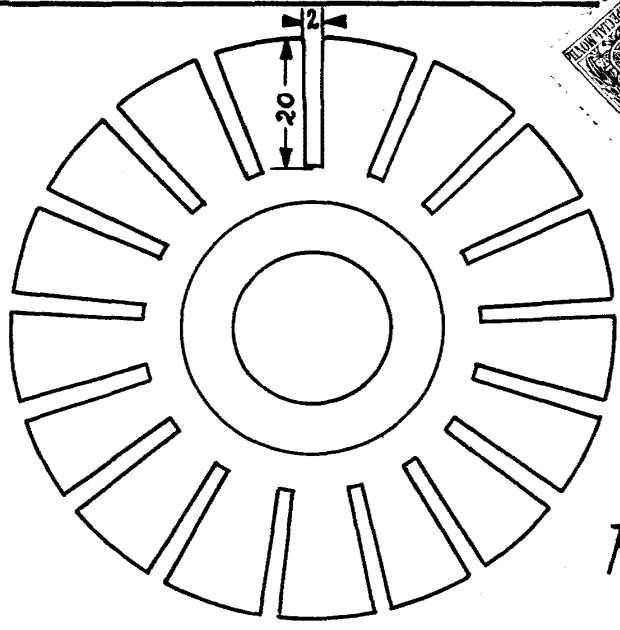


Fig. 5

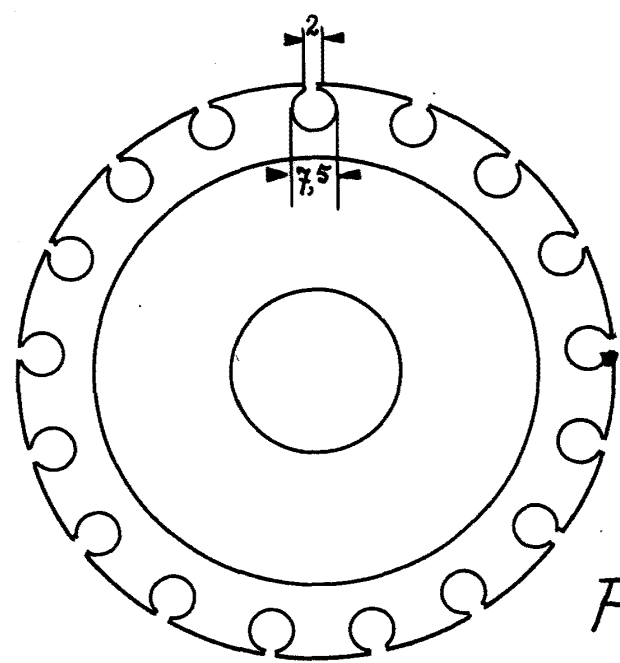
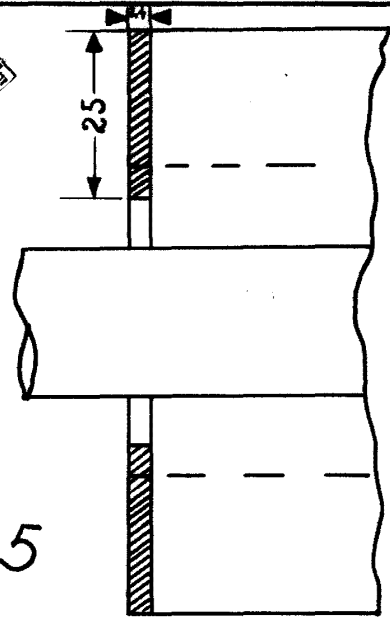
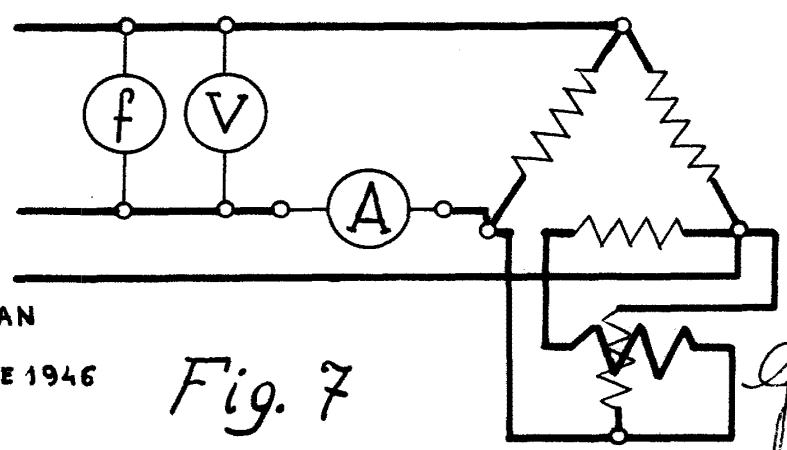
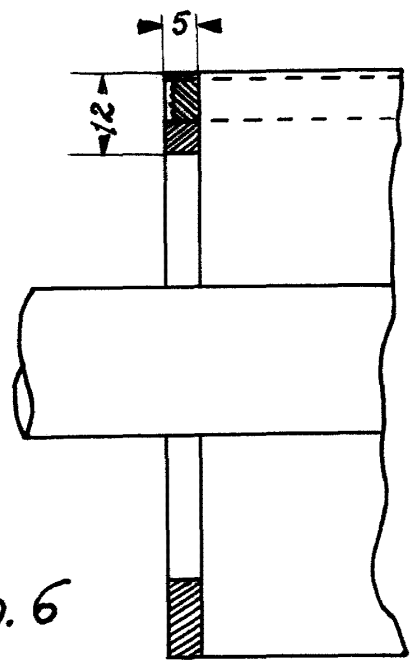


Fig. 6



SAN SEBASTIAN  
9 DE JULIO DE 1946

Fig. 7

*German Arana*