





10 radores eléctricos con campo magnético permanente de modo que puede suprimirse la tensión eléctrica de excitación.

Conforme con esta invención se emplean estos aceros para imanes permanentes para la construcción de la parte inductora (rotor) de los motores de campo giratorio con arranque 15 asincrónico y marcha sincrónica, a fin de compensar así por lo menos parcialmente, la corriente de imantación del motor de campo giratorio. Un motor de esta clase debe efectuar el arranque en las condiciones de servicio. Entonces el campo giratorio procedente del arrollamiento del estator gira por 20 debajo de la velocidad sincrónica, es decir, partiendo del estado de reposo, y durante todo el periodo de aceleración alrededor del rotor de imán permanente, imántándolo alternativamente en ambos sentidos. Con ello se destruye el magnetismo remanente inicial que pudiera quedar.

25 En la figura 1, se representa un motor de esta clase en el cual el rotor está construido de acero de imán con elevada remanencia y notable fuerza coercitiva. El rotor está construido en forma de tambor cilíndrico sencillo en cuya periferia se forman los polos magnéticos. La figura 2 representa una serie de características magnéticas de este rotor. Como 30 que, de una manera general, en el arranque, se consigue en el campo magnético principal primeramente una intensidad de campo mediana y solo después, durante la marcha en pleno, una intensidad elevada, se sobrepasan constantemente estas 35 características de dentro hacia fuera.

Completado el arranque, el motor alcanza al número de revoluciones sincrónico ya que los polos del rotor presentan, a consecuencia de sus propiedades de imán permanente, una tendencia a fijarse en su lugar y a no desplazarse con re-



40 lación al rotor. Si la intensidad de campo en el entrehierro  
o su fuerza electromotriz al terminar el arranque, ha aumen-  
tado hasta el valor  $-E-$  el motor trabaja con sus polos magné-  
ticos en el punto  $-P-$ . El motor necesita en este caso una  
corriente de imantación  $-i''$  que debe ser suministrada desde  
45 de la red por el estator. Apesar de emplear un buen acero pa-  
ra imanes la corriente de imantación queda por tanto compen-  
sada solo parcialmente. Sin embargo, si la tensión de traba-  
jo del motor se reduce hasta el valor  $-E'-$  que corresponde  
al paso de la rama descendente de la característica magnética  
50 desde  $-P-$  hasta el valor cero de la corriente, a consecuencia  
de la acción del acero para imanes permanentes en el rotor,  
se mantiene un campo de remanencia que induce la tensión  $-E''-$ .  
El motor puede por tanto trabajar a esta tensión con corrien-  
te de imantación compensada y no requiere ninguna alimentación  
55 ulterior de la misma desde la red. Si esta tensión continua  
disminuyéndose hasta por ejemplo, el valor  $-E'''-$  el motor su-  
ministra incluso a la red corriente de imantación de intensi-  
dad  $-i'''$  y con ello puede compensar por ejemplo, la acción de  
sus propios campos de dispersión magnética. Sin embargo, si se  
60 desea que el motor trabaje constantemente con la tensión  $-E-$   
se le imantará después de completado el arranque primeramente  
con una tensión considerablemente elevada  $-E_0-$  de modo que al  
volver el valor de trabajo  $-E-$  no necesita ya imantación al-  
guna externa.

65 Desde este punto de vista se deduce que para el fun-  
cionamiento de un motor de campo giratorio compensado por ima-  
nes permanentes es preciso imantarlo primeramente en exceso  
en proporción tal que su campo a la tensión de trabajo desea-  
da puede disminuir hasta el valor de remanencia o a su proxi-



70 midad. Esta imantación en exceso puede conseguirse fácilmente al final del periodo de arranque por tomas en el arrollamiento del motor o del transformador que debe alimentarse, por medio de una conexión en estrella triángulo o combinaciones de conexión análogas. Un cierto exceso de  
75 imantación se produce también si el motor efectúa el arranque en vacío y se le carga luego ya que en la marcha en vacío actúa toda la tensión de la red formadora del campo en el rotor mientras que al aumentar la carga las caídas de tensión se restan de la tensión de corriente por dispersión  
80 y resistencia de modo que disminuye la intensidad de campo del entrehierro.

Si a consecuencia de sacudidas mecánicas durante su marcha, el motor perdiera parte de su intensidad de campo remanente es suficiente excitarlo de nuevo durante corto  
85 tiempo a su elevada intensidad de campo dejándolo disminuir luego a la remanencia.

Para el arranque de estos motores con acero de imán permanente en el rotor pueden disponerse en ellos los usuales arrollamientos de colector o de corto circuito. También  
90 pueden proveerse de un arrollamiento que produzca por medio de corrientes errantes o por desplazamiento de corriente mejores condiciones de arranque. Como que por regla general se emplea un rotor magnético cilíndrico o hueco cilíndrico es suficiente a veces disponer en este tambor macizo  
95 un delgado revestimiento de cobre que en la marcha sincrónica sirve al mismo tiempo de amortiguador de oscilaciones eventuales.

La conveniencia de que el acero del rotor presente



100 elevada fuerza coercitiva y regular remanencia o elevada  
remanencia y regular fuerza coercitiva o elevada remanen-  
cia y elevada fuerza coercitiva depende por una parte de la  
relación entre el entrehierro y la división polar del rotor  
ya que de ello depende la acción de desimantación sobre  
105 el acero de imán permanente y por otra parte las condicio-  
nes de precio de este material, de modo que para motores  
de mayor o menor potencia, mayor o menor número de revo-  
luciones, además de elegir sus diferentes relaciones en-  
tre entrehierro y división polar debe elegirse siempre  
110 el material técnicamente mas apropiado y económicamente  
mas conveniente. Si el entrehierro del motor es relativa-  
mente grande y la división polar relativamente pequeña  
es necesario una elevada fuerza coercitiva del acero de  
imán para mantener todavía una suficiente inducción en el  
115 entrehierro. Se elegirá por tanto en este caso un acero  
con elevada fuerza coercitiva y remanencia correspondien-  
temente menor. El material por lo que a su fuerza coerci-  
tiva y a su remanencia se refiere puede elegirse de acuer-  
do con los siguientes puntos de vista. Si llamamos  $\tau$  la  
120 división polar del motor y  $\mathcal{L}$  al entrehierro entre  
estator y rotor incluyendo la resistencia magnética de  
los dientes y de la culata de cierre se obtiene la ley  
fundamental magnética para una división polar del motor  
que se representa en la figura 3 como integral lineal de  
125 las fuerzas magnéticas.

$$2 B \mathcal{L} = \frac{2}{\pi} \tau H$$

En ella el lado izquierdo depende de la inducción  $-B-$  del



130 entrehierro que se supone se forma sinuosamente en la periferia y el lado derecho es producido por la intensidad de campo motor -H- que se supone también distribuida sinuosamente en el rotor de modo que unicamente llega a actuar su valor medio correspondiente al factor  $\frac{2}{\pi}$ . Por consiguiente -B- y -H- representan las máximas inducción del entrehierro e intensidad de campo del acero magnético correspondientes que se presentan en el rotor. En otra representación en el espacio, del rotor de imán permanente el factor numérico varía un poco. Para cada inducción de entrehierro deseado de la ecuación (1) se deduce la intensidad de campo necesaria.

140 
$$H = \pi \frac{l}{c} B \quad (2)$$

En la figura 4 se han representado las líneas características de imantación para tres diferentes aceros de imán, el acero -I- posee una remanencia de de 10000 Gauss y una fuerza coercitiva de 60 Oerstedt, el acero -II- presenta una remanencia de 8000 Gauss y una fuerza coercitiva de 190 Oerstedt y el acero -III- una remanencia de 6000 Gauss y una fuerza coercitiva de 450 Oerstedt. Si se quiere construir un motor con el gran entrehierro de 1,5 mm. y una separación polar de 10 cm. la relación entre -H- y -B- será según la ecuación (2).

150 
$$H = \pi \frac{0,15}{10} B = 0,047B \quad (3)$$

Este se representa por la curva -A- de trazos en la figura 4. Puede observarse que para ello se empleará de preferencia el acero -III- que permite conseguir una inducción de entrehierro de 4200. Si el motor tiene unicamente un entrehierro de 0,3 mm. para una división polar de 10 cm. se



obtiene.

$$H = \mu \frac{0,03}{10} B = 0,0094 B \quad (4)$$

160

Se obtiene así la curva de trazos -B-. En este caso se consigue la inducción máxima de 6100 en el motor empleando el a cero -II- mientras que los demás aceros darían una inducción de entrehierro menor. Finalmente si el motor con un entrehierro de 0,3 mm. presenta una división polar de 45 cm. tendremos.

165

$$H = \mu \frac{0,03}{45} B = 0,0021 B \quad (5)$$

170

y la línea de trazos -C- demuestra que el mejor resultado se obtiene con el acero -I- que permite alcanzar una inducción de entrehierro de 8300 Gauss. Como que los materiales con elevada fuerza coercitiva son generalmente mas caros que los de elevada remanencia es conveniente construir estos motores con el menor entrehierro posible entre estator y rotor y esto es a su vez posible por cuanto en general se emplea una superficie de rotor pulida y maciza que puede conseguirse fácilmente que gire sin oscilaciones y bien centrada.

175

El fundamento de esta elección puede representarse por medio de fórmulas. Si designamos por -R- la remanencia y por -K- la fuerza coercitiva la característica del material de imán permanente resulta según la ecuación (4).

180

$$B = R \left(1 - \frac{H}{K}\right) \quad (6)$$

185

En este caso el signo igual serviría para una característica descendente en línea recta, sin embargo por regla general la característica se curva hacia arriba. Aplicando a esta fórmula la intensidad de campo -H- encontrada para el motor según la ecuación (2) se obtiene



$$B = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{\mu}{K} \frac{L}{\tau}} = \frac{R}{1 + \mu \frac{L}{\tau} \frac{R}{K}} \quad (7)$$

190 De ello se deduce que para obtener una elevada inducción de entrehierro -B- en el motor es necesario que con una remanencia lo mas elevada posible el segundo miembro del denominador de la ecuación (7) sea lo mas pequeño posible. Por regla general se obtendrá un buen rendimiento del acero para imanes si se consigue

$$\mu \frac{L}{\tau} \times \frac{R}{K} \leq 1 \quad (8)$$

195 Cuando el cuerpo magnético no es perfectamente cilíndrico en lugar del factor  $\mu$  debe emplearse otro diferente. Sin embargo este producto consta siempre de dos factores entrehierro equivalente con relación a la longitud magnética equivalente y remanencia en relación con la fuerza coercitiva.

200 Si se eligen las relaciones según la ecuación (8) o bien eligiendo un material magnético conveniente o disponiendo un pequeño entrehierro o construyendo el motor con mayor división polar la remanencia que se presenta en el motor será siempre mayor que la mitad de la remanencia magnética del material para imán permanente.

205 Como que todos estos materiales poseen una superficie de histeresis relativamente grande el par de giro por histeresis en estos motores es considerable favoreciendo y acelerando notablemente el arranque y haciendo que en marcha plena los polos queden retenidos en la posición obtenida. Para favorecer esta retención puede ser conveniente proveer  
210 al rotor de imán permanente de piezas polares salientes ya que así el par de reacción se suma a estas fuerzas de retención producidas por la diferencia de conductibilidad magnética de las piezas polares y de los espacios interpolares.

Como es natural estos motores pueden proveerse de



215 todas las disposiciones útiles de arranque y de trabajo usuales para los motores de campo giratorio sincrónicos y asincrónicos corrientes. Por ejemplo, pueden utilizarse como monofásicos produciendo por medio de conexiones accesorias un campo magnético polifásico.

N O T A

220 Se reivindica como objeto de esta patente:

225 1) Motor de campo giratorio con arranque asincrónico y marcha sincrónica caracterizado porque su corriente de imantación se compensa por lo menos parcialmente por una pieza inductora (rotor) construida de acero para imán permanente.

2) Procedimiento para aumentar la acción compensadora del rotor de acero de imán según la reivindicación 1, caracterizado porque el rotor antes de alcanzar el funcionamiento normal queda imantado en exceso.

230 3) Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque el arrollamiento del campo giratorio del motor después de conseguido el número de revoluciones sincrónico es conmutado de una tensión elevada de arrollamiento a una tensión menor (por ejemplo por medio de tomas en el motor, en el transformador o conmutando el arrollamiento).

240 4) Procedimiento según las reivindicaciones 2 y 3, caracterizado porque el rotor queda imantado en tanto exceso que al disminuir la tensión de arrollamiento, el arrollamiento del motor puede suministrar corriente de imantación.

5) Disposición según la reivindicación 1, carac-



terizada porque el rotor está provisto de elementos o medios para mejorar el arranque asincrónico.

245 6) Disposición según la reivindicación 5, caracterizada porque el rotor presenta un arrollamiento de arranque que aumenta el par de giro de arranque por medio de corrientes errantes o de desplazamiento de corrientes.

250 7) Disposición según la reivindicación 5, caracterizada porque el rotor construido por lo demás sin arrollamiento presenta un revestimiento de cobre en la superficie.

255 8) Disposición según la reivindicación 1, caracterizada porque el rotor presenta la forma de un tambor cilíndrico macizo o hueco.

9) Disposición según la reivindicación 1, caracterizada porque el rotor está provisto de piezas polares salientes para obtener un energético par sincrónico.

260 10) Disposición según la reivindicación 1, caracterizada porque el rotor está constituido por una pieza maciza de acero para imanes.

11) Disposición según la reivindicación 1, caracterizada porque el rotor está constituido de chapas de acero para imanes permanentes.

265 12) Disposición según la reivindicación 1, caracterizada porque la relación entre la fuerza coercitiva y la remanencia del acero para imanes está elegida en forma tal que para características de construcción del motor determinadas (especialmente entrehierro y división polar)  
270 suministra una elevada inducción de entrehierro.



13) Disposición según la reivindicación 12, caracterizada porque el entrehierro , la división polar , la remanencia -R- y la fuerza coercitiva -K- están calculados según la fórmula

275

$$\eta \frac{L}{\tau} \times \frac{R}{K} \leq 1 \quad (8)$$

14) Motor de campo giratorio con arranque asincrónico y marcha sincrónica.

Barcelona 18 mayo 1935.

P. A.

*Miguel Ángel López*



Fig. 1

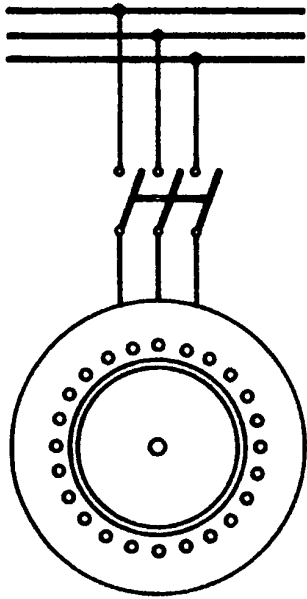


Fig. 2

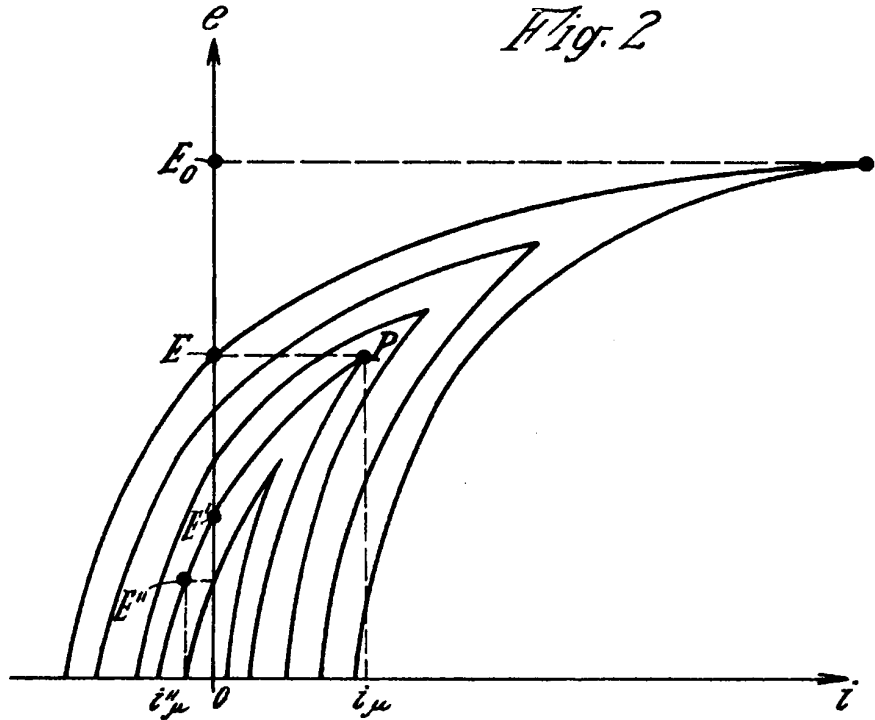


Fig. 3

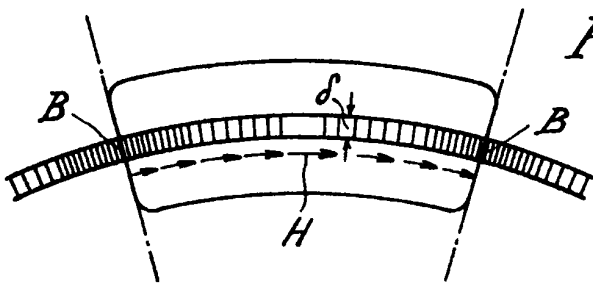
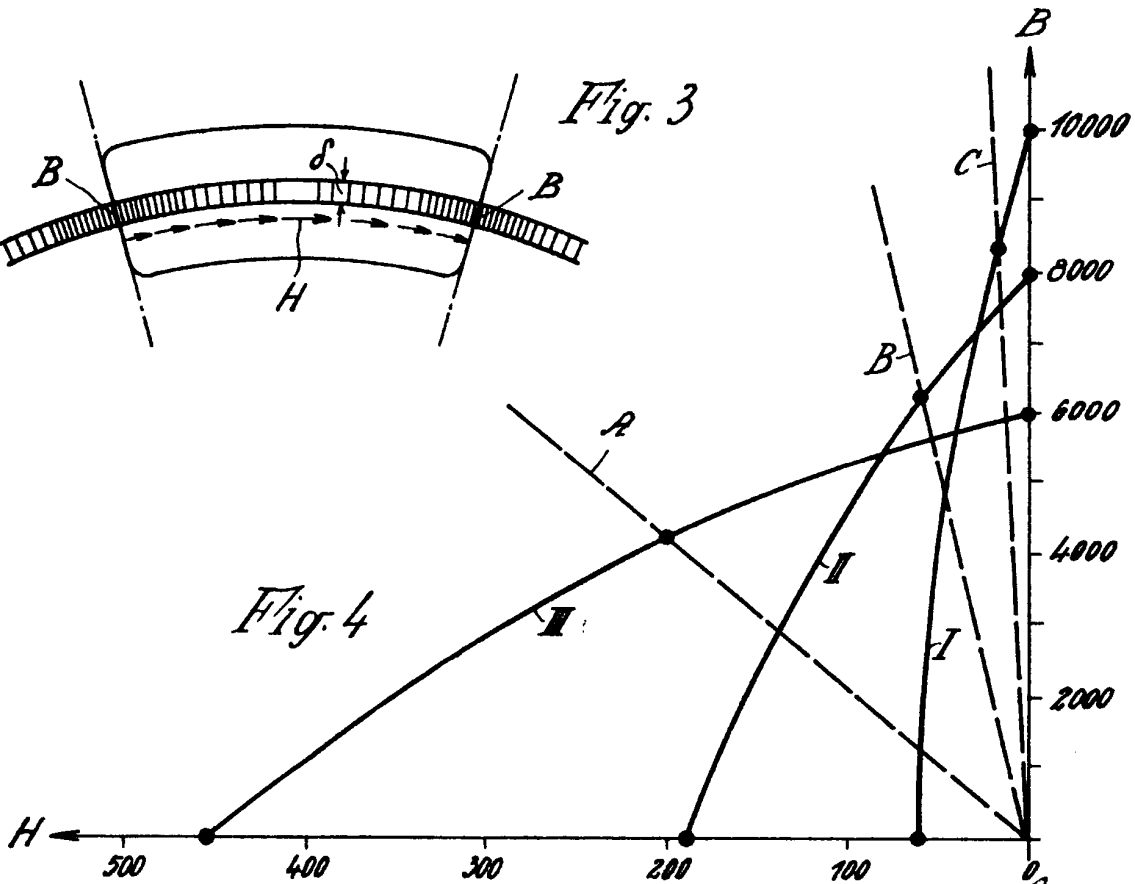


Fig. 4



*Handwritten signature or note at the bottom right of the page.*