



3 0 1 0 8 6

MEMORIA DESCRIPTIVA

Correspondiente a la solicitud de registro de una Patente de Invención que, por veinte años se solicita para España, a favor de la entidad GENERAL ELECTRIC COMPANY, de nacionalidad jurídica norteamericana, residente en SCHENECTADY N.Y. (Estados Unidos),-----

p o r

" SISTEMA DE CONTROL PARA MOTOR ELECTRICO SINCRONICO "

La invención que aquí se describe se refiere a máquinas dinamoeléctricas, y en particular a un sistema para controlar el arranque, la sincronización y la realización de variaciones en el campo de un motor sin escobillas sincrónico durante los distintos estados de su funcionamiento.

5

El empleo de rectificadores de silicio sobre el rotor con objeto de substituir a la corriente alterna de excitación por corriente continua utilizable para la excitación de campo en las máquinas sincrónicas, constituye un importante progreso en

301086



10 lo relativo al control de los motores y generadores eléctricos, y
la experiencia de los usuarios de máquinas de este tipo prueba
su gran éxito. La mayor ventaja reside en la supresión de escobillas,
anillos de deslizamiento y conmutadores, y de la conservación
de ordinario unida a tales componentes que intervienen en el paso
15 de la corriente. También se ha eliminado la necesidad de recubrir
el arco, que tales elementos producía, en un recinto separado a
prueba de gases, cuando la máquina trabajaba en una atmósfera peli-
grosa.

20 Pero este relativamente nuevo tipo de máquina sincrónica sin
escobillas presenta problemas relacionados con la absorción de la
energía nacida en el enrollamiento de campo de los grandes motores
durante el arranque, con la obtención de la sincronidad en los mo-
mentos mejores de deslizamiento y de ángulo de fase, y con la eli-
minación del campo cuando se pierde el sincronismo debido a la re-
25 ducción de velocidad del rotor.

Durante el arranque y en algunos otros momentos del funciona-
miento, se crean en el enrollamiento de campo voltajes inducidos
de magnitudes variables. Cuando esas corrientes inducidas y la usual
corriente continua fluyen en sentido correcto, dos de los seis rec-
30 tificadores de excitación empleados en un excitador de tres fases
deben conducir corriente, lo que exige que estén elegidos con ta-
maño suficiente para dar paso a la total intensidad de la corriente.
Cuando las corrientes inducidas fluyen en sentido opuesto y son de
mayor amplitud que la corriente de excitación, los rectificadores
35 cierran el paso de la corriente y el campo resulta en efectivo cir-
cuito abierto. En estas circunstancias, el voltaje inducido puede
exceder la altura de voltaje inverso de los rectificadores, con la
posibilidad de destruir sus propiedades de rectificación. Para aco-
modar todo esto, se utiliza un equipo apropiado conectando en pare-
40 lelo con el enrollamiento de campo resistencias lineales o nó, para
conseguir un camino a la corriente inducida del campo. Sin embargo



301086

los inconvenientes de este arreglo son que las resistencias lineales consumen una apreciable cantidad de energía y además exigen un amplio excitador y alta capacidad de corriente rectificadora. Las resistencias no-lineales no tienen tanta pérdida de energía de excitación, pero suelen ser muy voluminosas para ser montadas en el árbol del rotor.

Aunque los conocidos sistemas de excitación proporcionan desde luego un manantial de energía y la regulación de ésta, no actúan con el grado de velocidad y de precisión que se consideran necesarios para el eficiente funcionamiento del motor. El preciso control sobre la inserción de la resistencia de descarga en el circuito de campo, la conmutación de entrada en el campo al sincronizar cuando el motor arranca y la conmutación de separación cuando ocurre una pérdida de sincronía, tampoco se realizan con la velocidad considerada indispensable. La razón de ello es que el actual equipo de control usado para esos menesteres es de un tipo operado mecánicamente y no es lo suficientemente sensible para detectar ya sea las adversas circunstancias que existen, como el momento de iniciar la energización de los circuitos para dominar tales condiciones.

El primer objetivo de esta invención es por lo tanto el proporcionar un sistema mejorado de excitación para un motor sin escobillas sincrónico en el cual el voltaje de excitación es apartado del campo del motor hasta que se ha obtenido en éste la deseada velocidad.

Otro objetivo de la invención es la provisión de un circuito conmutado para conectar una resistencia en paralelo con el enrollamiento de campo siempre que el voltaje inducido del campo suba hasta un predeterminado valor por encima del voltaje normal.

Otro objetivo de la invención es la provisión de un circuito eficaz en controlar la aplicación de la excitación al campo del motor con los adecuados deslizamiento y ángulo de fase.



301086

75 Aún otro objetivo de la invención es el realizar la separación de la energía de excitación en el enrollamiento de campo cuando el motor comienza a perder sincronismo.

80 En la realización del invento utilizamos componentes sólidos electrónicos de rápida acción para controlar la inserción de una resistencia de descarga en circuito con el enrollamiento de campo del motor para conseguir la sincronización y para retirarla del campo cuando las circunstancias hacen que el motor comience a perder sincronismo. El circuito está previsto para retener la aplicación del voltaje de excitación en el enrollamiento de campo hasta que la frecuencia del voltaje inducido desciende a un predeterminado valor, en cuyo tiempo el voltaje de excitación es aplicado con las mejores frecuencia de deslizamiento y ángulo de fase. Casi simultáneamente, la resistencia de descarga es separada del circuito. Si durante el funcionamiento el motor se adelanta en velocidad, un circuito moderador decrece la frecuencia del excitador y actúa para derivar energía de excitación del enrollamiento de campo. Los componentes entonces detectan y miden el voltaje inducido del campo del motor y repetidamente actúan para resincronizar durante cada ciclo del voltaje.

95 Aunque las reivindicaciones finales detallan particularmente cada una de las materias de la invención, en esta Memoria se desarrolla una descripción completada con un dibujo, que permitirá el que la invención sea por completo comprendida. En el adjunto dibujo:

100 La figura 1 es un diagrama que muestra el conjunto de los componentes que controlan un motor sincrónico eléctrico sin escobillas. En el diagrama: (A) es el campo del motor, (B) es el conmutador de campo, (C) es el manantial de corriente rectificada, (D) es el circuito de sincronización, (E) es la resistencia de descarga del campo del motor, (F) es el circuito de control de la resistencia de descarga, y (H) es el circuito de separación del campo;



301086

105 La figura 2 muestra esquemáticamente los detallados circuitos de cada uno de los grupos componentes de la figura 1, y que son necesarios al controlar el funcionamiento de una máquina sin crónica eléctrica; y

110 La figura 3 representa la curva del voltaje inducido durante el arranque y muestra cómo el campo de excitación se aplica en el óptimo momento, así como el ángulo de fase.

115 Refiriéndonos ahora a estas figuras, donde iguales signos muestran en las varias vistas iguales partes, en la figura 1, según se ha dicho, se ven en agrupación convencional los elementos que el sistema utiliza para controlar un motor sincrónico sin escobillas. Generalmente el circuitado comporta un manantial de corriente continua (C) obtenida por rectificación de una toma en un excitador de corriente alterna. Dicha energía en corriente continua se aplica selectivamente al campo del motor sincrónico a través del conmutador (B) que controla el campo rectificad-

120 do.

En una realización práctica, la armadura del excitador y los enrollamientos del campo del motor se hallan montados en un mismo árbol, además de todos los componentes del circuito de control que se indican en las figuras 1 y 2. El conmutador de campo actúa reteniendo la aplicación de la excitación de corriente continua al campo del motor hasta justamente antes del instante en que debe ocurrir la sincronización y el adecuado punto en tiempo se alcanza en un ciclo del voltaje inducido que aparece en los

125 terminales de salida del campo del motor.

130

Para evitar excesivos voltajes en el enrollamiento de campo del motor y para obtener un aumento en el par de arranque, hay conectada una resistencia de descarga de campo en paralelo con los terminales del enrollamiento de campo y con ella se emplea



301086

135 un circuito de control para insertar selectivamente la resistencia en el circuito del campo según la magnitud del voltaje inducido en el enrollamiento de campo.

140 Con referencia a dicha figura 1, para aplicar la excitación de corriente continua (C) al campo (A) del motor en los adecuados deslizamiento y ángulo de fase se utiliza un circuito sincronizado (D) que sirve para efectuar esa función.

145 Por bajo de las condiciones de trabajo, como es una excesiva carga o pérdida de energía en el sistema primario, que requieren la supresión de excitación de corriente continua en el campo, se emplea un circuito (H) supresor de campo, para detectar cuando el motor gira fuera de acorde o de sincronización, y el circuito está calculado para iniciar la acción precisa para derivar energía de excitación en el enrollamiento de campo.

150 La disposición física del excitador y del motor sincrónico es igual a la de los precedentes motores sincrónicos sin escobillas construídas con los núcleos magnéticos rotativos del excitador y del montados en un mismo árbol, y preferiblemente bajo la misma carcasa o envolvente (no representada). Además, todos los componentes de control esquematizados en las figuras 1 y 2, así mismo
155 van montados en un mismo árbol. El sistema de control que aquí se describe está previsto para efectuar el arranque, las exigencias de sincronización y de variaciones en el campo, en un motor sincrónico, y técnicamente lleva a cabo las siguientes funciones:

160 1.- Conecta una resistencia de descarga en paralelo con el campo del motor durante la aceleración para evitar altos voltajes inducidos en el campo y para aumentar el par de arranque.

2.- Aplica excitación de corriente continua al campo del motor en los óptimos deslizamiento y ángulo de fase.

165 3.- Abre el circuito de la resistencia de descarga para evitar una continua pérdida de energía de excitación.



301086

170

- 4.- Protege el campo del motor contra decaimientos producidos por fallos en la línea durante el normal funcionamiento.
- 5.- Elimina la excitación del campo y reconecta la resistencia de descarga de campo cuando el motor pierde sincronismo.
- 6.- Resisincroniza si hay condiciones que permitan al motor acelerar hasta la velocidad de sincronización.

175

180

185

190

Con referencia ahora a la figura 2, el enrollamiento -10- de excitación es energizado con voltaje de corriente continua y durante el arranque y el funcionamiento subsiguiente, el secundario -12- produce voltaje de corriente alterna trifásica en sus terminales. Este voltaje es rectificado mediante los rectificadores -14- y es hecho utilizable para ser aplicado en el enrollamiento de campo -16- del motor sincrónico. La energía es suministrada al enrollamiento de la armadura del motor, no representada, a través de los contactores -18-, para crear un campo rotativo en el estátor. La acción conjunta del campo rotativo del estátor y los conductores del rotor durante los instantes en que el motor acelera induce en el enrollamiento -16- de campo del rotor un voltaje que puede alcanzar suficiente magnitud para causar daños en el aislamiento si dicho voltaje no está controlado. Según es ordinario, se protege el aislamiento conectando una resistencia -20- en paralelo con los terminales del enrollamiento de campo para absorber potencia generada, con lo que se limita el voltaje del campo a un valor de seguridad.

195

La energía de excitación para el enrollamiento de campo -16- se halla controlada con un conmutador -22- formado con un rectificador controlado -24- de silicio y un transformador -26- de pulsación. Durante la aceleración del rotor, el rectificador controlado -24- retiene el voltaje rectificado excitador del enrollamiento -16- de campo, durante el tiempo en que produce la sincronización. Como luego se detallará más, mientras se producen determinadas con-

301086¹⁶



200

diciones requeridas para la sincronización, el transformador -26- es accionado y proporciona suficiente corriente de entrada al rectificador controlado -24- para que éste resulte en estado de conducción y ello permita el paso de corriente de excitación a través de él hacia el enrollamiento de campo -16-.

205

Para proteger el aislamiento del enrollamiento de campo cuando los contactores -18- se hallan cerrados y gira el árbol, hay conectados en el circuito de la resistencia de campo un rectificador controlado -30- de silicio, un diodo zener -32- y un diodo -34-. Los terminales del enrollamiento -16- tienen alternativa-

210

mente polaridad positiva y negativa. Por consiguiente, el camino para el paso de corriente inducida cuando el terminal inferior es positivo se hace a través de la resistencia -20-, el diodo -34- y el enrollamiento de campo -16-. Pero cuando el terminal superior es el positivo y el inducido voltaje del campo por cualquier razón alcanza una predeterminada magnitud, establecida por la tasa

215

del diodo zener-32-, el rectificador controlado -30- se hace conductor por la aplicación en su puerta del voltaje inducido del campo a través del diodo zener -32-. Esta acción conecta la resistencia -20- en circuito con el enrollamiento de campo -16- para absorber la energía generada en éste durante el período de acele-

220

ración. Según la rapidez con que el rectificador controlado es hecho conductor, puede ser mantenido un afinado control sobre la elevación de permisible voltaje, lo que asegura la salvaguardia del aislamiento, al propio tiempo que se consigue un adicional beneficio con el aumento del par de arranque.

225

Es bien sabido que el par de máxima sincronización se consigue aplicando al campo motor una excitación de corriente continua con los óptimos deslizamiento y ángulo de rotor. Como los componentes del circuito elegido actúan rápidamente, la aplicación de la excitación de corriente continua se realiza con la mayor pre-

230

cision. Como primer paso para determinar el instante exacto en



301086.6

que la excitación debe ser aplicada al campo, los semiciclos
positivos del voltaje del campo inducido son recortados y re-
gulados. Las resistencias -36-, -38- y diodo zener -28- reali-
zan esa función cortando el voltaje inducido (V_f) como se mues-
tra en las líneas de puntos en la figura 3. Esta curva enseña
235 que la magnitud del voltaje inducido permanece aproximadamente
igual y que su frecuencia decrece a medida que el rotor va acer-
cándose a una sincronizada velocidad. La curva muestra el ángu-
lo y el instante en el último ciclo de deslizamiento, cuando al
240 rectificador controlado se ha hecho conductor y la excitación
es aplicada al campo. La disminución de la frecuencia alarga
cada ciclo lo que proporciona más largo período de tiempo para
la aplicación de la corriente continua al campo con un ángulo
que es más adecuado para la sincronización. El instante más ven-
245 tajoso para la aplicación del campo ocurre cuando la corriente
inducida pasa por cero con positivo deslizamiento y para conse-
guir un óptimo par.

La disposición de los componentes para conseguir este resul-
tado comprende un condensador -42- que es alternativamente car-
gado y descargado en cada ciclo del voltaje inducido. Un diodo
250 -44- de cuatro láminas conectado con el condensador está selec-
cionado para resultar conductor cuando el nivel de voltaje en el
condensador alcanza un cierto valor. Durante el arranque, cuando
la frecuencia inducida es elevada, el tiempo necesario en la car-
ga del condensador -42- resulta insuficiente para que éste alcan-
ce la energía con el alto voltaje necesario para encender el dio-
do -44-. En otras palabras, el condensador -42- no alcanza el
255 voltaje de conexión del diodo -44- antes que se invierta el vol-
taje inducido. Esto indica que la frecuencia de deslizamiento
es demasiado grande para permitir la sincronización y entonces
260 el condensador se descarga a través del diodo -40- durante el
medio ciclo negativo. El condensador por lo tanto se emplea para



301086

determinar cuando la frecuencia de deslizamiento tiene el valor
correcto para efectuar durante cada ciclo el encendido del diodo
265 -44-. Pero a medida que el tiempo de carga crece a causa de la
reducción de la frecuencia de deslizamiento, el condensador car-
gado con el voltaje de conexión del diodo -44- y a través de éste
se descarga en el condensador -46-. El diodo se enciende en el
punto -47- indicado en la figura 3. El período de tiempo que que-
270 da para iniciar la operación o disparo de los restantes componen-
tes para conseguir la aplicación de la excitación con corriente
continua en el campo, es entre el punto -47- de la curva y donde
el voltaje inducido pasa por cero.

El condensador -46- se halla ahora preparado para descargar
275 a través del transistor unijunción -48- en el transformador -56-
de pulsación, el cual pone al rectificador -24- en estado de conduc-
ción para permitir el flujo de corriente de excitación hacia el en-
rollamiento de campo del motor. Sin embargo, el transistor unijun-
ción -48- no conduce inmediatamente porque su voltaje de inter-
280 base es mantenido lo suficientemente alto para evitar la conducción,
aun cuando a través del condensador -46- está ahora aplicando vol-
taje a su emisor. El voltaje de interbase para el transistor uni-
junción -48- es suministrado por las resistencias -50- y -52- y el
diodo zener -54-. El transistor -48- es disparado en situación de
285 conducir reduciendo su voltaje interbase. Esto se realiza en el
deseado ángulo de fase del rotor actuando sobre el diodo de cua-
tro láminas -99- que alcanza un voltaje de conmutación cuando
el voltaje de campo se hace ligeramente negativo. Cuando el diodo
-99- conduce, las bases del transistor -48- se hallan momentánea-
290 mente conectadas a través del campo del motor y causan la caída
del voltaje interbase. Ello permite al transistor -48- pasar
la carga del condensador -46- al primario del transformador -56-
de pulsación. Su pulsación energiza el transformador secundario -26-
lo que poniendo en conducción el rectificador controlado -24- per-

301086



295 mite que el voltaje de excitación sea aplicado al campo motor -16-.
Con esta disposición se aplica excitación con el preseleccionado
deslizamiento en el medio ciclo positivo de la corriente de campo
(I_f) y con el correcto ángulo, las cuales juntas representan las
óptimas condiciones para conseguir la sincronización.

300 Bajo algunas condiciones del arranque, donde la carga es muy
elevada, el rotor puede acelerar tan rápidamente que el ángulo ópti-
mo no puede ocurrir con el preseccionado deslizamiento, y el motor
entra en marcha con un par resistente. Para arreglar esta situación
y asegurar la obtención del sincronismo en condiciones de carga li-
305 gera, se emplea un circuito que comprende una resistencia -58-
y un condensador -60-. El condensador es cargado a 20 voltios por
el mismo voltaje excitador suministrador que mantiene el voltaje
constante en el transistor -48-, y está previsto un diodo -62- de
cuatro láminas para llevar la carga del condensador -60- al trans-
310 formador -56- de pulsación cuando el condensador -60- está cargado
con suficiente alto nivel. La energización del transformador -56-
da lugar a que el rectificador controlado -24- aplique excitación
al enrollamiento de campo -16-.

Quando las arriba citadas condiciones de sincronización óptimas,
315 tiempo y ángulo de fase, son alcanzadas para conseguir la sincroni-
zación y se aplica voltaje de excitación al enrollamiento -16- del
campo del motor, el rectificador controlado -30- se halla en estado
de no conducción porque el voltaje de campo es ligeramente negativo
en ese instante. Durante la normal marcha del motor, la resisten-
320 cia -20- puede quedar en circuito con la acción opositora del diodo
zener -32- y del rectificador controlado -30- de silicio, todas
las veces que irregularidades de la línea se reflejen en el enro-
llamiento de campo y causen excesos transitorios de elevado vol-
taje en el campo. Para separar el rectificador controlado -30-
325 y con ello aislar la resistencia -20- del circuito del enrollamien-
to -16-, el rectificador controlado es momentáneamente separado me-



301086

diante un circuito que comprende el condensador -72-, el induc-
tor -100- y el rectificador controlado -70-. El condensador -64-
resulta cargado con el voltaje de la resistencia -20-. Cuando el
voltaje del condensador -64- alcanza el voltaje de conmutación
330 del diodo -56- de cuatro láminas se enciende este último y condu-
ce la carga del condensador al primario del transformador de pul-
sación -68-. El secundario del transformador -69- provee suficien-
te corriente de puerta para poner en conducción el rectificador
controlado -70- de silicio. El condensador -72- inicialmente es
335 cargado con voltaje de excitación puesto que su terminal positi-
vo está conectado con el conductor positivo excitador y su terminal
negativo está conectado a una fase de excitación a través de la re-
sistencia -74- y del diodo -76-. Con el rectificador controlado
-70- ahora en estado conductivo, el condensador -72- permite el flu-
340 jo de corriente continua del excitador a través de él hacia el en-
rollamiento -16-. Al estar el rectificador controlado -70- y el
condensador -72- conectados en paralelo con el rectificador contro-
lado -24-, este último quedará fuera ya que resulta inversamente
polarizado respecto a la del condensador -72-. Al descargar el
345 condensador -72-, la corriente de excitación decae rápidamente
y la inductancia en el excitador hace que el voltaje de excitación
suba a un valor excesivo, posiblemente por encima del que tiene
el campo del conmutador -22-. Para prevenir esto, el rectificador
controlado -70- tiene la función adicional de proporcionar un ca-
350 mino para la corriente excitadora a través de la resistencia -74-
y el diodo -76-.

Al cargar con polaridad invertida el condensador -72-, el voltaje
de campo va hacia cero y se invierte. El voltaje en el rectifi-
cador controlado -30- es invertido y por tanto éste resulta no
355 conductor y queda separado. El rectificador controlado -70- queda
separado cuando el voltaje de excitación se invierte. Entonces el
rectificador controlado -24- vuelve a ser conductivo por la acción



301086

360 previamente descrita de los condensadores -42- y -46- y tiene una pulsación suministrada a través del transistor unijunción -48- al transformador -56- el cual pone en conducción al rectificador controlado -24-.

365 Para asegurar que el condensador -46- sea cargado al nivel necesario para conseguir que el transformador -56- haga conductor al rectificador controlado -24-, se utiliza un alternativo medio de carga en el condensador -46- hasta un correcto nivel. El circuito comprende el condensador -78-, la resistencia -80- y el diodo zener -82-. El condensador es mantenido cargado a través de la resistencia -80- con el nivel de voltaje existente en el diodo zener -82-. El condensador -78- está conectado con el rectificador controlado -84-, y el secundario -85- del transformador -68- proporciona al rectificador controlado -84- la necesaria corriente de puerta para situarlo en estado de conducción, cuando el transformador primario -68- es impulsado por descarga del condensador -64-, el secundario -85- pone en conducción al rectificador controlado -84- y esto habilita un camino unidireccional para la corriente que fluye del condensador -78- al condensador -46-.

370 Si este último no está cargado a suficiente alto nivel para encender el transistor -48-, el condensador descargará en él a través del rectificador -84- para elevar su nivel de voltaje al valor deseado. Esta disposición del circuito asegura al rectificador controlado -24- su estado de conducción para recrear la excitación en el enrollamiento -16- aunque no exista suficiente voltaje en la resistencia -20- para activar los circuitos e incluir en conducción el rectificador -24-, y después el rectificador -30- es llevado a su condición de bloqueo con objeto de aislar la resistencia de descarga de campo -20- del voltaje de excitación.

385 Después que el motor ha arrancado y la resistencia -20- ha sido separada del circuito, puede ser necesario cambiar la corriente de campo del motor a determinadas condiciones de trabajo. Si el motor pierda sincronismo y disminuye de velocidad como resultado de una sobrecarga o de otras circunstancias, la excitación de corriente continua debe ser eliminada del enrollamiento -16-

390



301086

del campo motor. Cuando aparece la reducción de velocidad y la frecuencia de deslizamiento aumenta, si la intensidad de la corriente del campo inducido es menor que la de la corriente de excitación, o si el motor pierde voltaje en el estátor de modo que no hay corriente de campo inducido, no deberá retirarse la excitación. Pero cuando la corriente del campo inducido en el motor es mayor, se ha previsto la posibilidad de quitarla del campo, y ello se verifica volviendo a colocar el rectificador controlado -24- en la situación de bloqueo. La resistencia -86- y el diodo zener -88- recortan las porciones positivas del voltaje de excitación de los 125 a los 30 voltios, y el condensador -90- es cargado con dicho regulado voltaje a través de la resistencia -101- durante cada ciclo. Un transistor unijunción -92- y un rectificador controlado -93- van conectados en el circuito de descarga del condensador de modo que cuando éste se halla en estado de conducción y deja pasar corriente de puerta al rectificador controlado -94-, el condensador -46- puede descargar a través del rectificador controlado -94- para energizar al transformador de pulsación -96-.

Si el tiempo de carga del condensador -90- es demasiado corto, el transistor -92- no se encenderá, lo que indica que la frecuencia de excitación es alta y que el motor no se halla fuera de sincronismo. Al ser el condensador -90- cargado y recargado durante cada ciclo de excitación su camino de descarga es a través del diodo -98- cuando el tiempo es demasiado corto. Cuando el condensador -90- no carga hasta los 15 voltios necesarios para encender el transistor -92-, significa que ambos el excitador de frecuencia y la velocidad son bajos y que el motor se halla fuera de sincronismo. El transistor -92- por tanto conduce la carga desde el condensador -90- hasta la puerta del rectificador controlado -94- poniendo a éste en conducción y procurando un camino para la transmisión de la carga desde el condensador -46- hasta el enrollamiento primario del transformador -96-. Cuando esto ocurre, dos pasos de rea-

301086⁶



lizan: a) el rectificador controlado -70- es hecho conductor por la pulsación a través del secundario -97- del transformador -96- y el rectificador controlado -24- se hace no conductor y bloqueador mediante la acción del condensador conmutador -72- antes citado, lo que impide la continuada aplicación del voltaje de excitación al campo, de la manera también previamente citada, y b) dicho circuito impide al rectificador -24- que se vuelva y se reaplique al campo porque el condensador -46- se descarga a través del rectificador controlado -94- y el transformador -96-, en lugar de a través del transistor -48- y al transformador -56-. Cuando el rectificador controlado -70- se enciende, un camino es establecido para que la excitación en corriente continua circule a través del condensador -72- hacia el enrollamiento de campo ϕ -16-. Cuando el voltaje de excitación sigue a través del medio ciclo negativo, el rectificador controlado -70- pasa al estado de no conducción.

La función del rectificador -93- es el evitar que el circuito de remoción del campo actúe durante el normal proceso de la sincronización. Cuando el motor es puesto en marcha, el rectificador -93- se halla en estado no conductor, impidiendo que la carga del condensador -90- inicie el proceso de remoción, sea cual sea la velocidad. Pero después que el motor se ha sincronizado, el asentado voltaje que aparece a través del diodo zener -88- es aplicado al condensador -104- a través de la resistencia -103-. Algún tiempo es preciso para levantar el suficiente voltaje en el condensador y hacer conductores el diodo -102- de cuatro láminas y el rectificador -93-. Tal tiempo de aplazamiento sirve para tener la seguridad de que el dispositivo de remoción del campo no será accionado inadvertidamente durante el período crítico de sincronización. El rectificador -93- es mantenido en estado de conducción por filtrado de corriente a través del transistor -92-.

Debe observarse que cuando la energía de excitación es retirada del enrollamiento de campo por el rectificador -24-, la resistencia de campo -20- automáticamente se reinserta en serie con el enrolla-

301086



miento de campo para absorber la potencia engendrada en los voltajes inducidos. Este funcionamiento del circuito aísla efectivamente el dispositivo excitador del campo del motor y éste se halla en condiciones de actuar como un motor de inducción hasta que se creen más favorables condiciones que permitan la sincronización. La acción conmutativa descrita es sumamente rápida, puesto que requiere menos de un milisegundo para su operación.

Cuando la sobrecarga ú otras circunstancias que hacen que el motor vaya retardando y salga de su régimen han sido superadas o han desaparecido, la velocidad del motor aumenta y es posible su sincronización. En estas condiciones y visto que la magnitud y frecuencia de los voltajes inducidos en el enrollamiento del campo son apropiadas para sincronizar, la sincronización se consigue repitiendo los iniciales pasos de cargar el condensador -42- y descargar el condensador -46- a través del transistor unijunción -48- y el transformador -46- para poner en conducción el rectificador controlado -24- y aplicar excitación en el enrollamiento -16-.

Aunque se ha descrito en esta Memoria una determinada disposición de circuito para las explicaciones de la invención, es evidente que para los técnicos especialistas en estas materias, caben otras modificaciones o variaciones utilizando la técnica actual. Se han citado específicos valores de voltaje para algunos componentes, pero es claro que pueden utilizarse otros parámetros al ser diferentes los tamaños de otras máquinas. A base de los principios de funcionamiento aquí establecidos, es aparente que la substitución de un tipo de componente por otro con la adición o la supresión de partes según sea necesario para conseguir un correcto funcionamiento del motor, puede realizarse sin salir del espíritu y fundamentos de la invención. Por ejemplo, otros componentes no-mecánicos, tipos de conmutadores, así como dispositivos sólidos incluyendo transistores, diodos de cinco láminas etc., pueden subs-



301086

tituir los rectificadores controlados utilizados ahora en la descripción, particularmente los rectificadores -24- y -30-. Relativamente sencillos cambios en los circuitos utilizando un transistor con
490 contínuo suministro de voltaje, pueden fácil y prontamente ocurrirsele a un técnico de esta profesión. Asimismo el empleo de dispositivos conocidos como inductores y diodos para hacer conductivos los diodos de cinco láminas levantando el voltaje del cátodo al ánodo, cae dentro del dominio de esta exposición.

495 Los principios expuestos son igualmente aplicables a una máquina de fase sencilla en lugar de la polifásica que se ha utilizado. Pequeños cambios en los circuitos serían necesarios, y debe notarse que en el caso de la máquina de fase sencilla sería innecesaria la resistencia de descarga de campo, ya que el voltaje de campo pasa
500 por cero dos veces en ciclo del excitador de frecuencia, lo que proporciona varias oportunidades para poner fuera de circuito el rectificador controlado -30-.

Aunque se ha hecho referencia a un excitador montado en el árbol, puede emplearse otro manantial de energía, como grupos de motor-generador, rectificadores estáticos de energía, transformadores, y dispositivos por el estilo. Por consiguiente debe entenderse que, dentro del propósito de las adjuntas reivindicaciones, el invento puede realizarse de otra manera de como ha sido descrito.
505

NOTA

510 EN RESUMEN: La presente patente de invención que, por veinte años se solicita para España, deberá recaer sobre las siguientes reivindicaciones:

1.- Sistema de control para motor eléctrico sincrónico caracterizado por comprender en combinación un estátor y un rotor con correspondientes enrollamientos internos; un manantial de energía unidireccional para proporcionar la excitación del enrollamiento de campo; un conmutador no-mecánico actuable eléctricamente para interconexión de dicho manantial de energía con el enrollamiento de campo, y medios que incluyen carga resistiva y un conmutador selec-
515



301026

520

tivo para conectar la carga con el enrollamiento de campo y absorber energía producida dentro de este durante el funcionamiento sincrónico.

525

2º.- Sistema de control para motor eléctrico sincrónico, de acuerdo con la reivindicación anterior, caracterizado por contener un circuito de sincronización conectado con dicho conmutador de campo y dicho enrollamiento de campo que comprende medios actuantes sobre el voltaje inducido o la corriente en el enrollamiento de campo, y elementos conductores de interconexión de dichos medios actuantes con dicho conmutador de campo para enviar una señal controlada por dicho voltaje inducido o dicha corriente destinada a regular la aplicación de la excitación en el enrollamiento de campo.

530

535

3º.- Sistema de control para motor eléctrico sincrónico de acuerdo con la reivindicación 2º, caracterizado por el empleo de un circuito de separación del campo conectado al conmutador de campo y a la carga resistiva para eliminar energía de excitación en el enrollamiento de campo cuando el motor pierde sincronismo y para incluir selectivamente la carga resistiva en circuito con el enrollamiento de campo.

540

545

550

4º.- Sistema de control para motor eléctrico sincrónico, según las reivindicaciones precedentes, caracterizado por presentar enrollamientos en los núcleos del estátor y del rotor; un manantial de energía unidireccional enlazado con el enrollamiento de campo para proporcionar a éste excitación; un conmutador de campo no-mecánico actuante selectivamente para conectar dicho manantial de energía con el enrollamiento de campo; medios sincronizadores conectados con el enrollamiento de campo; medios en dicho conmutador de campo para mantener la aplicación de la energía de excitación en dicho enrollamiento de campo hasta que alcance un preseleccionado valor de frecuencia de deslizamiento y un preseleccionado ángulo de fase, y medios que comprenden una carga resistiva dispuesta para una selectiva conexión con el citado enrollamiento de campo para absorber la energía en él producida cuando el voltaje inducido alcanza un predeterminado



301086

valor.

555 5a.- Sistema de control para motor eléctrico sincrónico, caracteri-
zado por presentar; núcleos magnéticos de estátor y rotor dotados de
enrollamientos; un manantial de energía unidireccional para proporci-
onar excitación al enrollamiento de campo; un conmutador de campo que
comprende dispositivos sólidos energizables selectivamente para rete-
ner y aplicar dicha excitación a dicho enrollamiento de campo; medios
560 de descarga del campo dispuesto para conexión con dicho enrollamiento
de campo cuando los voltajes inducidos por este enrollamiento alcanzan
predeterminados valores y un circuito de sincronización conectado con
dicho conmutador de campo y el enrollamiento de campo para controlar
el estado conductivo de dicho conmutador; dicho circuito de sincroni-
565 zación comprende medios detectores sensibles a la frecuencia del vol-
taje inducido en el enrollamiento de campo; dispositivos conductores en
dicho circuito unidos con los medios detectores y con dicho conmutador
de campo para energizar a éste y permitir la aplicación de excitación
al dicho enrollamiento de campo cuando el seleccionado ciclo de frecuen-
570 cia de deslizamiento y el relacionado ángulo obtenido por dichos me-
dios detectores alcanza el valor predeterminado.

575 6a.- Sistema de control para motor eléctrico sincrónico carac-
terizado por comprender: un rotor y un estátor dotados con enrolla-
mientos en ellos; un manantial de energía unidireccional para pro-
porcionar excitación al enrollamiento de campo; un conmutador de
campo interpuesto entre dicho manantial de energía y dicho enro-
llamiento de campo del rotor; medios en dicho conmutador para rete-
ner y aplicar la excitación en dicho enrollamiento de campo hasta
que en el motor se produzcan óptimas condiciones de sincronización;
580 una carga resistiva y medios eficaces conectados con ésta y con el
enrollamiento de campo para controlar la inserción de dicha carga
resistiva en circuito con el enrollamiento de campo cuando el vol-
taje en este campo inducido alcanza un predeterminado valor; un cir-
cuito de sincronización conectado con el conmutador de campo para

301086⁶



585 controlar la aplicación de la excitación al enrollamiento de campo;
dicho circuito de sincronización comprende medios detectores para
determinar cuando la corriente del campo inducido pasa por cero du-
rante un adecuado ciclo de frecuencia de deslizamiento en el cual la
sincronización debe producirse; dispositivos conductores conectados
590 con dichos medios detectores y relacionados con dicho conmutador de
campo para transmitir una pulsación eléctrica desde dichos medios
detectores a través de dichos dispositivos conductores a dicho conmu-
tador de campo para llevar a éste a un estado de conducción y por lo
tanto permitir la aplicación de la excitación al enrollamiento de cam-
595 po, y un circuito suplementario relacionado con dichos dispositivos
conductores para energizar dicho campo y llevar dicho conmutador al
estado de conducción si el rotor sincroniza con par resistente sin que
se hallan producido las condiciones previstas anteriormente.

7^a.- Sistema de control para motor eléctrico sincrónico, caracteri-
600 zado por comprender; un rotor y un estator con enrollamientos internos;
un manantial de energía unidireccional para proporcionar excitación al
enrollamiento de campo; un conmutador de campo dotado de un disposi-
tivo sólido inserto en él; una carga resistiva que comprende medios
de conmutación que accionan según la energía producida por inducción
605 en el enrollamiento de campo y energizable por selectiva conexión de
la carga resistiva con dicho enrollamiento de campo; un circuito de
sincronización que comprende medios detectores conectados con el enro-
llamiento de campo para determinar la frecuencia de deslizamiento a
la que debe ser aplicada la excitación en el enrollamiento de campo;
610 elementos conductores conectados con los medios detectores y el conmu-
tador de campo para enviar una pulsación de adecuada magnitud a dicho
conmutador para llevarlo a estado de conducción y permitir la aplica-
ción del voltaje de excitación al enrollamiento de campo; medios
para separar la carga resistiva del enrollamiento de campo cuando el
615 voltaje de excitación es aplicable a dicho enrollamiento, y medios
para separar el circuito de campo de su conexión con el conmutador
poniendo a éste en estado de no conducción y con ello suprimir la



301086

llegada de energía de excitación al enrollamiento de campo cuando el motor ha perdido la sincronización.

620 8a.- Sistema de control para motor eléctrico sincrónico, caracterizado por comprender: un rotor y un estator con enrollamientos, internos; un manantial de energía unidireccional para proporcionar excitación al enrollamiento de campo; un conmutador de campo que interconexiona dicho manantial de energía con dicho enrollamiento de campo; dicho conmutador comprende un semiconductor y un dispositivo energizante relacionados para hacer conductor dicho semiconductor cuando dicho dispositivo es energizado por elementos de control ahí conectados; una resistencia de descarga en circuito con un segundo conmutador y el enrollamiento de campo; dicho segundo conmutador incluye un elemento semiconductor que puede ser puesto en estado de conducción por un segundo dispositivo energizador que responde a una predeterminada magnitud del voltaje inducido en el enrollamiento de campo; este elemento semiconductor conecta selectivamente la resistencia de descarga con el enrollamiento de campo para absorber la energía producida durante un medio ciclo del voltaje inducido, y un diodo conectado con la resistencia y el enrollamiento de campo para formar un circuito cerrado durante el otro medio ciclo del ciclo del voltaje inducido; un circuito de sincronización conectado con el conmutador de campo y con incluidos medios detectores que responden a la frecuencia del voltaje inducido en el enrollamiento de campo para determinar la frecuencia de deslizamiento y el ángulo en que debe ser aplicada la excitación en el enrollamiento de campo; un conmutador en dicho circuito dispuesto en un predeterminado voltaje para transmitir una señal de los medios detectores a un elemento de pulsación relacionado con dicho dispositivo de energización; dicha señal se hace efectiva al llevar dicho conmutador de campo al estado de conducción y con ello permitir la aplicación de voltaje de excitación al enrollamiento de campo, y medios para separar la resistencia de descarga del enrollamiento de campo después de realizarse la sincronización.

625

630

635

640

645

650

301080⁶ J



655

9º.- Sistema de control para motor eléctrico sincrónico, de acuerdo con la reivindicación 8ª, caracterizado por presentar medios de remoción del campo conectados con el conmutador de campo para llevar este conmutador al estado de no conducción y de este modo retirar la excitación del enrollamiento de campo.

660

10º.- Sistema de control para motor eléctrico sincrónico, de acuerdo con la reivindicación 8ª, caracterizado por presentar un circuito suplementario que comprende un dispositivo de almacenamiento de carga y un elemento conductor selectivo relacionado con éste se halla conectado entre el manantial de energía y dicho conmutador de campo para energizar este conmutador y permitir la aplicación del voltaje de excitación al enrollamiento de campo cuando el circuito de sincronización no se halla en condiciones de energizar el conmutador de campo.

665

11º.- Sistema de control para motor eléctrico sincrónico, de acuerdo con la reivindicación 8ª, caracterizado porque dichos medios detectores comprenden un primer condensador cargado alternativamente por el voltaje inducido del enrollamiento de campo y un segundo condensador conectado con el primer condensador a través de un elemento de conmutación hecho conductivo mediante un predeterminado voltaje del primer condensador; dicho segundo condensador está conectado con el dispositivo de energización para aplicar excitación al enrollamiento de campo.

670

675

12º.- Sistema de control para motor eléctrico sincrónico, de acuerdo con la reivindicación 11ª, caracterizado por un circuito alternativo que comprende un segundo dispositivo de almacenamiento de energía y está conectado con un manantial de energía unidireccional y con el circuito de sincronización, y por medios que conectan el dispositivo de almacenamiento de energía con dicho segundo condensador para asegurar la energización del dispositivo energizador en el conmutador de campo ante la posibilidad de que el circuito de sincronización no accione la operación del conmutador de campo para conseguir la aplicación de voltaje de excitación.

680



301088

en el enrollamiento de campo.

685 13ª.- Sistema de control para motor eléctrico sincrónico, ca-
racterizado por comprender: un rotor y un estator con enrollamien-
tos internos; un excitador conectado a través de rectificadores al
enrollamiento de campo para proporcionar a éste voltaje de excita-
ción en condiciones de sincronización; un conmutador de campo para
690 interconectar dichos rectificadores y el enrollamiento de campo y
que incluye un dispositivo sólido en estado de conducción que ac-
túa reteniendo la aplicación de voltaje de excitación en el enro-
llamiento de campo hasta que se alcancen los preseleccionados fre-
cuencia y ángulo de deslizamiento para su situación de sincronis-
mo; una resistencia de descarga y un segundo conmutador situados
695 en circuito con el enrollamiento de campo; dicho segundo conmuta-
dor incluye dispositivo en estado sólido sensible al inducido vol-
taje del enrollamiento de campo para insertar selectivamente la
resistencia de descarga en el circuito del enrollamiento de campo
cuando los voltajes en éste alcanzan un predeterminado valor; un
700 circuito de sincronización conectado con el enrollamiento de cam-
po y el conmutador de campo y accionable para llevar los dispositi-
vos sólidos del conmutador de campo a una situación de conducción
cuando se han alcanzado las óptimas condiciones en la frecuencia y
en el ángulo de deslizamiento; dicho circuito de sincronización
705 comporta medios detectores para detectar la frecuencia del voltaje
inducido en el enrollamiento de campo, y dispositivos de conducción
conectados con dichos medios detectores para transmitir una señal
desde el enrollamiento a un transformador cuando la frecuencia de
deslizamiento alcanza un predeterminado valor; dicho transformador
710 se halla eléctricamente relacionado con el conmutador de campo para
energizar los dispositivos en estado sólido que permiten la aplica-
ción del voltaje de excitación al enrollamiento de campo, y un cir-
cuito de remoción de campo conectado con el conmutador de campo,
el segundo conmutador y el enrollamiento de campo para retirar
715 el voltaje de excitación del enrollamiento de campo cuando el



301086

720 motor pierde sincronismo; dicho circuito de remoción del campo comprende medios detectores para detectar cuando la frecuencia de la corriente de excitación del campo es menor de un predeterminado valor; medios de conducción para interconectar los medios detectores con un dispositivo de pulsación para transmitir una señal desde los medios detectores hasta este dispositivo cuando la frecuencia de excitación es menor que un predeterminado valor; dicho dispositivo de pulsación está relacionado con un elemento conductivo conectado con el enrollamiento de campo y en paralelo con el conmutador de campo; y medios interpuestos entre el elemento conductivo y el enrollamiento de campo para proporcionar un efecto de bloqueo en el conmutador de campo para cortar el paso de la corriente de excitación al enrollamiento de campo, y medios relacionados con dicho elemento conductivo para llevarlo a estado de no-conducción luego que el conmutador de campo se ha situado en posición de retención.

725

730

735 14.- Sistema de control para motor eléctrico sincrónico, de acuerdo con la reivindicación 7*, caracterizado porque dichos medios para remoción del circuito de campo comprenden un primer dispositivo de almacenamiento de carga conectado con la resistencia y un elemento energizable; un dispositivo semiconductor conectado en un lado con el manantial de energía unidireccional y en su otro lado con el enrollamiento de campo de modo que cuando es interrumpida dicha energía unidireccional hacia el campo dicho dispositivo semiconductor es llevado al estado de conducción por dicho primer dispositivo de almacenamiento de carga, y un elemento energizable para proporcionar un camino a la corriente del manantial de energía y con ello evitar daños en los componentes de este manantial.

740

745 15.- Sistema de control para motor eléctrico sincrónico, de acuerdo con la reivindicación 14*, caracterizado porque hay un inductor conectado con dicho segundo dispositivo de almacenamiento de carga para reducir un rápido grado de elevación de la corriente que fluye en el circuito.

301086



16ª.- Por último se reivindica como objeto sobre el que ha de recaer la presente Patente de Invención que, por veinte años se solicita para España, - - - - -

p o r

"SISTEMA DE CONTROL PARA MOTOR ELECTRICO SINCRONICO"

Todo tal y conforme queda expresado en la presente Memoria Descriptiva que, consta de veinticinco hojas foliadas y escritas a máquina por una sola de sus caras y planos que se acompañan.

Madrid, 16 de Junio de 1.964.

P.A.,

PEDRO FELIU MAÑA
P.R.