



ESPAÑA

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la Memoria adjunta.

Dkt. No. 20-TR-1240

NUMERO
484.541
FECHA DE PRESENTACION
28 Septiembre 1979

ES

A1

PATENTE DE INVENCION

20 PRIORIDADES:		
21 NUMERO	22 FECHA	23 PAIS
948.192	2 Octubre 1.978	Estados Unidos
948.193	2 Octubre 1.978	Estados Unidos
948.194	2 Octubre 1.978	Estados Unidos

47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	H 02 P 7/42	

24 TITULO DE LA INVENCION
"MEJORAS EN UN SISTEMA DE CONTROL DE MOTOR ELECTRICO DE CORRIENTE ALTERNIA".

71 SOLICITANTE (S)
GENERAL ELECTRIC COMPANY
DOMICILIO DEL SOLICITANTE
SCHENECTADY 12305, N.Y. (EE.UU.), River Road, 1
72 INVENTOR (ES)
Mr. John Douglas D'Atre, Mr. Allan Barr Plunkett y Mr. Dennis Francis Williamson.
73 TITULAR (ES)
74 REPRESENTANTE
Don Pedro Feliu Mañá

Este invento se relaciona generalmente con un esquema regulador mejorado, para estabilizar el funcionamiento de un sistema de transmisión de motor de inducción, alimentado por corriente, y más particularmente a un aparato para equilibrar el flujo de entre-hierro del motor contra la corriente del estator del motor, por lo que se consigue un punto de funcionamiento estable sin tener en cuenta el suministro disponible de voltaje o de niveles de par de fuerza maniobrados, a un sistema para estabilizar el funcionamiento del motor durante la transición de un modo motriz o de propulsión, a un modo frenador eléctrico, y a un aparato para procurar respuesta de par de fuerzas consistente, a través de un alcance de excitación variable.

Un motor de inducción típicamente comprende un rotor de jaula de ardilla o un rotor enrollado, que está montado en un estator, teniendo arrollamientos conectados a una adecuada fuente de excitación. La excitación de los arrollamientos del estator crea un flujo magnético a través del entrehierro del estator-rotor del motor y la corriente inducida en el rotor interacciona con el flujo del entrehierro para producir una fuerza electromagnética o par de fuerzas tendente a mover el rotor en relación con el estator. El importe del par de fuerzas, desarrollado por el motor, se expresa frecuentemente en términos de la magnitud del flujo del entrehierro y de la frecuencia de resbalamiento entre estator y rotor. La frecuencia efectiva de resbalamiento, por definición, es la diferencia entre la frecuencia de la onda de flujo sobre el entrehierro y la equivalente fre

cuencia eléctrica, a la que está girando el árbol del motor (es decir, velocidad del motor). Donde se requiera que un motor marche a velocidades variables con cargas variables y tanto en la dirección de avance, como en la de retroceso, como en el caso de motores de tracción para vehículos impulsados eléctricamente, los arrollamientos -- del estator se proveen ventajosamente de energía de corriente alterna polifásica, que se condiciona de tal modo que la frecuencia, así como la amplitud de la excitación del estator son ajustables, como se desee, y la secuencia de la fase es reversible.

Una revisión de los sistemas de control para motores de inducción, alimentados por corriente, se procura en la patente de EE.UU. 4.088.934 expedida a favor de J.D. D'Atre, T.A. Lipo y A. B.Plunkett y transferida a la General Electric Company. Aquella patente indica la estabilización de un sistema de transmisión de un motor de inducción, alimentado por corriente, controlando la fuente de excitación del motor como una función del ángulo de fase actual entre el flujo de entrehierro y la corriente del estator en el motor. El sistema de control varia la frecuencia de la corriente suministrada al estator, de modo que se regule el ángulo de fase a un valor deseado. En adición, la magnitud del flujo de entrehierro se observa directamente, y la magnitud de la excitación aplicada al estator se controla con el fin de regular la magnitud del flujo de entrehierro a un valor deseado.

Sin embargo, la magnitud del flujo de entrehierro,

aunque regulable Variando la corriente del estator, se efectúa por la frecuencia de la excitación del estator y la frecuencia del resbalamiento del motor. Por lo tanto, un sistema de control de realimentación, que meramente -
5 Varía la excitación del motor con el fin de regular el flujo del entrehierro, no causa necesariamente el que el motor sea accionado en una característica de funcionamiento preferida.

10 Cuando el antes mencionado sistema se hace funcionar de un modo frenador eléctrico, se ha encontrado que el sistema muestra características más estables, cuando la magnitud de la corriente del estator, más bien que la magnitud del flujo del entrehierro, se regula a un valor deseado. Sin embargo, en la región de la transición, típicamente a frecuencias de resbalamiento entre más y menos
15 tres hercios, la inclinación del par de fuerzas contra la característica de resbalamiento para cualquier magnitud de corriente regulada particular, es relativamente empinada. En otras palabras, la magnitud del par de fuerzas puede variar desde cero a su valor máximo, solamente
20 con una variación de 3 Hz en frecuencia de resbalamiento. Además, la característica del motor para funcionamiento de corriente constante es una función de dos valores, es decir, para una magnitud dada de corriente de estator, resultarán dos valores distintos diferentes de frecuencia -
25 de resbalamiento en la misma salida de par de fuerzas. Sin embargo, la satisfacción de la salida deseada de par de fuerzas a menos de 3Hz hace que el motor sea inesta--

ble, puesto que variaciones muy pequeñas de frecuencia de resbalamiento da por resultado variaciones muy grandes de par de fuerzas. Por lo tanto, el funcionamiento a menos de 3 Hz puede ser inestable y dar por resultado oscilaciones indeseables de par de fuerzas.

La familia de curvas características de par de fuerzas contra resbalamiento para un motor de corriente alterna, ilustra una inclinación variable con magnitud de flujo variable. Como el nivel del flujo aumenta, aumenta la inclinación en un grado proporcional. El resultado neto es que a un alto nivel de flujo, una variación dada en la frecuencia del resbalamiento del motor causa una mayor variación en el par de fuerzas del motor, de la que ocurriría para la misma variación en frecuencia de resbalamiento a un nivel de flujo más bajo. Con el fin de que el sistema de control funcione consistentemente, el motor en su característica operativa más ventajosa para cualquier salida de par de fuerzas ordenada, el sistema tiene que ser responsable a esta variación de ganancia del motor con cambios en la magnitud de flujo.

Es un objeto general del presente invento procurar medios mejorados para estabilizar el funcionamiento de un sistema de transmisión de motor de corriente alterna, de velocidad ajustable. Es otro objeto del invento regular un equilibrio entre la corriente del motor y el flujo de entrehierro del motor, de modo que se consiga una condición operativa deseada, sin tener en --

cuenta variaciones en el voltaje de suministro disponible o en los niveles de pares de fuerza ordenados.

5 Es otro objeto del invento procurar medios para establecer dinámicamente un punto operativo del motor como una función predeterminada de la velocidad angular del rotor.

10 Es otro objeto del presente invento mejorar la estabilización de un sistema de control de motor de inducción alimentado por corriente durante la transición desde el modo motriz a un modo frenador eléctrico. Es todavía otro objeto del presente invento procurar un sistema de motor de corriente alterna de corriente controlada, que compensa automáticamente las variaciones en la ganancia del motor con las variaciones de flujo.

15 Al poner en práctica el presente invento en una forma, se procura, en un sistema de control de motor eléctrico de corriente continua, aparatos para equilibrar la magnitud del flujo de entrehierro en el motor contra la magnitud de la corriente del estator del motor de una manera que derive una señal de orden de excitación del motor que tiende a causar que el sistema de control obligue al motor a funcionar sobre un predeterminado par de fuerzas contra característica de frecuencia de resbalamiento, con preferencia, una señal representativa del flujo de entrehierro se modifica como una función de la velocidad angular del rotor, por lo que se alcanza un modo de funcionamiento de fuerzas de caballos constante, por encima de la velocidad del punto de ángulo del motor.

25 La señal del flujo de entrehierro se modifica como

una función de la velocidad angular del rotor y se usa -
como una señal equilibradora de flujo para comparación -
con la corriente del estator del motor. La comparación -
produce una señal de error representativa de cualquier -
5 diferencia entre la señal equilibradora de flujo y una -
señal representativa de la corriente de estator. La se-
ñal de error entonces se convierte en señal de orden de
excitación, que controla la magnitud de la excitación --
suministrada al motor. Preferentemente, el par de fuer--
10 zas desarrollado por el motor se regula separadamente --
por un lazo de control independiente, que regula la fre-
cuencia de la excitación suministrada al motor.

En un aspecto del presente invento se procura un --
sistema de control para un motor de inducción de corrien-
15 te alterna, teniendo un primer lazo de control de reali-
mentación, que responde a señales representativas de la
velocidad de rotación del rotor del motor, la magnitud -
del par de fuerzas desarrollado por el motor y la magni-
tud del flujo generado en el motor, para regular la mag-
20 nitud de la energía de corriente alterna suministrada al
motor desde una fuente de energía de magnitud variable y
frecuencia variable. Un segundo lazo de control de rea-
limentación, que responde a los mismos parámetros de rea-
limentación y que responde adicionalmente a una señal de
25 orden de par de fuerzas, ajusta la frecuencia de la ener-
gía de corriente alterna para conseguir la salida de par
de fuerzas ordenadas. Durante el funcionamiento como mo-
tor, el primer lazo de control utiliza una señal de rea-

limentación de flujo, de tal modo que el par de fuerzas del motor se regule sobre una curva de característica de flujo. Sin embargo, cuando se ordena el frenado eléctrico, el primer lazo de control se conmuta de tal modo que la corriente del estator se convierta en el parámetro de realimentación controlador y el par de fuerzas del motor se regula sobre una curva característica de corriente de estator. La transición desde el funcionamiento como motor al frenado eléctrico, también modifica el segundo lazo de control, conmutando desde un simple camino de filtro a un filtro de cuadratura más complejo y camino de unión de suma, por lo que puede insertarse una señal de compensación en el lazo, para modificar la respuesta del lazo como una función del régimen de cambio del flujo de motor y magnitud del par de fuerzas. La señal de compensación se genera por diferenciación de una señal representativa de la magnitud del flujo en el motor y dividiendo subsiguientemente la señal diferenciada por una señal representativa de la magnitud del par de fuerzas desarrollado por el motor. La señal de compensación se aplica a la juntura de suma, donde se suma con una señal de error de par de fuerzas, representativa de la diferencia entre los pares de fuerzas ordenado y actual, para producir por ello una señal de error de par de fuerza modificada para controlar la frecuencia de la energía de corriente alterna suministrada al motor. Puesto que el régimen de cambio de flujo es de gran magnitud durante el régimen de transición de motor

a freno, mientras que la magnitud del par de fuerzas es relativamente pequeña, la señal de compensación es relativamente grande y crea una señal de error modificada, - relativamente grande, que obliga rápidamente al sistema
5 de control, a través de la característica transiente, a - un punto operativo más estable, en efecto, haciendo que el sistema muestre un valor simple en lugar de una característica de valor doble.

Una vez que se haya pasado la región transiente, el
10 régimen de cambio de flujo se hace pequeño y la magnitud del par de fuerzas se convierte en relativamente grande de tal modo que la magnitud de la señal de compensación resulte insignificante. Así, la señal de compensación, - efectivamente, no es existente cuando se alcanza un pun-
15 to de funcionamiento de motor estable.

En un aspecto del presente invento se ha previsto - un sistema de control para un motor de inducción de co--rriente alterna, teniendo un primer lazo de control de - realimentación, que responde a señales representativas -
20 de la velocidad de rotación del rotor del motor, de la - magnitud del par de fuerzas desarrollado por el motor y de la magnitud de flujo generado en el motor para regular la magnitud de energía de corriente alterna, suministrada al motor desde una fuente de energía de magnitud y fre--
25 cuencia variables, de acuerdo con un juego deseado de pa-
rámetros predeterminados del motor. Un segundo lazo de - control de realimentación que responde al mismo juego de señales de realimentación y que responde adicionalmente

a una señal de mando de par de fuerzas, ajusta la frecuencia de la energía de corriente alterna para conseguir la salida mandada de par de fuerzas. El segundo lazo de control incluye una juntura sumadora para producir una señal de error de par de fuerzas como la diferencia entre la magnitud de la señal de mando de par de fuerzas y la magnitud de la señal representativa del par de fuerzas actual, desarrollado por el motor. Con el fin de compensar variaciones en la ganancia del motor con variaciones en niveles de flujo del motor, el sistema según el invento modifica la señal de error de par de fuerzas para ajustar por ello la ganancia del segundo lazo de control como una función de la ganancia aparente del motor. Preferentemente, la señal de error de par de fuerzas se modifica dividiéndola por el valor filtrado de magnitud de flujo, para valores de magnitud de flujo mayores que cero, por lo que la ganancia del lazo se normaliza sobre los niveles variados de excitación, que encuentra el motor.

Estas y otras características, ventajas y objetos del presente invento resultarán más fácilmente evidentes haciendo referencia a la siguiente descripción detallada, - si se toma en conjunto con los siguientes dibujos, en que:

La figura 1, es un diagrama de bloque funcional ilustrando un sistema de transmisión de motor eléctrico de corriente alterna de velocidad ajustable incorporando el presente invento;

Las figuras 2A y 2B, son, respectivamente, diagramas esquemáticos de los arrollamientos de estator y de las--

formas de onda de corriente del estator en el motor trifásico ilustrado en la figura 1 y

5 La figura 3, es un gráfico mostrando variaciones en el par de fuerzas como una función de la frecuencia de resbalamiento, tanto en un modo de flujo constante, como en un modo de corriente de estator constante del funcionamiento del motor.

10 En la figura 1 significan: A = Suministro de corriente continua; B = Lógica de disparo; C = Inversor; D = Elaborador de tratamiento de par de fuerzas; E = Elaborador de tratamiento de ángulo; F = Control de conmutador.

15 En la figura 2 significan: G = Par de fuerzas positivo; H = Modo motriz; II = Resbalamiento positivo; J = Resbalamiento negativo; K = Frenado; L = Par de fuerzas negativo. En la figura 2B, tiempo = M.

20 La figura 1 muestra una ejecución preferida de un sistema de control eléctrico para un motor eléctrico de corriente alterna. La memoria descriptiva concluirá con reivindicaciones, que indicarán las características particulares, que se consideran como objeto del presente invento. En particular, las reivindicaciones de esta solicitud se dirigen a un aparato para establecer el funcionamiento del motor eléctrico de corriente alterna a niveles preferidos de flujo de entrehierro y niveles preferidos de corriente de estator, que se determinan de modo único para cualquier combinación de par de fuerzas y velocidad de rotor.

25

La mencionada figura 1, muestra además una ejecución preferida de un aparato para efectuar una rápida transición de un modo motriz a un modo frenador eléctrico y para forzar el sistema de control a pasar rápidamente a través de una zona de funcionamiento inestable a una porción estable de una característica de respuesta de par de fuerza/resbalamiento para el motor de corriente alterna.

Dicha figura 1, muestra adicionalmente una ejecución preferida de un aparato para ajustar automáticamente la ganancia del sistema de control para compensar la ganancia efectiva del motor de corriente alterna, como varía la ganancia del motor en respuesta a niveles de excitación variados.

Haciendo referencia ahora a la figura 1, el presente invento se ilustra incorporado en un sistema de transmisión de motores de velocidad ajustada, comprendiendo básicamente la combinación del aparato -11- de conversión de energía eléctrica y un motor -12- de corriente alterna de velocidad ajustable teniendo arrollamientos (no ilustrado) de estator trifásicos conectados en Y o en delta - que están conectados para energización a la salida trifásica del aparato de conversión -11- y teniendo un rotor - (no ilustrado) acoplado a una carga mecánica, tal como las ruedas de un vehículo de tracción (no ilustrado). El aparato -11- está construido adecuadamente y dispuesto para suministrar energía de corriente alterna de frecuencia variable y amplitud variable a arrollamientos de estator del motor -12-. En su ejecución preferida, el aparato de

conversión -11- tiene un extremo frontal comprendiendo -
un suministro -13- de energía continua, controlada, que
debe conectarse a una fuente de energía eléctrica, (no -
ilustrada) y un extremo posterior comprendiendo un inver-
5 sor -14- estático de energía eléctrica, teniendo juegos
terminales de corriente continua y corriente alterna y -
un eslabón -15- de corriente continua, interconectando -
el juego terminal de corriente continua del inversor -14-
y los terminales de corriente continua del suministro de
10 energía -13-. Estas partes más o menos convencionales del
sistema de transmisión de motor ilustrado, ahora se des-
cribirán brevemente y siguiendo a aquella descripción se
explicarán en detalle el concepto y la realización prefe-
rida del presente invento. Al principio, sin embargo, de-
15 berá entenderse que el presente invento sirve al fin prin-
cipal de estabilizar el funcionamiento del motor -12- y -
puede usarse ventajosamente para este propósito el sistema
de transmisión de motor diferente al sistema particular -
ilustrado en la figura 1.

20 El suministro -13- de energía de corriente continua
puede adoptar cualesquiera de una variedad de formas cono-
cidas, tales como, por ejemplo, un picador de corriente -
continua/corriente continua, cuyos terminales de entrada
están acoplados a una fuente de corriente continua no con-
25 trolada, un circuito rectificador controlado en fase, ac-
oplado a una fuente de corriente alterna de magnitud fija
y un rectificador incontrolado, acoplado a una fuente de
voltaje alternativo de magnitud variable. Variando el ci-

clo de tarea del picador o el ángulo de disparo de las -
válvulas eléctricas, que forman el circuito rectificador
controlado en fase o la amplitud de voltaje de la fuente
de voltaje alterno, según sea el caso, puede limitarse la
5 magnitud media del voltaje V_R de salida de corriente con-
tínua que el suministro de energía -13- imprime sobre el
eslabón de corriente continua -15-, entre cero y algún -
voltaje positivo, según se desee. Convencionalmente, el
eslabón de corriente continua -15- incluye un filtro ade-
10 cuado, ilustrado en la figura 1, como un simple inductor
o bobina de reacción -16- para alisar la corriente conti-
nua ondulante, que fluye entre el suministro de energía
-13- y el inversor -14-, por lo que se suministra energía
de corriente continua al inversor -14-. Sin embargo, en -
15 el sistema ilustrado, la bobina de reacción -16- puede -
ser omitida si el suministro de energía -13- influye un
alternador/rectificador y la disposición inventiva des--
crita en la solicitud de patente de EE.UU. nº 864.422 de
D.F. Williamson presentada el 17 de Diciembre de 1.977 y
20 transferida a la General Electric Co. El eslabón -15- de
corriente continua también incluye un resistor frenador di-
námico (DBR) -17-, sobre el que se forma puente por un --
contactor -18- de frenado dinámico.

El inversor -14- puede comprender cualquier inversor
25 de corriente controlada convencional adecuado (CCI). En la
ejecución, preferida al presente, de este invento, es par-
ticularmente ventajoso usar un inversor conmutado autose--
cuencial, trifásico y una forma mejorada de tal inversor -

se describe y reivindica en la patente de EE.UU. nº3.980.941
concedida a R.F. Griebel y transferida a la General Elec-
tric Co. Los respectivos terminales del juego de termina-
les de corriente alterna de 3 fases del inversor -14- se
5 conectan por via de tres conductores o líneas -19-, -20-
y -21- de corriente alterna a los correspondientes termi-
nales de desarrollos de estator de tres fases del -
motor -12-, y el inversor es operativo para conmutar la -
corriente del eslabón de corriente continua en secuencia
10 entre las respectivas fases de los arrollamientos del es-
tator.

El motor puede ser seleccionado desde una variedad de
tipos convencionales conocidos generalmente como inducción,
síncrono y síncrono-reluctancia y puede ser o bien redondo
15 o lineal. Un motor de inducción redondo es el que se supo-
ne en la presente descripción, entendiéndose que si se usa
se un motor síncrono la fuente de excitación influiría adi-
cionalmente de medios adecuados para suministrar corriente
continua a los arrollamientos de campo. El sistema de trans-
20 misión del motor puede comprender un simple motor -12- co-
mo se ilustra o, alternativamente, puede comprender una can-
tidad de tales motores, en cuyo caso, pueden disponerse in-
versores y eslabones de corriente continua separados para
conectar los respectivos motores en paralelo a un suminis-
25 tro de energía de corriente continua, compartido. Mientras
que ^{se} ha ilustrado un motor trifásico, el número de fases no
es crítico y puede usarse si se desea, alternativamente, mo-
tores teniendo menos o más fases.

Un juego, conectado en Y, de arrollamientos de esta-
tor trifásicos del motor -12- ilustrado se ilustra esque-
máticamente en la figura 2 A. Cada arrollamiento compren-
de una cantidad de bobinas principales, que están distri-
5 buidas convencionalmente en ranuras alrededor del núcleo
magnetizable estacionario del motor y están conectados -
eléctricamente entre un neutro N y la fase asociada (A,
B o C) de las líneas -19-21- de energía, trifásicas. Las
corrientes alternas i_A i_B i_C que excitan las respectivas
10 fases de los arrollamientos del estator durante un ciclo
entero del funcionamiento, se ilustran en la figura 2 B,
en que los intervalos de conmutación se idealizan y se
desprecia el rizo. Se observará que se supone una secuen-
cia A-B-C de fase, simétricamente escalonada. En cada fa-
15 se, la corriente de excitación del arrollamiento de esta-
tor fundamental tiene una amplitud, determinada por la
magnitud de la corriente en el eslabón -15- de corriente
continua y una frecuencia, determinada por la frecuencia
de la conmutación fundamental de las válvulas eléctricas
20 en el inversor -14-.

Haciendo referencia de nuevo a la figura 1, contro-
lando apropiadamente la excitación del motor, la carga,
que es impulsada por el motor -12- puede propulsarse (mo-
do motriz) o retardarse (modo frenador, en cuyo caso el
25 motor funciona como un generador); bien sea en la direc-
ción de avance o de retroceso, que se desee. Con prefe-
rencia el control de excitación se ejerce variando el vol-
taje VR de suministro de corriente continua y la frecuen-

cia y secuencia de pase de la energía de corriente alterna polifásica, que suministra el inversor -14- al estator del motor -12-. Hacia este fin, se procuran medios adecuados para regular y controlar el funcionamiento del aparato de conversión, en respuesta a una señal de entrada controlada por operador aplicada al terminal de entrada -22-, cuya señal es representativa de un deseado par motor o -- fuerza de caballos. Las señales de realimentación son representativas de la respuesta actual del motor, como se explicará más detalladamente más abajo.

El medio de control comprende un par de lazos reguladores exteriores -30- y -50-. El primer lazo -30- ejerce control sobre el voltaje de suministro de corriente continua V_R de una manera que regule la magnitud de la excitación del estator, mientras que el segundo lazo -50- exterior ejerce un control sobre la frecuencia de la corriente del arrollamiento del estator de una manera que regule el par de fuerzas del motor.

El primer lazo exterior -30- regula la excitación -- del estator del motor -12- ajustando así la magnitud media del voltaje V_R impreso sobre el eslabón -15- de corriente continua, cuyo voltaje, a su vez, fuerza la corriente del eslabón y, por lo tanto, determina la amplitud de la corriente de arrollamiento de estator fundamental, con el fin de reducir al mínimo el error entre una señal de realimentación de magnitud de excitación aplicada a un terminal común -31A- de un conmutador -31- y una señal variable sobre la línea -32-, cuyas señales se su--

man en una juntura -33- sumadora. El lazo -30- comprende un regulador de excitación, que deriva, sobre la línea -34-, una señal de error, representativa de un cambio de seado en el voltaje V_R de suministro de corriente continua. Como se ilustra en la figura 1, la señal de error -5 sobre la línea -34- es tratada por una red -35- de compensación convencional, teniendo características integrales más proporcionales de transferencia. De la red -35- de ganancia se deriva una señal V_R^* compensada y se alimenta a través de una línea -36- a medios de control -37- adecuados para el suministro -13- de energía de corriente -10 continua controlada.

El medio de control -37- controla el funcionamiento del suministro -13- de energía de corriente continua y de 15 termina la magnitud media del voltaje V_R del eslabón de corriente continua de acuerdo con la señal compensada V_R^* . El medio de control -37- puede comprender un generador de impulsos de puerta, como se ilustra en la patente de EE.UU. nº 4.088.934 por D'Atre y otros y transferida a la General 20 Electric Company, con preferencia, sin embargo, en medio de control -37- puede comprender una combinación de excitador y alternador, tal como se ilustra en la solicitud de patentes de EE.UU. serie y nº 864.422 presentada el 27 de diciembre de 1.977 por D.F. Williamson y transferida 25 a la General Electric Co. Será evidente que el primer lazo regulador -30- responderá a cualquier error entre la señal de realimentación de magnitud de excitación aplicada al terminal -31a- y una señal sobre la línea -32- para variar V_R en un sentido correctivo, incrementando o dismi

nuyendo por ello la amplitud de la excitación del estator según sea necesario para reducir el valor del error hacia cero.

5 La señal de realimentación de magnitud de excitación se destina a ser representativa del nivel actual de excitación en el estator del motor -12-. Por ejemplo, puede ser una medida de la magnitud media del flujo actual producida a través del entrehierro de estator-rotor en el motor -12-, cuando se excita, en cuyo caso esta se
10 ñal de realimentación se deriva preferentemente de las señales de alimentación de flujo, como se describirá posteriormente. Alternativamente, la señal de realimentación de magnitud de situación puede ser representativa de la magnitud de la corriente de estator que fluye en el motor
15 -12-. En una ejecución preferida, el conmutador -31- se dispone para emitir la selección bien sea de una señal de realimentación de magnitud de flujo $|\Psi|$ o una señal de realimentación de magnitud de corriente $|I|$. La determinación de si se usa corriente de flujo o de magnitud como
20 referencia de realimentación se basa preferentemente en si se hace funcionar el motor -12- de un modo motriz o de un modo retardador. Cuando el motor -12- se hace funcionar de modo motriz, el conmutador -31- se acciona de tal modo que la señal de realimentación de excitación se derive de
25 la señal $|\Psi|$ de realimentación de flujo. Sin embargo, en el modo de retardo el conmutador -31- se acciona de modo que la corriente $|I|$ de estator de magnitud se convierta en la señal de realimentación de excitación. Una discusión

de las diferencias en el funcionamiento, como resultado del uso alternativo de flujo o de la referencia de realimentación de excitación de corriente se describirá más abajo respecto a la figura 3.

- 5 La señal sobre la línea -32- se deriva de una señal de mando ϕ_c^* representando la magnitud deseada de la excitación del estator. Esta señal de mando ϕ_c^* se desarrolla en la línea -38A- y se suministra desde un integrador -39- a través de un circuito limitador -40-, a la línea -32-.
- 10 Un circuito limitador -40- está incluido entre las líneas -38A- y -32- para impedir cualquier desviación de la señal sobre la línea -32- por debajo de un límite mínimo predeterminado, para mantener así una excitación mínima disponible del motor.
- 15 La señal ϕ_c^* se deriva de una comparación del flujo y de la corriente de estator del motor, de modo que para cualquier valor mandado de tales fuerzas del motor, se selecciona un punto operativo de motor estable preferido, es decir, para cualquier nivel de tales fuerzas deseado
- 20 de condición de energía de entrada, el sistema deriva el mando correcto para la excitación propia del motor al nivel de tales fuerzas, regulado. La magnitud de la señal $|\Psi_B|$ de flujo equilibrador de entrehierro se resta de la magnitud absoluta de la corriente de estator y la jun
- 25 tura sumadora -23-, para producir una señal equilibradora sobre la línea -38-. El equilibrio de excitación se consigue en un punto, donde la señal $|\Psi_B|$ de flujo equilibrador se iguala a la corriente de motor $|I|$. Si el nivel de flujo en el motor disminuyese desde la condición

de equilibrio, se forma un error positivo sobre la línea -38A-, ordenando un incremento en excitación hasta que se consiga de nuevo el equilibrio, suponiendo que el par de fuerzas continúe siendo regulado por el control de frecuencia de excitación. Claramente, la proporción de flujo a corriente de estator puede ajustarse a cualquier valor deseado, seleccionando adecuadamente la ganancia en los canales de flujo y/o realimentación de corriente antes de equilibrar en la juntura -23-.

La señal $|\Psi_B|$ de flujo equilibrador de entrehierro se suministra sobre la línea -24- a la juntura -23- desde un circuito multiplicador -25- de un tipo bien conocido en la técnica. Una señal, representativa de la magnitud del flujo de entrehierro, se acopla, por vía de la línea -26-, al circuito -25-, desde un circuito -27- de tratamiento de flujo, por vía de un circuito de valor absoluto -28-, de un tipo bien conocido en la técnica. El circuito -27- se describe en la patente de EE.UU. nº 4.011.489 de Franz y otros. Una señal, representativa de un factor multiplicador, se suministra al circuito multiplicador -25- desde un generador de función -29-. El factor multiplicador varía como una función predeterminada de la velocidad angular actual ω_r del rotor del motor -12- y se utiliza para generar una condición de "Campo débil", es decir, el factor multiplicador sube por encima de la unidad cuando la velocidad del rotor excede de un valor predeterminado, de modo que la señal de flujo equilibrador $|\Psi_B|$ entonces se excede de la se-

ñal de realimentación de flujo actual y fuerza una disminución en el flujo de entrehierro, mientras se mantiene una corriente de estator verdaderamente constante. Para un valor de orden de par de fuerzas dado, el ángulo

5 entre el campo de flujo y la corriente de estator se regulará, dando así por resultado una variación en la frecuencia de resbalamiento con el fin de reflejar el cambio en la proporción de flujo a corriente. En otras palabras, para cualquier nivel de par de fuerzas deseado

10 y condición de energía de entrada, existe una orden, correcta físicamente, para la explicación apropiada del motor a aquel nivel de par de fuerzas deseado. El sistema ilustrado regula el par de fuerzas a cualquier nivel deseado controlando la frecuencia del inversor. El equilibrio

15 de excitación se consigue en un punto en que la señal $|\Psi_B|$ de flujo equilibrador iguala la corriente hacia $|I|$ de motor. El generador de funciones -29- produce una señal representativa y un factor multiplicador - teniendo un valor fijo predeterminado, tal como la unidad, hasta que se alcance el punto de esquina del motor.

20 La señal del factor multiplicador aumenta por encima del punto de esquina del motor causando así que la señal $|\Psi_B|$ de flujo equilibrador se haga mayor que la señal $|\Psi|$ de flujo de entrehierro. En efecto, el incremento de la magnitud de la señal $|\Psi_B|$ de flujo equilibrador hace que el

25 motor -12- se haga funcionar, en lo que puede caracterizarse como una condición de campo debilitado. El resultado es el variar el equilibrio entre flujo $|\Psi|$ y corriente $|I|$ como una función inversa de la velocidad angular -

del rotor ω_r para conseguir por ello un funcionamiento a fuerza de caballos constante, por encima de punto de esquina del motor. Un generador de tacómetro (TG) -54- se usa preferentemente para suministrar la señal de velocidad de rotor ω_r para hacer funcionar el generador -19-.

La señal $|I|$ representativa de la magnitud absoluta de la corriente del estator, se deriva de un circuito -41- de valor absoluto y promediador de un tipo bien conocido en la técnica. El circuito -41- promediador tiene como entradas señales de alimentación de corriente de excitación de rotor, derivadas de una disposición de tres transformadores de corriente -57-, acoplados a las respectivas líneas de energía de corriente alterna -19-, -20- y -21-.

Controlando la magnitud de excitación por medio de los cilindros del flujo de entrehierro medido contra la corriente de estator medida, el sistema ofrece la capacidad de procurar la excitación apropiada para regulación continua de par de fuerzas sin la complicación de calcular una orden de excitación, basada en una condición supuesta, como se había hecho la técnica anterior. Además, el uso de un funcionamiento de campo débil permite que el motor funcione a velocidades más altas, a una salida predeterminada de fuerza de caballos, sin incrementos adicionales en el voltaje de fuente de corriente continua.

El segundo lazo exterior -50- regula el par de fuer

zas del motor, ajustando así la frecuencia fundamental - de conmutación del inversor -11-, cuya frecuencia determina la frecuencia de la corriente fundamental de arrollamiento de estator, para reducir al mínimo cualquier diferencia entre una señal T de realimentación de par de fuerzas sobre la línea -48- y la señal de control variable T^* (representando un par de fuerzas de motor deseado) en el terminal -22-. Este lazo comprende un circuito -43- sumador, en que las señales de realimentación y de control -- son comparadas, para derivar, sobre la línea -44-, una señal T_e de error de par de fuerzas, que refleja cualquier diferencia entre ellas.

La señal de error sobre la línea -44- es tratada por una red -42- de compensación de ganancia de motor, que varía la magnitud de la señal de error de par de fuerzas como una función de la magnitud del flujo de entrehierro en el motor -12-. La red -42- compensa la "ganancia" aparente del motor, que no es constante, sino que varía como una función del nivel de flujo, es decir, un gran incremento en el par de fuerzas ocurrirá para una pequeña variación en la secuencia de resbalamiento a altos niveles de flujo de entrehierro, mientras que sólo resultará una pequeña variación en el par de fuerzas del mismo cambio de frecuencia a un nivel bajo de flujo de entrehierro.

La red -42- incluye un circuito de filtro -45- teniendo un terminal de entrada conectado para recibir la señal de flujo ψ desde el circuito -27-, por vía del valor absoluto del circuito -28-. El circuito -45- procura una ga

nancia de unidad y el transiente, que filtra la señal de flujo. Desde el circuito -45-, la señal de flujo filtrada se acopla, a través de un circuito limitador -46-, a un terminal de entrada de divisor de un circuito divisor -47- de un tipo bien conocido en la técnica. El circuito limitador -46- limita el valor mínimo de la señal del divisor a un valor predeterminado, para evitar una dificultad de división por cero. El circuito limitador -46- procura una señal^{de}/salida teniendo la misma magnitud que su señal de entrada a través del alcance desde la magnitud de señal de salida mínima a la máxima. En una ejecución preferida, la magnitud de señal de salida máxima se selecciona para que corresponda a uno por flujo de unidad. La señal de salida mínima entonces se selecciona para - procurar un alcance de cinco a uno, es decir, que la señal de valor mínimo corresponde al 20 por 100 de uno por flujo de unidad. La señal de error de par de fuerzas sobre la línea -44- se aplica a un terminal de entrada de dividendo del circuito divisor -47-, por lo que se procura en un terminal de salida, conectado a la línea -49-, una señal de error T_e' representativa del error de par de fuerzas, dividido por la magnitud de flujo. Esta normalización de ganancia procura una respuesta de lazo de varias fuerzas consistentes, a través de los niveles variados de excitación del motor -12-.

La línea -49- es conectada a un terminal común -51- de un conmutador -52- de doble posición motor/freno, que está acoplado operativamente a un segundo conmutador -53-

de motor/freno, por lo que la señal de error de tales -
 fuerzas, compensada, se trata a través del quinto cami-
 no en el modo motriz y a través de un segundo camino en
 el modo de funcionamiento frenador. Los detalles y las
 5 ventajas de los caminos alternativos se explicarán poste-
 riormente.

Bien sea que el sistema esté en un modo de funciona-
 miento de propulsión o de frenado, la señal de error de
 par de fuerzas compensada, producida en el terminal co-
 10 mún -68- del conmutador -53- es una señal de mando sin
 θ_T^* para un lazo -70- estabilizador de motor interno y -
 varia en respuesta a variaciones de la señal de control
 de T^* , tendiendo a asumir cualesquiera resultados de va-
 lor al reducir el error entre T^* y T a cero. El lazo in-
 15 terior -70- responde a la señal de mando en el terminal
 -68- y suministra, sobre una línea -71-, una señal apro-
 piada, que preferentemente se combina en un punto suma-
 dor -72- con la señal ω_r de realimentación de velocidad
 del motor, para derivar sobre la línea -73-, una señal
 20 ω_e^* de control de frecuencia de excitación, representati-
 va de su suma algébrica. La señal ω_r de realimentación
 de velocidad se produce por el generador de tacómetro -
 -54- que tantea la velocidad angular del rotor del motor
 -12-. La señal ω_e^* de control de frecuencia de excita-
 25 ción que difiere de ω_r en un importe y en un sentido de
 terminado por el valor de la señal sobre la línea -71- se
 alimenta a través de la línea -73-, medios -75- de con-
 trol adecuados para el inversor -14-. El medio de control

-75- es operativo para determinar la frecuencia de conmutación fundamental del inversor -14-, y, por lo tanto, la frecuencia fundamental de la corriente del arrollamiento del estator, de acuerdo con el valor ω_e^* . Puesto que el valor de ω_e^* corresponde a la frecuencia excitación del estator y el valor de ω_r corresponde a la frecuencia eléctrica equivalente de la velocidad actual de motor, la señal sobre la línea -71- representa la frecuencia ω_{sl} de resbalamiento de motor de estado constante.

El medio de control -75- del inversor, etiquetado con "lógica de disparo", en la figura 1, está adecuadamente construido y dispuesto para suministrar a las respectivas válvulas eléctricas, en el inversor -14-, una familia de impulsos de puerta que disparará las válvulas en una secuencia predeterminada y a una frecuencia fundamental, determinada por el valor de la señal ω_e^* de control de frecuencia de excitación. Los intervalos conductores de corriente del estator de las glándulas -inversoras así se inician en cada ciclo en un modelo escalonado, que da por resultado formas de onda similares a aquellas ilustradas en la figura 2B, donde puede observarse que los intervalos anunciados con las bases B y C de los arrollamientos están desplazados en fase respecto a los intervalos de fase A por un tercio y dos tercios, respectivamente de un ciclo entero de la frecuencia fundamental. La secuencia de fase y por ello la dirección de rotación del motor, corresponde al modo de -

secuencia de los impulsos de fuerza y se determina prácticamente por una señal de mando avance/retroceso, suministrada desde un panel de control (no ilustrado) y aplicada al medio -75- de control inversor en el terminal -76-.

5

Ahora resultará evidente que el lazo -50- regulador exterior responde a cualquier diferencia entre la señal T de realimentación de par de fuerzas sobre la línea -48- y la señal de mando T^* sobre el terminal -22-, para variar la frecuencia de conmutación de las válvulas inversoras en un sentido corrector, incrementando o disminuyendo por ello la frecuencia de excitación del estator según sea necesario para reducir el valor de la diferencia a cero. La señal T de realimentación de par de fuerzas sobre la línea -48- se destina a ser representativa de la magnitud actual y dirección relativa del par de fuerzas en el rotor del motor -12- cuando se excita. La misma puede derivarse del motor por cualquier medio adecuado.

10

15

20

Preferentemente, la señal T de realimentación de par de fuerzas se obtiene desde el circuito -80- elaborado de par de fuerzas mejorado, que se construye y dispone de acuerdo con las enseñanzas de la patente de EE. UU. nº 4.023.083 concedida a A.B. Plunkett el 10 de mayo de 1.977 y transferida a la General Electric Co. Como se explica más detalladamente en la misma, este componente confía en señales de realimentación de corriente de excitación de estator, derivadas de la disposición

25

de transformadores de corriente -57-, acoplados a las respectivas líneas de energía de corriente alterna -19-, -20- y -21-, y también confía en señales de realimentación de flujo de motor, derivadas del circuito de tratamiento del flujo -27-, que tantea el flujo electromagnético actual a través del entrehierro de rotor/estator en el interior -- del motor -12-. El circuito de tratamiento de flujo -27- está construido ventajosamente de acuerdo con las enseñanzas de la patente de EE.UU. nº 4.011.489 expedida a favor de A.B. Plunkett y J.P. Franz el 8 de marzo de 1.977 y - transferida a la General Electric Co. Las enseñanzas de ambas patentes citadas en este párrafo se incorporan en - la presente como referencia.

Como se describe más plenamente por Plunkett y Franz, el circuito -27- elaborador de flujo comprende una cantidad de bobinas -81-, -82- y -83- de múltiples vueltas montadas en la proximidad de las bobinas principales de los arrollamientos de estator en ranuras de estator preseleccionadas con el fin de tantear el flujo actual, producido a través del entrehierro entre el estator y el rotor del motor -12-, cuando se excita el estator, por lo que cada bobina tanteadora ha inducido en él mismo señales de voltaje sustancialmente proporcionales al régimen de variación del flujo a través del sector adyacente del entrehierro de estator-rotor y una pluralidad de circuitos integradores -84-, -85- y -86- conectados respectivamente a las bobinas tanteadoras antedichas, con el fin de producir señales de realimentación de flujo, que son inte--

grales de tiempo de las señales de voltaje inducidas, por lo que, tanto la magnitud, como la fase del flujo de entrehierro de estator-rotor actual se representan fielmente por las señales de realimentación de flujo.

5 Según se describe en la antes citada patente de EE.UU nº 4.088.934, la estabilidad del sistema de transmisión de motor, ilustrado bajo condiciones de carga variante, se fomenta y la conducta transiente del sistema se mejora generalmente, procurando el lazo -70- interior, arriba mencionado en el canal de control de frecuencia del inversor
10 -14- y utilizando este lazo para controlar la excitación del motor como una función del "ángulo de par de fuerzas", actual en la máquina. Por ángulo de par de fuerzas se entiende el ángulo de fase entre dos vectores, que representan respectivamente, el flujo de las corrientes, que interactúan en el motor para desarrollar el par de fuerzas
15 de salida. A causa de su relativa accesibilidad en el sistema ilustrado, el ángulo de fase entre el vector de corriente de estator y el vector de flujo de entrehierro de
20 estator-rotor se adopta como el ángulo de par de fuerzas. Este ángulo es positivo durante el modo motriz en la dirección de avance y negativo durante el frenado en la dirección de avance. La posición relativa de los vectores flujo/corriente, es decir relación positiva o negativa de
25 ángulo se compensa por la señal FWD/REV aplicada al terminal -69- en el elaborador de par de fuerzas -80-. La señal FWD/REV hace que la señal T de par de fuerzas se invierta durante el funcionamiento inverso, de modo que la

señal T siempre es un valor positivo durante el modo motoriz.

El lazo estabilizador -70- está dispuesto para variar la frecuencia de excitación del estator, como sea necesario para reducir al mínimo el valor de cualquier error entre una señal de realimentación de ángulo de par de fuerzas, representativa del ángulo de fase actual, y la señal de mando $\sin \theta_T^*$ que representa un ángulo de fase deseado. Como ha descrito previamente, esta última señal misma varía en un sentido corrector en respuesta a cualquier error no mínimo, en que la señal de T de realimentación de par de fuerzas de motor actual sobre la línea -48- y la señal T^* de control de par de fuerzas deseada en el terminal -22- en el lazo -50- regulador exterior, ilustrado en la figura 1. Para derivar la señal de realimentación de ángulo, se acopla medios adecuados de tratamiento de ángulo de par de fuerzas al motor -12-. En medio del tratamiento de ángulo que ilustra la forma de bloque en -90- y puede construirse y disponerse de acuerdo con las enseñanzas de la antedicha patente de EE.UU. nº 4.088.944 expedida a favor de D'Atre y otros el 9 de mayo de 1.978.

La señal de realimentación de ángulo, que se deriva por el elaborador -90- se suministra a través de una línea -92- a un medio sumador -93-, donde es combinada con la señal de mando de ángulo deseado desde el conmutador -56-. En el medio sumador -93- estas señales de mando y de realimentación son comparadas y se deriva una señal de error, representativa de sus diferencias. La señal de

error aparece sobre la línea -94- que se conecta a la línea -71- de frecuencia de resbalamiento por medio de un circuito de ganancia -55- teniendo una característica de transferencia proporcional. Así, el valor de la señal ω_{sl} de frecuencia de resbalamiento es una función de cualquier diferencia entre las señales de mando de ángulo de par de fuerzas y de realimentación.

El funcionamiento del lazo estabilizador -70- se revisará ahora. Primero se observará que la frecuencia de la corriente, que excita los arrollamientos de estator del motor se determina por la frecuencia de conmutación fundamental de las válvulas eléctricas en el inversor -14- y que variaciones en la última frecuencia trasladarán transientemente los intervalos conductivos de corriente de estator y, por lo tanto, la posición de fase relativa del vector de corriente de estator. Más particularmente, cuando la frecuencia de situación está aumentando, el vector de corriente de estator está avanzando en fase (es decir, el ángulo de este vector está creciendo en el sentido positivo respecto a una posición de referencia predeterminada) y cuando la frecuencia de excitación está disminuyendo, la fase del vector de corriente se está retardando (es decir que el ángulo está disminuyendo en el mismo sentido y aumentando en el sentido opuesto respecto a la posición de referencia predeterminada). Proximamente se supondrá que el valor de la señal T^* de control de par de fuerzas deseado, aplicada al lazo -50- regulador del par de fuerzas del rotor, se reduce repentinamente a

un importe predeterminado desde su punto motriz de avance en régimen de carga en estado constante. Esto causa -- una disminución repentina en la señal de mando de ángulo $\sin\theta_T^*$ y una disminución correspondiente en la señal de error de ángulo sobre la línea -94-, cuya disminución, a su vez, es reflejada por una reducción proporcionada en la señal ω_{sl} de frecuencia de resbalamiento sobre la línea -71-, por consiguiente, por una disminución empinada en la señal ω_e^* de control de frecuencia de excitación.

Los controles -75- de disparo del inversor -14- responden a la disminución últimamente mencionada, rebajando la frecuencia de conmutación del inversor, por lo que se rebaja la frecuencia de excitación de estator fundamental. Esto reduce la frecuencia de resbalamiento del motor, y en el proceso retarda la posición regular del vector de corriente de estator respecto al vector de flujo de entrehierro de estator-rotor (es decir, reduce el ángulo de par de fuerzas) dando como resultado, tanto la señal de rehabilitación de par de fuerzas sobre la línea -48-, como la señal de realimentación de ángulo sobre la línea -- -92-, disminuyen en valor, y la frecuencia de estator fundamental alcanza con rapidez el equilibrio en un nuevo -- punto operativo, en que existe igualdad entre la señal de realimentación de par de fuerzas actual y el valor del par de fuerzas, mandado por la señal T^* de control reducido en el lazo -50- regulador del par de fuerzas exterior y en que no existe más que una diferencia mínima entre la señal de realimentación de ángulo y el nuevo valor de la señal

de mando de ángulo en el lazo -70- estabilizador interior.

De una manera similar a aquella descrita arriba para un cambio empujado en el valor mandado del ángulo de par de fuerzas, el lazo interno -70- responde a variaciones al azar de la señal de realimentación de ángulo actual (debido a anomalías o trastornos de cualquier clase en el motor o en su carga conectada) iniciando una variación correctiva en la excitación del estator, por lo que se restaura inmediatamente el ángulo apropiado. Esto impide que el motor exhiba oscilaciones auto-sostenidas alrededor de un punto operativo de estado constante. En efecto, la posición angular actual del vector de corriente de estator se hace que espontáneamente al mando de ángulo deseado $\sin\theta_T^*$ y el sistema se hace auto-sincronizador. Desde otro punto de vista, el ángulo de par de fuerzas, que derivan efectos del lazo interior -70- puede decirse que sincroniza las señales del paro del inversor -14- (es decir, los momentos de conmutación de corriente actual) al flujo de entrehierro de estator-rotor, por lo tanto, al contador de motor EMF, por lo que se elimina el tipo pendular de inestabilidad. Para una descripción más detallada en el sistema de propulsión, usando control de ángulo, puede hacerse referencia a la antes mencionada patente de EE.UU. número 4.088.934, cuya descripción se incorpora aquí como referencia.

Durante el modo motriz, es decir, cuando el motor -

-12- se usa para la propulsión, los conmutadores -52- y -53- están acondicionados de tal modo que la señal de error de par de fuerzas se elabora a través de una red de ganancia -55- teniendo una característica de transferencia integral más proporcional, por lo que un error de estado constante cero puede obtenerse. Durante el frenado eléctrico, los conmutadores -52- y -53- se acondicionan de modo que la señal de error de par de fuerzas se trata a través de otra red -56- de compensación teniendo una característica de transferencia de la forma

$$\frac{K(S^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2)(K_1 S + 1)}{(S + K_2)(S + K_3)S}$$

que se reconocerá por los expertos en la materia como un filtro cuadrático de una función de transferencia integral más proporcional. La señal compensada también se trata a través de una red sumadora -58-, que eficazmente incrementa la magnitud del error de par de fuerzas durante la transición del modo motriz al modo frenador, cuando el régimen de cambio de flujo es relativamente grande y el par de fuerzas es relativamente pequeño. Este incremento en la magnitud de la señal de error de par de fuerzas efectivamente aparece como un incremento en la ganancia general de lazo de control.

Haciendo referencia durante un instante a la figura 3, en la misma se ilustran curvas típicas de par de fuerzas frente a resbalamientos para un motor de inducción de corriente alterna. La línea -61- continua representa una respuesta de resbalamiento de par de fuerzas

para funcionamiento de flujo constante y la línea rayada -62- representa una respuesta de par de fuerzas-resbalamiento para un funcionamiento de corriente constante. - Cuando el motor está en un medio frenador de funciona-

5 miento, como se ha descrito anteriormente, el regulador de excitación anula contracorriente, es decir, que el conmutador -31- está acondicionado de modo que la señal de corriente II se acople a la juntura -53-. Como puede observarse en la curva -62-, durante el frenado eléctrico, el par de fuerzas aumenta de un modo relativamente rápido (en una dirección negativa) para pequeñas variaciones en frecuencia de resbalamiento. Al hacerlo así, el flujo de entrehierro también aumenta muy rápidamente. Como el sistema de control trata de regular a un nivel -

10 de par de fuerzas deseado durante esta transición, puede haber una tendencia a que el control regule sobre la porción empinada de la curva de corriente constante, lo que es indeseable porque cambios de frecuencia de resbalamiento muy pequeños dan por resultado grandes variaciones de par de fuerza. Adicionalmente, un alto par de fuer-

15 zas, en la región de resbalamiento bajo, se caracteriza por saturación de flujo, grandes corrientes transientes y pulsaciones armónicas de par de fuerzas que pueden ser perjudiciales para el motor. Como es bien conocido, el pico de la curva -61- de flujo constante generalmente ocurre en frecuencia de resbalamiento de salida hacia fuera, mientras que el pico de la curva -62- de corriente constante ocurre a 20 por 100 o menos de la frecuencia de --

20

25

resbalamiento de salida hacia fuera. Por ejemplo, en un motor accionado según el sistema ilustrado, la frecuencia de resbalamiento de salida fuera ocurrió aproximadamente a 10Hz, mientras que el pico de la curva de corriente constante apareció aproximadamente a 1-1/2 Hz.

De acuerdo con ello, con el fin de facilitar la transición a través de esta región, cuando se entra en el modo de frenado, el presente sistema fuerza al sistema de control a la transición rápida, hasta aquella porción de la curva de corriente constante, en que un incremento en la frecuencia de resbalamiento (es decir, en una dirección positiva) dará por resultado un incremento en el par de fuerzas. El presente sistema consigue este resultado deseable haciendo variar la ganancia del lazo de control, que responde al error de par de fuerzas, incrementando la señal de error de par de fuerzas, principalmente como una función de régimen de cambio del flujo hasta un punto en que el régimen de variación del flujo es relativamente pequeño y se ha alcanzado el par de fuerzas a un nivel aproximadamente deseado. En este punto la regulación de nuevo es capaz de trazar un par de fuerzas deseado.

Haciendo referencia de nuevo a la figura 1, la compensación del error de par de fuerzas durante la transición al frenado eléctrico, utiliza la señal de flujo $|\Psi|$ desde el circuito -28- de valor absoluto, que se diferencia por la red derivación -63- para producir una señal $|\dot{\Psi}|$ representativa del régimen de tiempo de variación

de la magnitud del flujo del motor. Una línea -64- acopla la señal $|\dot{\psi}|$ a un terminal de entrada dividiendo, de un circuito divisor -65-. Un terminal de entrada divisor de un circuito divisor -65- se conecta hasta recibir una

5 señal T' proporcional al par de fuerzas desarrollado por el motor -12-, haciendo notar que el sentido de la señal T de par de fuerzas es negativo durante el frenado eléctrico. La señal T' de par de fuerzas es procurada a través de un circuito -66- limitador desde el tratador de

10 par de fuerzas -80-. El circuito limitador -66- asegure que el valor mínimo de T' sea mayor que cero para evitar dificultades de dividir por cero.

El circuito divisor -65- funciona para dividir la señal $|\dot{\psi}|$ de flujo diferenciada por la señal T de par de

15 fuerzas. Una señal de compensación de error de par de fuerzas se desarrolla así por el circuito -65-, cuya señal se relaciona inversamente con el par de fuerzas actual de motor y se relaciona directamente con el régimen de tiempo de variación de flujo. De acuerdo con ello, la

20 señal de compensación de error de par de fuerzas está a un máximo durante el periodo de transición entre el modo motriz y el frenador. Esta señal de salida se suma con la señal T_e' de error de par de fuerzas en la juntura sumadora -58- para producir por ello una señal $\sin\theta_{\tau}^*$ muy

25 grande de error de ángulo durante la transición de motor-freno. Así, el sistema rápidamente fuerza el motor a la transición a través de un bajo par de fuerzas, cambiando rápidamente la zona de flujo a un área operativa más esta

ble. En las zonas operativas estables el par de fuerzas es relativamente grande y el régimen de cambio de flujo es relativamente pequeño, de modo que la señal sumada a la señal T_e' de error de par de fuerzas en la juntura sumadora -58- es despreciable y puede ignorarse el circuito comprendiendo los bloques -63-, -65- y -66-.

Los conmutadores -18-, -31-, -52- y -53- funcionan en respuesta a una señal de mando de motor para freno (M/B) aplicada al circuito -100- de control de conmutación. En el caso de que los conmutadores -18-, -31-, -52- y -53- sean contactores electromecánicos, el circuito -100- comprendería aparatos adecuados para suministrar la energía necesaria para mover tales contactores, todo ello de una manera bien conocida en la técnica. Alternativamente, si se utilizasen conmutadores en estado sólido, el circuito -100- se adaptaría adecuadamente para controlar tales conmutadores.

Describiendo brevemente el funcionamiento del sistema de la figura 1, para una orden de par de fuerzas cero, el circuito limitador -40- procura una señal de error de explicación mínima manteniendo así un valor mínimo predefinido de la excitación del motor, de modo que un flujo mínimo correspondiente pueda establecerse inicialmente en el motor -12-. Una señal de mando separada desde el panel de control (no ilustrado) controla los conmutadores -52-, -53- y -31- de motor/freno (M/B) como una función del modo operativo deseado en el sistema, es decir, un operador exigirá, bien sea modo motriz o frenador y -

aquel mando accionará los conmutadores -52-, -53- y -31- para colocarles en la posición correcta para el deseado modo de funcionamiento. Si se desea frenado dinámico -- eléctrico o retardo, una señal de control se aplica para
5 abrir el conmutador -18-, por lo que se forzará corriente regenerada a través del resistor de frenado -17-. Se supone, para facilidad de ilustración, que el sistema - descrito se aplica a un vehículo de tracción (por ejemplo, un vagón de ferrocarril subterráneo) en que el motor
10 -12- se conecta en relación propulsora con una o varias ruedas del vehículo, un operador del vehículo ordenará el movimiento y la dirección, por manipulación del equivalente de un estrangulador y un mecanismo de control de dirección. Puede procurarse un mecanismo de control
15 separado para ordenar un modo de funcionamiento motoriz o frenador, cuyo mecanismo de control energiza los conmutadores -52-, -53- y -31- para poner sus respectivos contactos, bien sea en una posición motriz (M) o en una posición frenadora (B). Puesto que ambos conmutadores
20 mecánicos y electrónicos, adecuados para la aplicación a la función de los conmutadores -52-, -53- y -31-, son bien conocidos en la técnica, los detalles y disposiciones de accionamiento para estos conmutadores no se han ilustrado.

25 Cuando el operador ordena modo motriz en una dirección de avance, el circuito se completa entre los terminales comunes -51-, -68-, y -31a- y los respectivos terminales marcados M de los conmutadores -52-, -53- y -31-.

La señal de mando de avance (FWD) se aplica a los terminales -69- y -76- del elaborador de par de fuerzas -80- y de la lógica de disparo -75-, respectivamente. El movimiento del estrangulador antes mencionado hace que la señal T^* de mando de par de fuerzas se aplique al terminal -22-.

Un incremento en la señal T^* de mando de par de fuerzas dará por resultado un incremento en la señal T_e de error de par de fuerzas sobre la línea -44-. Puesto que el nivel de flujo en el motor -12- en el arranque hacia arriba está por debajo en el valor mínimo predeterminado, el circuito -42- de compensación de ganancia no influirá sobre la señal T_e que, por lo tanto, aparecerá igual sobre la línea -49- y sobre la línea -44-. Como los conmutadores -52- y -53- están en la posición motriz (M), la señal T_e estará acoplada a través de un amplificador -55- integral más proporcional dentro del lazo -70- de control de ángulo en la juntura sumadora -93- como se ha descrito aquí anteriormente. El lazo -70- de control de ángulo procura una señal ω_e al medio -75- de control de disparo que, a su vez, ajusta el disparo de las válvulas en el inversor -14- de una manera tal que se conecte secuencialmente los arrollamientos de estator del motor -12- al eslabón -15- de corriente continua.

El disparo de las válvulas en el inversor -14- hace que la corriente I de estator fluya (debido al pequeño voltaje V_R inicial de excitación, establecido a través del limitador -40-) y que se genere un flujo resultante Ψ .

La interacción entre el flujo Ψ y la corriente I de es
tator crea un par de fuerzas T en el motor -12- para ha
cer que su rotor comience a girar. La señal resultante ω_r
se acopla dentro del lazo -30- de control de excitación
5 por via del circuito -29- de generador de función. En -
tanto que ω_r es representativo de una velocidad angular
de rotor por debajo del nivel predeterminado, es indepen
diente la velocidad de punto de ángulo del motor, el cir
cuito -29- de generador de función procura una señal de
10 salida, representativa de un multiplicador de unidad, cu
ya señal se acopla al terminal de entrada del multiplica
dor, del circuito multiplicador -25-. La señal de flujo
 $|\Psi|$ se acopla al terminal de entrada del multiplicador del
circuito -25- donde se multiplica por la señal de salida
15 del circuito -29- antes de ser equilibrada contra la se
ñal $|I|$ de realimentación de corriente del estator en la
juntura sumadora -23-. El equilibrado del flujo, contra
corriente de estator, establece un punto operativo de mo
tor predeterminado, según se evidencia por la señal ϕ_c^*
20 desarrollada sobre la línea -38A-, que se convierte en -
una señal de mando de excitación. En el modo motriz, el
conmutador -31- está en la posición motriz (M) y el la
zo -30- de excitación compara la señal de mando de exci
tación contra la señal $|\Psi|$ de realimentación de flujo,
25 para establecer una señal de error para controlar la sa
lida de voltaje V_R y, por lo tanto, para alterar la mag
nitud de la corriente de estator, aplicada al motor -12-,
de manera que se ajuste en el nivel de flujo de entrehie

rro al valor deseado.

Dentro del lazo -50- del control de par de fuer--
zas, la red -42- responde a la señal $|\Psi|$ de realimenta
ción de flujo para reducir la magnitud de la señal de
5 error de par de fuerzas T_e' sobre la línea -49-, según
aumenta el nivel de flujo, para disminuir por ello la
ganancia del lazo de control -50-. El tratador de par
de fuerzas -80- computa desde la señal Ψ de flujo y --
desde la señal I de corriente de estator, la magnitud
10 del par de fuerzas producido por el motor -12- y gene-
ra la señal T de par de fuerzas que se suma con la se-
ñal T^* de mando de par de fuerzas, para producir la -
señal T_e de error de par de fuerzas. Puesto que ambos
conmutadores -52- y -53- están en la posición motriz
15 (M), la señal T_e' de error de par de fuerzas modifica-
da se acopla, a través del amplificador -55- integral
más proporcional, dentro del lazo -70- de control de -
ángulo. El lazo -70- de control funciona como se ha --
descrito arriba y en la antes mencionada patente de --
20 EE.UU. nº 4.088.934 para ajustar el ángulo entre el --
vector Ψ de flujo y el vector de corriente de estator
de una manera que reduzca al mínimo la señal de error
de par de fuerzas.

Cuando se pide que el motor -12- funcione del mo-
25 do retardador eléctrico, los conmutadores -52-, -53- y
-31- se mueven a la posición frenadora (B). En el lazo
-30- de control de excitación, la señal ϕ_c^* ahora se
anula contra la magnitud de la corriente de excitación

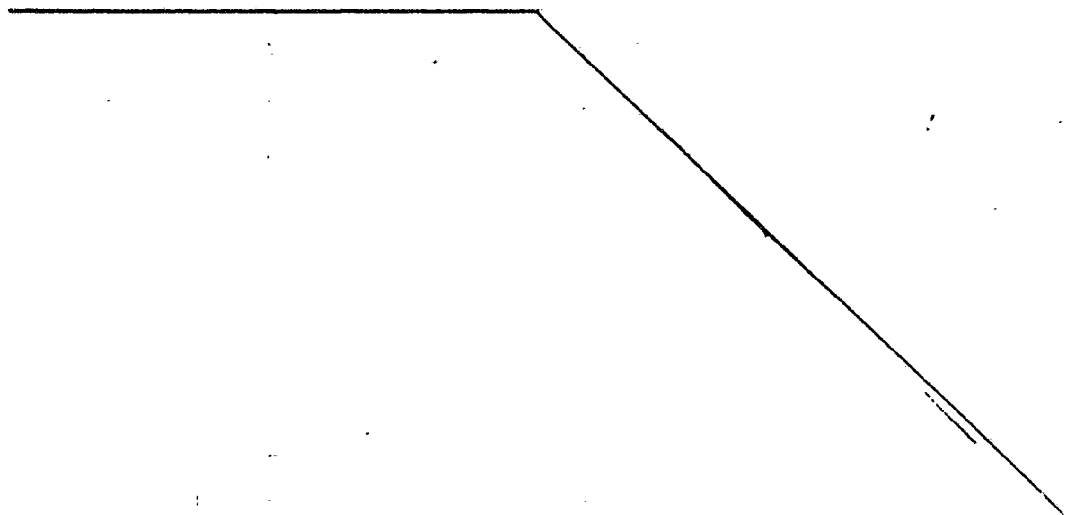
más bien que contra la magnitud de flujo en el motor -
-12-. En el lazo -50- de control de par de fuerzas, la
señal $|\Psi|$ de flujo se diferencia en el circuito -63-,
dividida por la magnitud del par de fuerzas T en el cir-
5 cuito -65- y se suma a la señal de error de par de fuer-
zas, modificada desde el circuito -66- en la juntura su-
madora -58-. Tal acción da por resultado una señal de -
error relativamente grande, que se genera durante la --
transición de motor a freno, cuando el flujo está cam--
10 biando rápidamente y fuerza el punto operativo, para el
que el control está tratando de establecerse rápidamen-
te sobre una porción estable de la característica de par
de fuerzas (resbalamiento).

Durante el retardo eléctrico, el conmutador -18- se
15 abre por medios convencionales, forzando por ello corrien-
te en el eslabón -15- de corriente continua a pasar a tra-
vés del resistor de freno dinámico -17-. El suministro -
-13- de energía de corriente continua modula el resistor
-17- ajustando el voltaje V_R en respuesta al lazo -30- -
20 de regulación de excitación. Un incremento en la magni-
tud de V_R hace que el valor efectivo del resistor -17- -
aparezca menor, es decir, la impedancia reflejada en el
juego de terminales de corriente continua del inversor -
-14- se disminuye efectivamente. A velocidades altas y -
25 a fuerzas de caballos en régimen de motor -12-, el sumi-
nistro -13- está desconectado, es decir, V_R está en cero
y la impedancia efectiva en el juego terminal de corrien-
te continua del inversor -14- es el valor del resistor -

-17-. Cuando disminuye la velocidad del rotor del motor -12- por debajo del punto de fuerza de caballos constante, el suministro de corriente continua -13- aumenta el voltaje V_R eficazmente modulando el resistor -17-, por lo que la impedancia reflejada en el juego terminal de corriente continua del inversor -14-, se disminuye, y esto permite que se produzca par de fuerzas retardador constante hasta la detención virtual.

El sistema así descrito controla la magnitud de la excitación aplicada al motor -12-, equilibrando el flujo de entrehierro desarrollado en el motor contra la corriente de estator, por lo que se consigue una característica de respuesta operativa del motor preferida para el nivel ordenado de par de fuerzas. En adición, el sistema elimina la necesidad de determinación previa en su punto operativo sobre la curva característica de respuesta seleccionada, conmutando desde una regulación de flujo a un modo de regulación de corriente después de pasar la transición desde un modo motriz a un modo frenador. Además, el sistema fuerza un traslado rápido a través de un punto inestable, operativo de bajo resbalamiento a un punto operativo más estable y normal durante la transición del modo motriz al modo frenador, modificando la señal de error de par de fuerzas, en respuesta al régimen de incremento de la magnitud de flujo y la magnitud del par de fuerzas de motor. Todavía adicionalmente, el sistema incluye aparatos para variar la ganancia del lazo de control de error de

par de fuerzas, como una función de niveles de flujo en -
el motor -12-, por lo que la respuesta del motor a una se
ñal de mando de par de fuerzas se renueva al grado óptimo.
Cada una de estas mejoras enumeradas da como resultado un
5 sistema de control de motor de inducción más responsable,
particularmente en combinación con el sistema de control
de ángulo inversor alimentado por corriente, ilustrado. -
Mientras que ejecuciones específicas del presente invento
han sido mostradas y descritas stítulo de ilustración, pro
10 bablemente se les ocurra a los expertos en la materia, va
rias modificaciones. Por ejemplo, donde la descripción y
los dibujos implican que los circuitos descritos o sus --
funciones se realicen usando técnicas análogas, se enten-
derá que los mismos resultados podrían conseguirse alter-
15 nativamente usando técnicas digitales, incluyendo complemen-
to por microtratadores o miniordenadores. Por lo tanto, -
los inventores se proponen, por las reivindicaciones --
conclusivas, cubrir todas aquellas modificaciones, que --
caigan dentro de la verdadera idea y alcance del invento.
20 La presente Patente de Invención recaerá sobre las -
reivindicaciones que se indican a continuación.



REIVINDICACIONES

5 1a.- Mejoras en un sistema de control de motor eléctrico de corriente alterna, incluyendo una fuente de excitación, comprendiendo un aparato de conversión de energía eléctrica, que suministra energía de corriente alterna de frecuencia y magnitud variables por via de conductores eléctricos a un estator del motor, con el fin de efectuar movimiento de un rotor del motor en relación al estator, debido a la interacción de corriente y flujo en el motor cuando se excita, incluyendo al sistema, un primer lazo de control, que responde a una señal de mando de par de fuerzas, para regular la frecuencia de la energía de corriente alterna para alcanzar el par de fuerzas ordenado y un segundo lazo de control, que responde a una
10 15 señal de mando de excitación para ajustar la magnitud de la energía de corriente alterna, caracterizadas por comprender:

a) Un primer medio acoplado a dicho motor para derivar una señal de realimentación de flujo, representativa de la magnitud del flujo de entrehierro en el motor;
20

b) Un segundo medio acoplado a conductores eléctricos, para derivar una señal de realimentación de corriente representativa de la magnitud de la corriente del estator en el motor;

25 c) Un tercer medio, acoplado a dicho motor, para derivar una señal de realimentación de velocidad, representativa de la velocidad angular del rotor del motor;

d) Cuartos medios, conectados para modificar dicha

señal de realimentación de flujo como una función prede-
terminada de dicha señal de realimentación de velocidad,
para derivar una señal equilibradora de flujo; y

5 e) Un quinto medio conectado para sumar dicha señal
equilibradora de flujo y dicha señal de realimentación -
de corriente, para derivar la señal de mando de excita-
ción.

2a.- Mejoras según la reivindicación 1a, caracteri-
zadas porque dicho cuarto medio comprende:

10 a) Un generador de función, conectado para recibir
dicha señal de realimentación de velocidad y para produ-
cir una señal multiplicadora, teniendo una relación pre-
determinada con dicha señal de realimentación de veloci-
dad; y

15 b) Medios multiplicadores conectados para multipli-
car dicha señal de realimentación de flujo por dicha se-
ñal multiplicadora para producir dicha señal equilibrado-
ra de flujo.

20 3a.- Mejoras según la reivindicación 2a, caracteri-
zadas porque dicha señal multiplicadora representa un mul-
tiplicador fijo predeterminado desde velocidad cero del
rotor a velocidad de punto de ángulo del motor y represen-
ta un multiplicador creciente por encima de la velocidad
de punto de ángulo del motor, por lo que el equilibrio
25 entre flujo y corriente por encima de la velocidad de pun-
to de ángulo, es una función inversa de la velocidad an-
gular del motor, de tal modo que el sistema de control -
tiende a hacer funcionar el motor de un modo de fuerza -

de caballos constante, por encima del punto de ángulo -
del motor.

5 4a.- Mejoras según la reivindicación 1a, caracteri-
zadas porque dicha señal de mando de excitación se anula
contra una señal de realimentación de excitación para -
derivar una señal de error para controlar la magnitud -
de excitación suministrada al motor.

10 5a.- Mejoras según la reivindicación 4a, caracteri-
zadas porque dicha señal de realimentación de excitación
comprende dicha señal de realimentación de flujo cuando
el motor se hace funcionar de un modo de propulsión y com-
prende dicha señal de realimentación de corriente cuando
el motor se hace funcionar de un modo retardador eléctri-
co.

15 6a.- Mejoras según la reivindicación 4a, caracteri-
zadas porque el aparato de conversión de energía eléctri-
ca comprende:

20 a) Un suministro controlable de energía de corrien-
te continua, adaptado para ser conectado a una fuente de
energía eléctrica para suministrar energía de corriente
continua de magnitud controlada a un juego de terminales
de salida de corriente continua;

25 b) Un inversor de energía eléctrica estático de fre-
cuencia variable teniendo juegos de terminales de corrien-
te continua y corriente alterna y un juego de terminales
de control;

c) Un eslabón de corriente continua para interconec-
tar dicho juego terminal de corriente continua de dicho

inversor y dicho juego de terminales de salida de corriente continua para dicho suministro de energía;

5 d) Una cantidad de conductores de corriente para interconectar dicho juego de terminales de corriente al terna de dicho inversor y correspondientes terminales de energía del motor;

10 e) Un medio para acoplar el primer lazo de control a dichos terminales de control de dicho inversor para regular la frecuencia de energía de corriente alterna suministrada al motor de una manera que tienda a reducir al mínimo cualquier diferencia entre la señal de mando de par de fuerzas y el par de fuerzas actual, desarrollado por el motor; y

15 f) Medios para acoplar el segundo lazo de control a dicho suministro de corriente continua, por lo que la magnitud de dicha energía de corriente continua se regula a un valor tendente a reducir al mínimo cualquier diferencia entre dicha señal de mando de excitación y dicha señal de realimentación de excitación.

20 7a.- Mejoras de acuerdo con las reivindicaciones precedentes, caracterizadas por:

a) Primeros medios para derivar una señal de realimentación de flujo, representativa de la magnitud del flujo de entrehierro en el motor;

25 b) Un segundo medio para derivar una señal de realimentación de corriente representativa de la magnitud de la corriente de estator en el motor; y

c) Terceros medios para sumar dicha señal de rea-

limentación de flujo y dicha señal de realimentación de corriente para derivar la señal de mando de excitación.

8a.- Mejoras según la reivindicación 7a, caracterizadas por incluir:

- 5 a) Un medio para derivar una señal de realimentación de velocidad, representativa de la velocidad angular del rotor del motor; y
- b) Un medio para modificar dicha señal de realimentación de flujo como una función predeterminada de dicha señal de realimentación de velocidad, por lo que el motor puede hacerse funcionar de un modo con constantes -
10 caballos de fuerza, por encima de la velocidad de punto de ángulo del motor.

9a.- Mejoras según las reivindicaciones precedentes,
15 caracterizadas por comprender medios operativos cuando - el motor está funcionando de un modo frenador eléctrico, para variar la ganancia del primer lazo de realimentación, como una función directa del régimen de variación de la magnitud de flujo en el motor y como una función -
20 inversa de la magnitud del par de fuerzas desarrollado - por el motor.

10a.- Mejoras según la reivindicación 9a, caracterizadas porque dicho medio variador de ganancia comprende:

- 25 a) Un medio para derivar una señal de flujo representativa de la magnitud de flujo en el motor;
- b) Un medio para derivar una señal de par de fuerzas, representativa del par de fuerzas desarrollado por

el motor;

c) Un medio para diferenciar dicha señal de flujo para derivar una primera señal representativa del régimen - de tiempo de variación de dicha señal de flujo;

5 d) Un medio para dividir dicha primera señal por dicha señal de par de fuerzas para producir una señal de -- compensación de error de par de fuerzas; y

e) Un medio para sumar dicha señal de compensación - de error de par de fuerzas en el primer lazo de realimentación para variar por ello la ganancia efectiva del primer lazo de realimentación como una función de la magni--
10 tud de dichas señales de flujo y par de fuerzas.

11ª.- Mejoras según la reivindicación 9ª, caracterizadas porque el primer lazo de realimentación incluye:

15 a) Un medio para derivar una señal de par de fuer-- zas, representativa del par de fuerzas desarrollado por el motor;

b) Un medio para derivar una señal de flujo, representativa del flujo desarrollado por el motor;

20 c) Un primer medio para combinar la señal de mando con dicha señal de par de fuerzas para derivar una señal de error de par de fuerzas;

d) Un medio para derivar una señal de compensación de error de par de fuerzas, directamente proporcional al régimen de tiempo de variación de dicha señal de flujo e inversamente proporcional a la magnitud de dicha señal de
25 par de fuerzas;

e) Un medio para sumar dicha señal de compensación

de error de par de fuerzas a dicha señal de error de --
par de fuerzas, para producir por ello una señal de error
teniendo una magnitud relativamente grande durante la ini-
ciación del frenado eléctrico; y

5 f) Un medio, que responde a dicha señal de error pa-
ra controlar la frecuencia de la excitación aplicada al -
motor de una manera tendente a reducir al mínimo la señal
de error.

10 12a.- Mejoras según la reivindicación 11a, caracteri-
zadas porque dicho primer lazo de realimentación incluye
medios para elaborar dicha señal de error de par de fuer-
zas, a través de un primer camino, incluyendo una primera
red de filtro, cuando el motor se hace funcionar de un mo-
do motriz y a través de un segundo camino, incluyendo una
15 segunda red de filtro, cuando el motor se hace funcionar
de un modo frenador eléctrico, incluyendo dicho segundo -
camino una juntura sumadora para combinar dicha señal de
error de par de fuerzas con dicha señal de compensación -
de error de par de fuerzas.

20 13a.- Mejoras según la reivindicación 12a, caracteri-
zadas porque dicha primera red de filtro tiene una carac-
terística de transferencia integral más proporcional y di-
cha segunda red de filtro tiene una característica de trans-
ferencia proporcional de filtro cuadrada e integral más -
25 proporcional.

14a.- Mejoras según la reivindicación 10a, caracteri-
zadas por incluir medios para limitar el valor mínimo de
dicha señal de par de fuerzas a dichos medios divisores

a un valor mayor que cero.

15a.- Mejoras según las reivindicaciones precedentes, caracterizadas por comprender:

5 a) Un medio para derivar una señal de flujo, representativa de la magnitud del flujo desarrollado en el motor;

b) Un medio para derivar una señal de par de fuerzas representativa de la magnitud del par de fuerzas desarrollado por el motor;

10 c) Un primer lazo de control, que responde a dicha señal de flujo y a dicha señal de par de fuerzas, para ajustar la magnitud de la energía de la corriente alterna a un valor deseado;

15 d) Un segundo lazo de control, que responde a dicha señal de flujo y a dicha señal de par de fuerzas para desarrollar una señal para ajustar la frecuencia de la energía de corriente alterna a un valor deseado; y

20 e) Un medio en dicho segundo lazo de control para variar la magnitud de la señal desarrollada por dicho segundo lazo de control, como una función directa del régimen de variación de dicha señal de flujo y como una señal inversa de la magnitud de dicha señal de par de fuerzas, siempre que el motor se haga funcionar de un modo frenador eléctrico.

25 16a.- Mejoras según las reivindicaciones precedentes, caracterizadas por comprender medios para variar la ganancia del sistema de control como una función inversa de la magnitud del flujo desarrollado en el motor.

17a.- Mejoras según la reivindicación 16a, caracterizadas porque la señal de mando de par de fuerzas se combina con la señal de realimentación de par de fuerzas del motor, de manera que produzca una señal de error de par de fuerzas representativa de la diferencia entremedias, dividiéndose dicha señal de error de par de fuerzas por la señal de realimentación de flujo del motor, para producir por ello una señal de error de par de fuerzas modificada, cuya magnitud se varia inversamente, de acuerdo con la magnitud de la señal de flujo del motor, por lo que se varia la ganancia del sistema de control.

18a.- Mejoras según la reivindicación 17a, caracterizadas por incluir un aparato para limitar la magnitud mínima de la señal de flujo mayor que cero.

19a.- Mejoras según las reivindicaciones precedentes, caracterizadas por comprender:

a) Un primer medio, acoplado al motor, para derivar una señal de realimentación de flujo, representativa de la magnitud del flujo de entrehierro en el motor;

b) Un segundo medio, acoplado a los conductores eléctricos, para derivar una señal de realimentación de corriente, representativa de la magnitud de la corriente del estator en el motor;

c) Un tercer medio para combinar dicha señal de realimentación de flujo y dicha señal de realimentación de corriente para generar una señal de realimentación de par de fuerzas, representativa del par de fuerzas desarrollado por el motor;

d) Un medio conectado para sumar dicha señal de realimentación de par de fuerzas y la señal de mando de par de fuerzas para producir una señal de error de par de --
5 fuerzas, representativa de la diferencia entre el par de
fuerzas mandado y el par de fuerzas de motor actual;

e) Un medio para modificar dicha señal de error de par de fuerzas, como una función inversa de la magnitud de dicha señal de realimentación de flujo; y

f) Un medio para utilizar dicha señal de error de --
10 par de fuerzas modificada, para regular la frecuencia de
energía de corriente alterna aplicada al motor.

20a.- Mejoras según la reivindicación 19a, caracterizadas porque dicho medio modificador de la señal de --
error de par de fuerzas comprende:

a) Un circuito de filtro conectado para recibir di
15 cha señal de realimentación de flujo y adaptado para re-
ducir al mínimo excursiones transientes de dicha señal -
de flujo;

b) Un medio limitador, conectado para recibir dicha
20 señal de flujo filtrado y adaptado para limitar la magni-
tud mínima de dicha señal de flujo de filtro a un valor
mayor que cero; y

c) Un medio divisor, teniendo un primer terminal de
25 entrada, conectado para recibir dicha señal de error de
par de fuerzas y un segundo terminal de entrada, conecta-
do para recibir dicha señal de flujo desde dicho medio li-
mitador, estando adaptado dicho medio divisor para divi--
dir dicha señal de error de par de fuerzas por dicha se-

ñal de flujo para producir por ello dicha señal modifica-
da de error de par de fuerzas.

21a.- Por último se reivindica como objeto sobre el
que ha de recaer la presente Patente de Invención que por
5 veinte años se solicita registrar para España, - - - - -

p o r

" MEJORAS EN UN SISTEMA DE CONTROL DE MOTOR ELECTRICO DE
CORRIENTE ALTERNA "

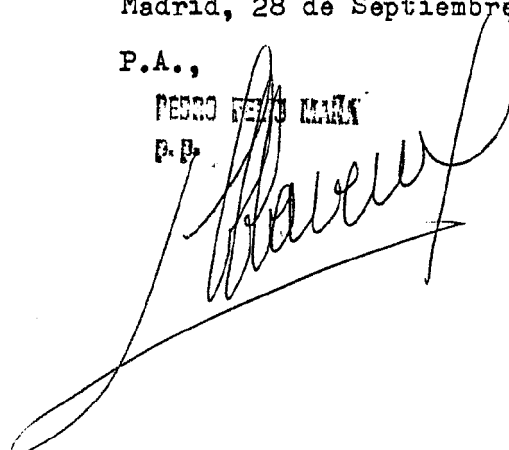
10 Todo conforme queda expresado en la presente Memoria
Descriptiva que consta de cincuenta y siete hojas foliadas
y escritas a máquina por una sola cara y planos que se acom-
pañan.

Madrid, 28 de Septiembre de 1.979.

P.A.,

PEERO VEZTO MAMA

P.B.



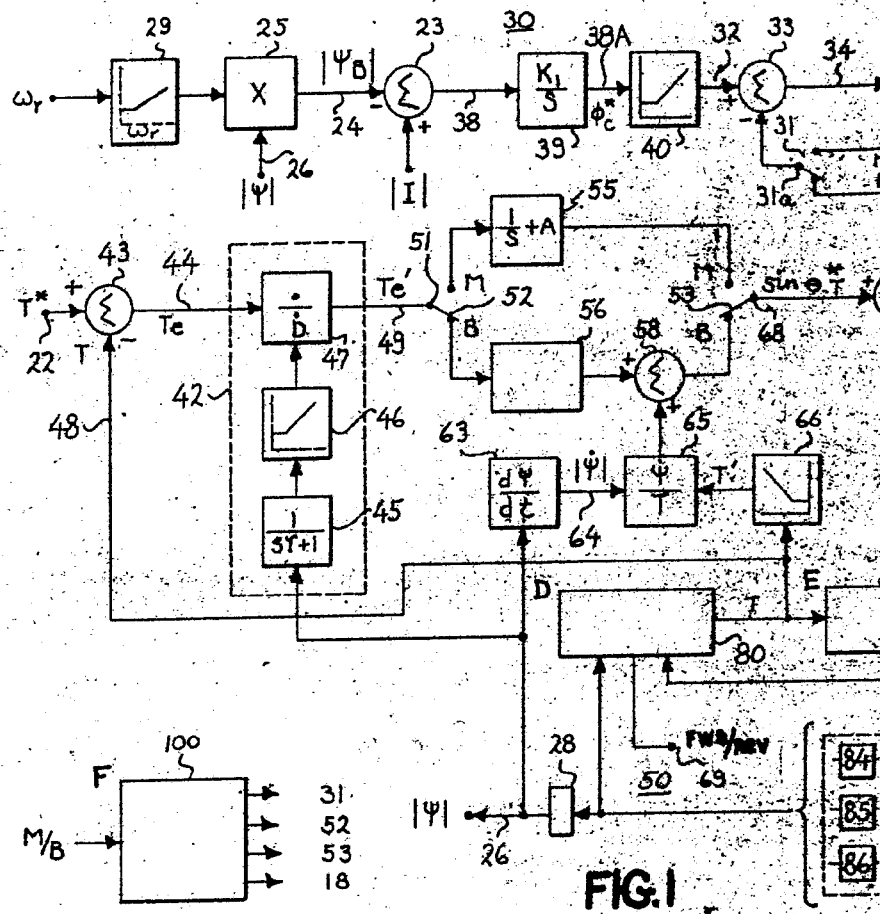


FIG. 1

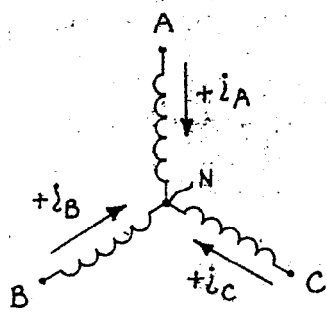


FIG. 2A

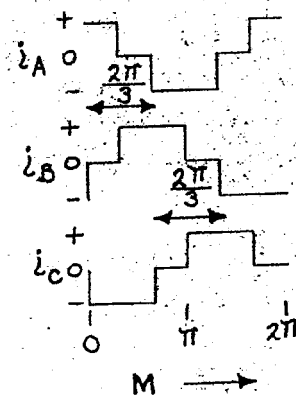


FIG. 2B

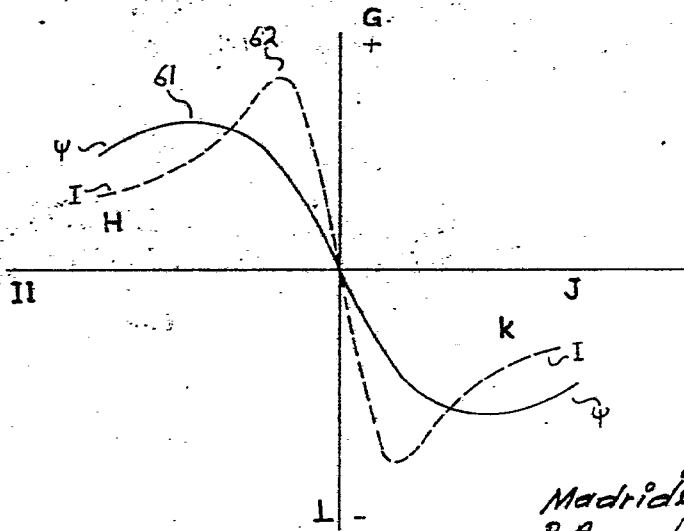
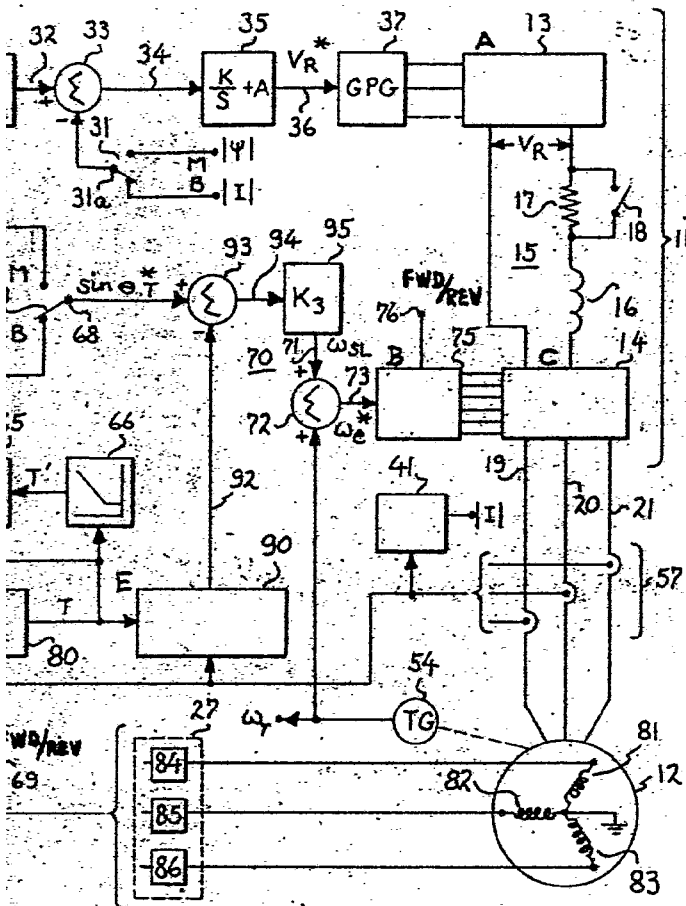


FIG.3

Madrid 28 SEP. 1979
P.A.

FEDERICO MARA
I. B.

[Handwritten signature]