

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 618 153**

51 Int. Cl.:

**H02P 3/22** (2006.01)

**H02P 21/14** (2006.01)

**H02P 21/36** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.02.2009 PCT/US2009/001137**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.08.2009 WO2009105276**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.02.2009 E 09712911 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.12.2016 EP 2243214**

54 Título: **Método y sistema para frenar un motor de CA**

30 Prioridad:

**21.02.2008 US 30342**  
**20.02.2009 US 389935**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**21.06.2017**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)**  
**Wittelsbacherplatz 2**  
**80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**OSMAN, RICHARD H. y**  
**RASTOGI, MUKUL**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 618 153 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Método y sistema para frenar un motor de CA

Referencia cruzada a solicitudes relacionadas no es aplicable

Antecedentes

- 5 Esta solicitud da a conocer una invención que se refiere, generalmente y en varias realizaciones, a un método y sistema para frenar un motor de CA. Más específicamente, esta solicitud se refiere a frenar un motor de CA con un accionamiento de frecuencia variable.

10 Accionamientos de frecuencia variable son normalmente dispositivos usados para controlar la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (CA) controlando la frecuencia de energía eléctrica entregada al motor. Por ejemplo, accionamientos de frecuencia variable, circuitos de control adjuntos, se describen en detalle en la patente estadounidense n.º 7.327.111 a Rastogi *et al.*, cuya divulgación se incorpora completamente en el presente documento por referencia.

15 La figura 1 ilustra un ejemplo de un accionamiento 100 de frecuencia variable para proporcionar energía eléctrica al motor 130. El accionamiento 100 de frecuencia variable incluye un circuito 110 de control y un circuito 115 de potencia. El circuito 110 de control recibe órdenes 105 de entrada entrantes. Las órdenes 105 de entrada pueden ser una petición para aumentar o disminuir la velocidad del motor 130, lo que requiere que el accionamiento 100 de frecuencia variable para ajustar la energía eléctrica emitida por el circuito 115 de potencia y entregada al motor 130. El circuito 110 de control monitoriza la realimentación 120 de corriente y la realimentación 125 de tensión desde la energía eléctrica emitida para determinar si debe realizarse algún cambio a la salida para o bien ajustar o bien  
20 mantener condiciones en el motor 130. Para aplicaciones de motor síncrono, el accionamiento de frecuencia variable también puede incluir un suministro de campo. El circuito de control controla el funcionamiento del circuito de potencia y, para aplicaciones de motor síncrono, también habilita/deshabilita el suministro de campo asociado. El circuito de potencia también puede incluir un rectificador y un inversor, y proporciona potencia a los arrollamientos del motor 130 conectado al accionamiento 100 de frecuencia variable. Para aplicaciones de motor síncrono, el  
25 suministro de campo proporciona potencia a un excitador para un circuito de campo de motor.

El circuito 110 de control normalmente incluye un regulador de velocidad, un regulador de flujo, un regulador de corriente de magnetización, un regulador de corriente de par de torsión, una transformada de DQ-3Φ, un modulador por ancho de pulso, y un modelo de motor. El regulador de velocidad proporciona una referencia de corriente de par de torsión, y el regulador de flujo proporciona una referencia de corriente de magnetización. El circuito de control  
30 compara la referencia de corriente de magnetización con una corriente de magnetización medida, y el regulador de corriente de magnetización determina una referencia de tensión de eje Q. El circuito de control también compara la referencia de corriente de par de torsión con una corriente de par de torsión medida, y el regulador de corriente de par de torsión determina una referencia de tensión de eje D. Pueden añadirse señales de alimentación directa adicionales a la referencia de tensión de eje D y la referencia de tensión de eje Q para proporcionar una mayor  
35 respuesta dinámica. La transformada de DQ-3Φ transforma la referencia de tensión de eje Q y la referencia de tensión de eje D desde información bifásica en valores trifásicos. El modulador por ancho de pulso convierte los valores trifásicos en órdenes de conmutación que se envían al circuito de potencia. El modelo de motor generalmente utiliza señales de tensión y/o corriente para determinar parámetros de motor tales como la velocidad de motor, el flujo de motor, el ángulo de flujo de motor, etc. Para aplicaciones en las que el bajo coste es un requisito empresarial, el modelo de motor sólo puede utilizar la corriente de salida de accionamiento de frecuencia variable o la corriente de motor para determinar parámetros de motor. El modelo de motor también convierte corrientes medidas en una componente de corriente de magnetización y una componente de corriente de par de torsión para el uso en el regulador de corriente de magnetización y el regulador de corriente de par de torsión, respectivamente. El eje D está alineado con el flujo de estátor.

45 Muchas de las funciones realizadas por el circuito 110 de control se implementan en software. El software se escribe de modo que se realizan cálculos a dos o más velocidades diferentes para ahorrar en el tiempo de ejecución del procesador. En general, el modulador por ancho de pulso funciona a la velocidad más rápida y habitualmente se implementa en hardware. Los bloques del regulador de corriente de magnetización, del regulador de corriente de par de torsión, y de la transformada de DQ-3Φ normalmente se ejecutan a una velocidad de transferencia de datos de 1  
50 - 10 kilohercios de modo que se logra una respuesta rápida del control en la limitación de la corriente de salida del accionamiento de frecuencia variable en el caso de cambios repentinos en la carga o el circuito de salida. El regulador de velocidad y el regulador de flujo normalmente funcionan a una velocidad más lenta de 100 - 1000 hercios porque tanto la velocidad de motor como el flujo de motor cambian a una velocidad mucho más lenta que la corriente de magnetización y la corriente de par de torsión. El modelo de motor también se computa habitualmente a esta velocidad. Las comunicaciones desde el circuito de control al mundo exterior, que incluyen comunicaciones a un dispositivo externo (desde el cliente), son normalmente a una velocidad de 1 - 10 hercios.

En aplicaciones en las que se requiere el frenado infrecuente, pero rápido, del motor, puede utilizarse un accionamiento de cuatro cuadrantes conectado al motor para realizar el frenado. Sin embargo, el coste relativamente alto asociado con un accionamiento de cuatro cuadrantes convierte este enfoque en no factible para algunas de tales aplicaciones.

- 5 El documento US 2004/0160208 da a conocer un aparato de control de motor para frenar rápidamente un motor de CA absorbiendo la sobreintensidad de corriente producida por el motor en una serie de resistencias de frenado mediante el cortocircuitado del motor a las resistencias de frenado a través de una serie de relés de freno.

10 La presente invención proporciona un sistema para frenar un motor, que comprende al menos una resistencia, un contactor conectado a la al menos una resistencia y un motor y un accionamiento de frecuencia variable eléctricamente conectado al motor. El accionamiento de frecuencia variable comprende un controlador conectado de manera operativa al contactor, en el que al menos una parte del contactor se cierra conectando la al menos una resistencia al motor en respuesta a una orden desde el controlador, y en el que el accionamiento de frecuencia variable está configurado para mantener un alto nivel de flujo de motor hasta que se emita un nivel de par de torsión de motor de aproximadamente cero por el motor.

15 La presente invención también proporciona un método para frenar un motor, comprendiendo el método detectar, mediante un accionamiento de frecuencia variable, una demanda de reducción en velocidad, en el que la reducción inicia la deceleración de un motor; emitir una orden mediante el accionamiento de frecuencia variable para cerrar al menos un contactor, en el que el contactor cerrado conecta una batería de resistencias al motor; emitir una orden mediante el accionamiento de frecuencia variable para mantener un alto nivel de flujo de motor hasta que un nivel de par de torsión de motor par de torsión emitido por el motor sea de aproximadamente cero; y absorber, mediante la  
20 batería de resistencias, corriente de deceleración generada por el motor.

Se describen varias realizaciones de la invención en el presente documento a modo de ejemplo en conjunción con las siguientes figuras.

La figura 1 ilustra un ejemplo de accionamiento de frecuencia variable.

25 La figura 2 ilustra varias realizaciones de un sistema para frenar un motor de CA.

La figura 3 ilustra varias realizaciones del accionamiento de frecuencia variable de la figura 1.

La figura 4 ilustra varias realizaciones de un método para frenar un motor de CA.

La figura 5 ilustra formas de onda generadas durante la deceleración de un motor de CA a modo de ejemplo.

30 La figura 6 ilustra un gráfico de corriente de resistencia a través de una de las fases durante la deceleración correspondiente a la figura 5.

Descripción detallada

35 La figura 2 ilustra varias realizaciones de un sistema 200 para frenar un motor 210 de CA. El sistema 200 incluye un accionamiento 220 de frecuencia variable, una batería 230 de resistencias y un contactor 240 trifásico conectado al accionamiento 220 de frecuencia variable. Tal como se describió anteriormente, el accionamiento 220 de frecuencia variable puede configurarse para controlar la rotación del motor 210 de CA controlando la frecuencia de la energía eléctrica suministrada al motor de CA. El accionamiento 220 de frecuencia variable puede incluir un controlador 250 conectado al contactor 240. Cualquier accionamiento CA trifásico que está dotado de un algoritmo de control de motor tal como se describe en el presente documento puede usarse como el accionamiento 220 de frecuencia variable. El accionamiento 220 de frecuencia variable puede aumentar el flujo de motor a bajas velocidades para  
40 aumentar la energía disipada en la batería 230 de resistencias, permitiendo así una deceleración más rápida. En varias realizaciones, puede usarse un contactor 240 trifásico para conectar la batería 220 de resistencias al motor 210 de CA cuando se requiera el frenado. El control del contactor 240 puede establecerse a través del accionamiento 220 de frecuencia variable.

45 La figura 3 ilustra varias realizaciones del accionamiento 220 de frecuencia variable de la figura 2. El accionamiento 220 de frecuencia variable puede comprender un regulador 300 de velocidad, un regulador 305 de flujo, un regulador 310 de corriente de magnetización, un regulador 315 de corriente de par de torsión, una transformada 320 de DQ-3 $\Phi$ , un modulador 325 por ancho de pulso y un modelo 330 de motor. Cada componente se describirá en más detalle a continuación.

Tal como se ilustra, el accionamiento 220 de frecuencia variable puede recibir la demanda 340 de flujo y la demanda

345 de velocidad como entradas. En varias realizaciones, el regulador 305 de flujo compensa la diferencia entre la referencia de flujo y la realimentación de flujo. La demanda 340 de flujo y el flujo 360 de motor real tal como se proporciona mediante el modelo 330 de motor pueden compararse mediante el regulador 305 de flujo. La salida del regulador 305 de flujo, tal como se determina basándose en la comparación de la demanda 340 de flujo y el flujo 360 de motor real, puede ser la referencia 350 de corriente de magnetización de motor.

En varias realizaciones, el regulador 300 de velocidad puede comparar la demanda 345 de velocidad con la velocidad 365 de motor tal como se proporciona mediante el modelo 330 de motor y proporciona la referencia 355 de corriente de par de torsión de motor como una salida. En determinadas realizaciones, en las que la demanda 345 de velocidad es inferior a la velocidad 365 de motor real, indicando así un deseo de frenar el motor 210 de CA, el regulador 300 de velocidad puede emitir una referencia 355 de corriente de par de torsión, indicando así que las órdenes de tensión que están transmitiéndose al motor pueden reducirse para facilitar el frenado del motor.

En varias realizaciones, el modelo 330 de motor usa la realimentación 395 de tensión y realimentación 397 de corriente desde la salida de accionamiento 220 de frecuencia variable para estimar el flujo 360 de motor, la velocidad 365 de motor y el ángulo 370 de flujo de motor. Además, el modelo 330 de motor puede también determinar la corriente 375 de magnetización y la corriente 380 de par de torsión. El modelo 330 de motor puede ser un procesador que tiene una memoria con un conjunto almacenado de instrucciones. Basándose en la realimentación 395 de tensión y realimentación 397 de corriente recibidas, el modelo de motor puede procesar la información de realimentación según las instrucciones almacenadas para crear valores estimados para diversos aspectos del motor 210 de CA, específicamente en este ejemplo, flujo 360 de motor, velocidad 365 de motor, ángulo 370 de flujo de motor, corriente 375 de magnetización, y corriente 380 de par de torsión.

El regulador 310 de corriente de magnetización puede comparar la referencia 350 de corriente de magnetización con la corriente 375 de magnetización tal como se proporciona mediante el modelo 330 de motor para producir una referencia 390 de tensión de eje D. De manera similar, el regulador 315 de corriente de par de torsión puede comparar la referencia 355 de corriente de par de torsión con la corriente 380 de par de torsión tal como se emite mediante el modelo 330 de motor para producir una referencia 385 de tensión de eje Q. Tanto la referencia 390 de tensión de eje D como la referencia 385 de tensión de eje Q pueden transformarse en una señal de tensión monofásica en la transformada 320 de  $DQ-3\Phi$ . La transformada 320 de  $DQ-3\Phi$  puede ser un algoritmo matemático implementado en software, programado para funcionar en el flujo 370 de motor, la corriente 375 de magnetización, y la corriente 380 de par de torsión, que descompone las señales de corriente en componentes paralelas al flujo de motor (eje D) y en cuadratura al flujo de motor (eje Q). La transformada 320 de  $DQ-3\Phi$  puede además transformar la señal de tensión monofásica en una señal de tensión trifásica basándose en el ángulo 370 de flujo de motor. La señal de tensión trifásica puede usarse como una referencia para el modulador 325 por ancho de pulso para generar una orden de tensión de modulador por ancho de pulso para controlar dispositivos semiconductores en el circuito 335 de potencia.

Debe observarse que los componentes del accionamiento 220 de frecuencia variable pueden implementarse en un único procesador conectado de manera operativa a una memoria para almacenar varias instrucciones relacionadas con un método para frenar un motor. Específicamente, el accionamiento de frecuencia variable puede recibir demanda 340 de flujo y demanda 345 de velocidad como entradas, procesar la información tal como se describió anteriormente para producir la señal de tensión trifásica, basándose en el valor de esta señal, cargar instrucciones apropiadas desde la memoria para alterar el funcionamiento del motor 210 de CA.

La figura 4 ilustra varias realizaciones de un método 400 para frenar un motor de CA. El sistema 200 tal como se describió anteriormente en la figura 1 y el accionamiento 220 de frecuencia variable tal como se describió en detalle en la figura 2 pueden utilizarse para implementar el método 400. El flujo de proceso del método 400 comienza cuando, en respuesta a una entrada de usuario, la demanda 345 de velocidad puede reducirse 405 para iniciar una petición de reducción de velocidad para el motor 210 de CA. A la reducción 405 de la demanda 345 de velocidad, el accionamiento 220 de frecuencia variable puede detectar 410 el cambio en la demanda de velocidad como resultado de la comparación de la velocidad 365 de motor y la demanda de velocidad realizada por el regulador 300 de velocidad. Esta comparación puede dar como resultado una referencia 355 de corriente de par de torsión negativa, indicando que deben producirse o cargarse instrucciones apropiadas desde la memoria para iniciar el frenado del motor 210 de CA. Basándose en la magnitud de la diferencia en la demanda 345 de velocidad y la velocidad 365 de motor, puede producirse una orden (por ejemplo, la salida del modulador 325 de modulación por ancho de pulso) para enviarse desde el accionamiento 220 de frecuencia variable al contactor 240.

Tras detectar la reducción 410 en la demanda 345 de velocidad y producir una orden, el accionamiento 220 de frecuencia variable emite 415 la orden al contactor 240 trifásico para conectar la batería 230 de resistencias al motor 210 de CA. Debe observarse que una batería 230 de resistencias aproximadamente equilibrada puede usarse para limitar cualquier fluctuación en el par de torsión del motor a través de fases. En algunas aplicaciones en las que puede ser aceptable un alto nivel de fluctuaciones de par de torsión de motor potenciales durante el frenado, pueden cerrarse dos fases del contactor 240 trifásico, conectando por tanto solamente una parte de la batería 230 de resistencias al motor 210 de CA.

Como el contactor 240 trifásico conecta la batería 230 de resistencias al motor 210 de CA, el accionamiento 220 de frecuencia variable puede también comenzar a disminuir la corriente 380 de par de torsión a su límite de regeneración inverso. Debe observarse que después de que se disminuya la corriente 380 de par de torsión, y comienza a caer la velocidad 365 de motor, el accionamiento 220 de frecuencia variable puede mantener el flujo 360 de motor a un valor superior hasta que el par de torsión del motor alcance aproximadamente cero. En varias realizaciones, pueden usarse otros accionamientos de 2 cuadrantes siempre que el controlador proporcione la regulación rápida de la corriente de accionamiento y mantiene el flujo de motor durante el proceso de deceleración.

Tras emitir 415 la orden al contactor 240 para conectar la batería 230 de resistencias al motor 210 de CA, las resistencias ahora conectadas de manera operativa al motor de CA absorben 420 cualquier corriente generada por el motor de CA, dando como resultado la deceleración del motor de CA. Mientras que el accionamiento 220 de frecuencia variable puede funcionar a un valor pequeño de corriente regenerativa, las resistencias 230 pueden ser capaces de absorber una cantidad significativa de corriente de par de torsión inversa y permitir que el motor 210 de CA decelere rápidamente. Como el accionamiento 220 de frecuencia variable puede mantener el flujo 360 de motor durante el proceso de deceleración, la tensión del motor puede disminuir linealmente con la velocidad.

La figura 5 ilustra formas de onda generadas durante la deceleración de un motor de CA a modo de ejemplo, específicamente ilustrando el flujo 360 de motor, la velocidad 365 de motor, la corriente 375 de magnetización y la corriente 380 de par de torsión tal como se describió en la figura 3. Para esta implementación, el motor de CA era un motor de inducción de 4160 V, 600 caballos de fuerza, y la deceleración se realizó usando un accionamiento de frecuencia variable de 2 cuadrantes y una batería de resistencias trifásicas. La batería de resistencias se dimensionó para funcionar con una corriente al 90% a una tensión de motor nominal (por ejemplo, 67 amperios), y se completó la deceleración desde velocidad completa a cero en menos de nueve segundos. El accionamiento de frecuencia variable pudo mantener el funcionamiento estable (tal como se indica mediante un valor estable para el flujo 360 de motor) durante la deceleración a pesar del cambio en impedancia provocado por la conexión de las resistencias así como el cambio en la corriente 380 de par de torsión. El accionamiento de frecuencia variable pudo también limitar de manera adecuada la corriente de salida sin provocar cualquier activación de sobretensión en las celdas tal como se indica mediante los valores relativamente estables para la corriente 375 de magnetización y la corriente 380 de par de torsión mientras que el flujo 365 de motor y la velocidad de motor 370 están disminuyendo rápidamente, lo que indica que el accionamiento de frecuencia variable no absorbió más potencia que su capacidad normal, y que la potencia de frenado adicional desde el motor se disipó en las resistencias.

La figura 6 ilustra un gráfico de corriente de resistencia a través de una de las fases durante la deceleración que corresponde a la figura 5. Según varias realizaciones, a medida que el motor se ralentiza, la tensión por sus terminales también puede disminuir, disminuyendo así la corriente a través de las resistencias y reduciendo el par de torsión de frenado. Como el accionamiento de frecuencia variable está conectado al motor durante el proceso de deceleración, el accionamiento de frecuencia variable puede controlarse para aplicar tensión adicional al motor a medida que disminuye su velocidad. Por ejemplo, un motor típico puede tolerar el 10% más de tensión a una velocidad nominal. Si se aplica el 10% más de tensión a todas las velocidades por debajo del valor nominal, entonces el motor puede proporcionar el 21% (o  $1,1^2 = 1,21$ ) más de par de torsión de frenado. A velocidades inferiores, las pérdidas en núcleo del motor son relativamente bajas en comparación con pérdidas de cobre. Como tal, el flujo de motor puede aumentarse por encima del 10% del valor típico de modo que puede producirse un par de torsión de frenado superior. El par de torsión de frenado superior puede dar como resultado una reducción significativa en el tiempo total requerido para detener el motor. Debe observarse que el ejemplo descrito anteriormente, al usarse durante el frenado infrecuente, puede ser posible elevar el flujo de motor significativamente para la duración de un intervalo de frenado sin sobrecalentamiento del motor.

Aunque se han descrito varias realizaciones de la invención en el presente documento a modo de ejemplo, los expertos en la técnica apreciarán que pueden realizarse varias modificaciones, alteraciones y adaptaciones a las realizaciones descritas sin apartarse del alcance de la invención. Por ejemplo, aunque el método 400 se describe con referencia a una secuencia particular, los expertos en la técnica apreciarán que algunas etapas pueden producirse en una secuencia diferente, algunas etapas pueden producirse simultáneamente con otras etapas, y algunas etapas pueden producirse de manera periódica o continua.

**REIVINDICACIONES**

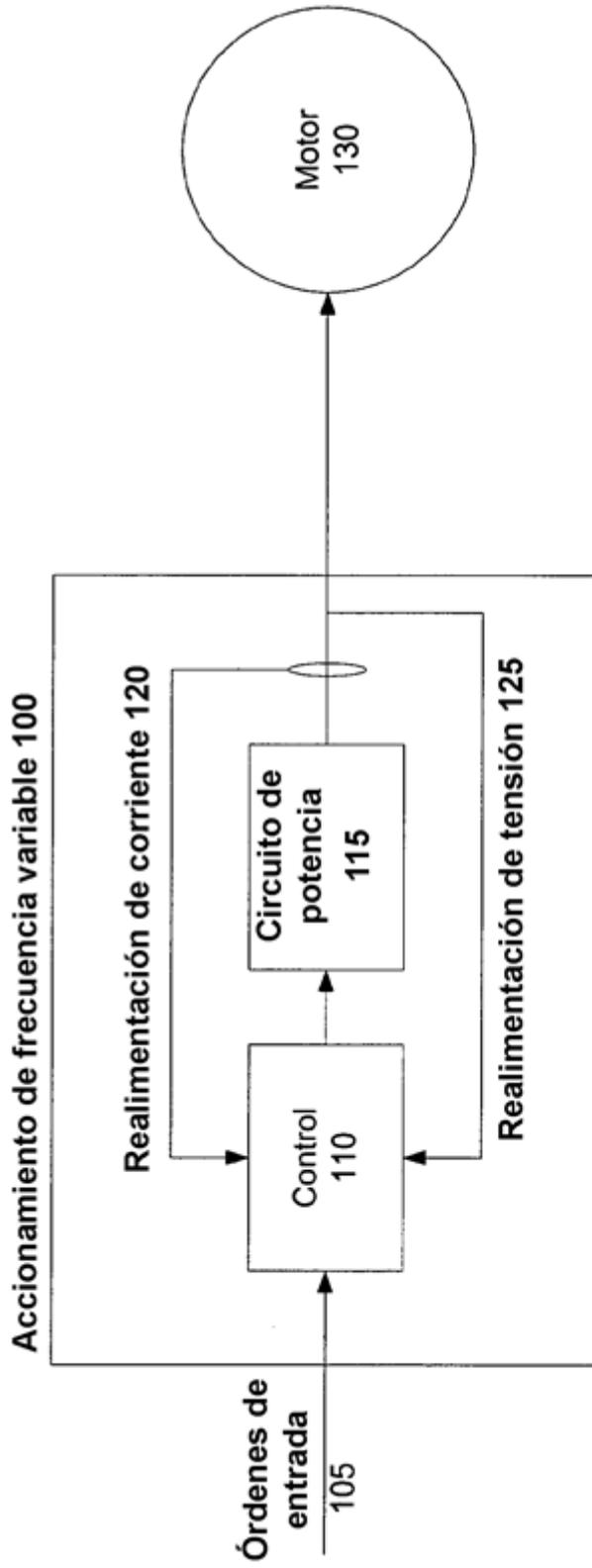
1. Sistema para frenar un motor, que comprende:
  - al menos una resistencia (230);
  - un contactor (240) conectado a la al menos una resistencia y un motor (210); y
- 5 un accionamiento (220) de frecuencia variable conectado eléctricamente al motor, en el que el accionamiento de frecuencia variable comprende un controlador (250) conectado de manera operativa al contactor, en el que al menos una parte del contactor se cierra conectando la al menos una resistencia al motor en respuesta a una orden desde el controlador, y en el que el accionamiento de frecuencia variable está configurado para mantener un alto nivel de flujo de motor hasta que se emita un nivel de par de torsión de motor de aproximadamente cero por el motor.
- 10
2. Sistema según la reivindicación 1, en el que el accionamiento de frecuencia variable comprende además un modelo (330) de motor que recibe realimentación (395) de tensión y realimentación (397) de corriente desde el accionamiento de frecuencia variable, procesa la realimentación de tensión y la realimentación de corriente, y emite flujo (360) de motor, velocidad (365) de motor, corriente (375) de magnetización, corriente de par de torsión y ángulo (370) de flujo de motor.
- 15
3. Sistema según la reivindicación 2, en el que el accionamiento de frecuencia variable comprende además un regulador (300) de velocidad configurado para procesar la velocidad de motor y producir una corriente (355) de par de torsión de referencia.
4. Sistema según la reivindicación 3, en el que el accionamiento de frecuencia variable comprende además un regulador (305) de flujo configurado para procesar el flujo de motor y producir una corriente (350) de magnetización de referencia.
- 20
5. Sistema según la reivindicación 4, en el que el accionamiento de frecuencia variable comprende además un regulador (315) de corriente de par de torsión configurado para procesar tanto la corriente de par de torsión de referencia como la corriente (380) de par de torsión y producir una tensión (385) de eje Q de referencia así como un regulador (310) de corriente de magnetización configurado para procesar tanto la corriente de magnetización de referencia como la corriente (375) de magnetización y producir una tensión (390) de eje D de referencia.
- 25
6. Sistema según la reivindicación 5, en el que el accionamiento de frecuencia variable comprende además una transformada (320) de DQ-3Φ configurada para procesar tanto la tensión de eje Q de referencia como la tensión de eje D de referencia para producir una salida eléctrica trifásica.
- 30
7. Sistema según la reivindicación 6, en el que el accionamiento de frecuencia variable comprende además un modulador (325) de modulación por ancho de pulso configurado para producir órdenes de tensión modulada por ancho de pulso.
8. Sistema según cualquier reivindicación anterior, en el que la al menos una resistencia comprende una batería (230) de resistencias que tiene una pluralidad de fases, y el contactor tiene una pluralidad de fases, en el que cada fase del contactor está conectada a una fase de la batería de resistencias.
- 35
9. Sistema de cualquier reivindicación anterior, en el que el contactor es un contactor trifásico.
10. Sistema según la reivindicación 9, en el que la al menos una resistencia es una batería de resistencias trifásica.
11. Sistema de cualquier reivindicación anterior, en el que órdenes de controlador ordenan al contactor que se cierre, conectando así la batería de resistencias al motor.
- 40
12. Método para frenar un motor (210), comprendiendo el método:
  - detectar, mediante un accionamiento (220) de frecuencia variable, una reducción en demanda (345) de velocidad, en el que la reducción inicia la deceleración de un motor;
  - emitir una orden mediante el accionamiento de frecuencia variable para cerrar al menos un contactor (240), en el que el contactor cerrado conecta una batería (230) de resistencias al motor;
- 45
- emitir una orden mediante el accionamiento de frecuencia variable para mantener un alto nivel de flujo de motor

hasta que un nivel de par de torsión de motor emitido por el motor es de aproximadamente cero; y

absorber, mediante la batería de resistencias, corriente de deceleración generada por el motor.

5 13. Método según la reivindicación 12, en el que emitir una orden comprende emitir una orden mediante el accionamiento de frecuencia variable para cerrar al menos dos fases de un contactor (240) trifásico, en el que las al menos dos fases cerradas del contactor trifásico conectan al menos dos fases de una batería (230) de resistencias al motor.

14. Método según la reivindicación 13, en el que una determinación para cerrar el contactor trifásico se realiza mediante el accionamiento de frecuencia variable basándose en la reducción en la demanda de velocidad detectada.



**FIG. 1**

Técnica anterior

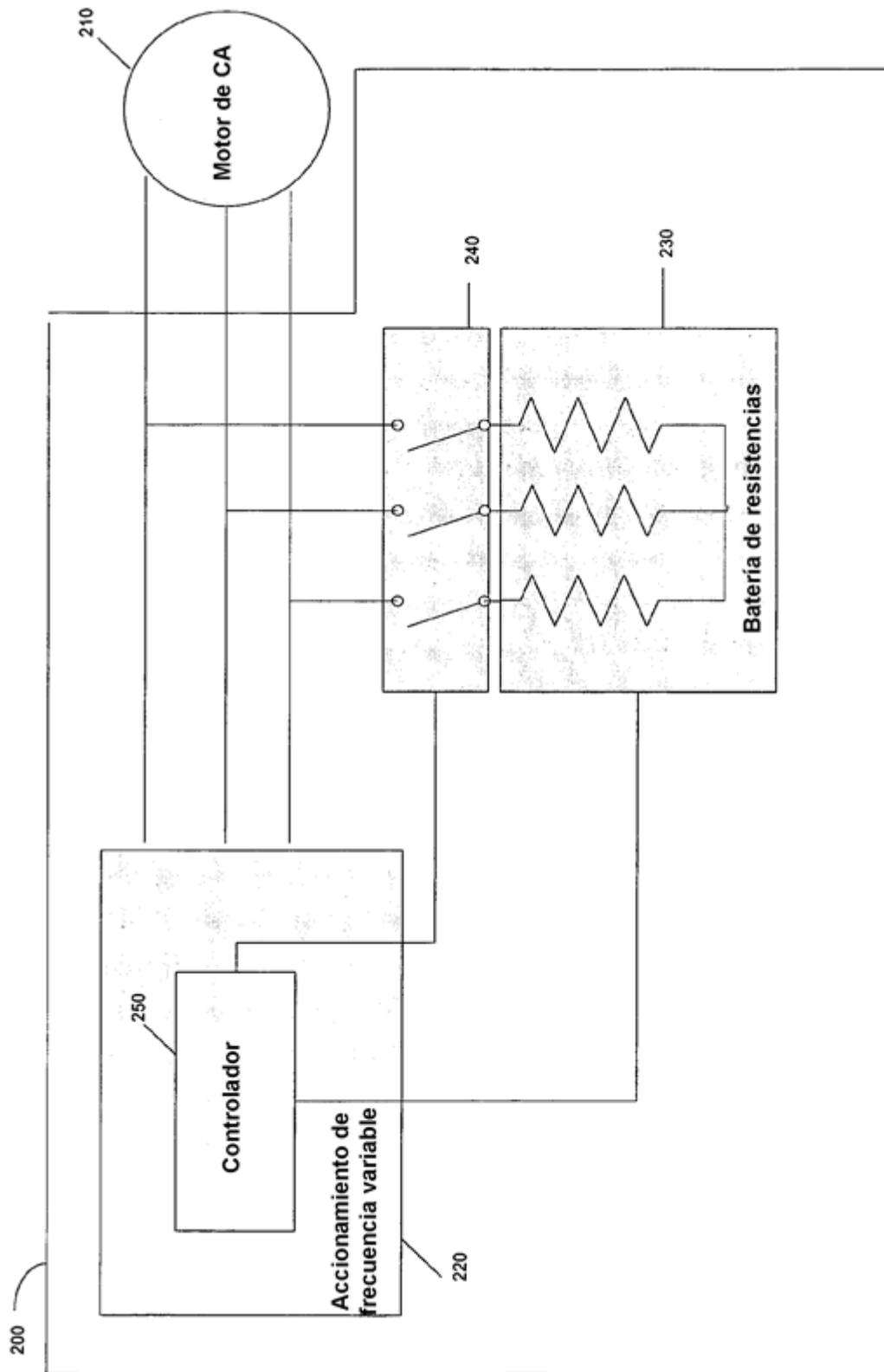


FIG. 2

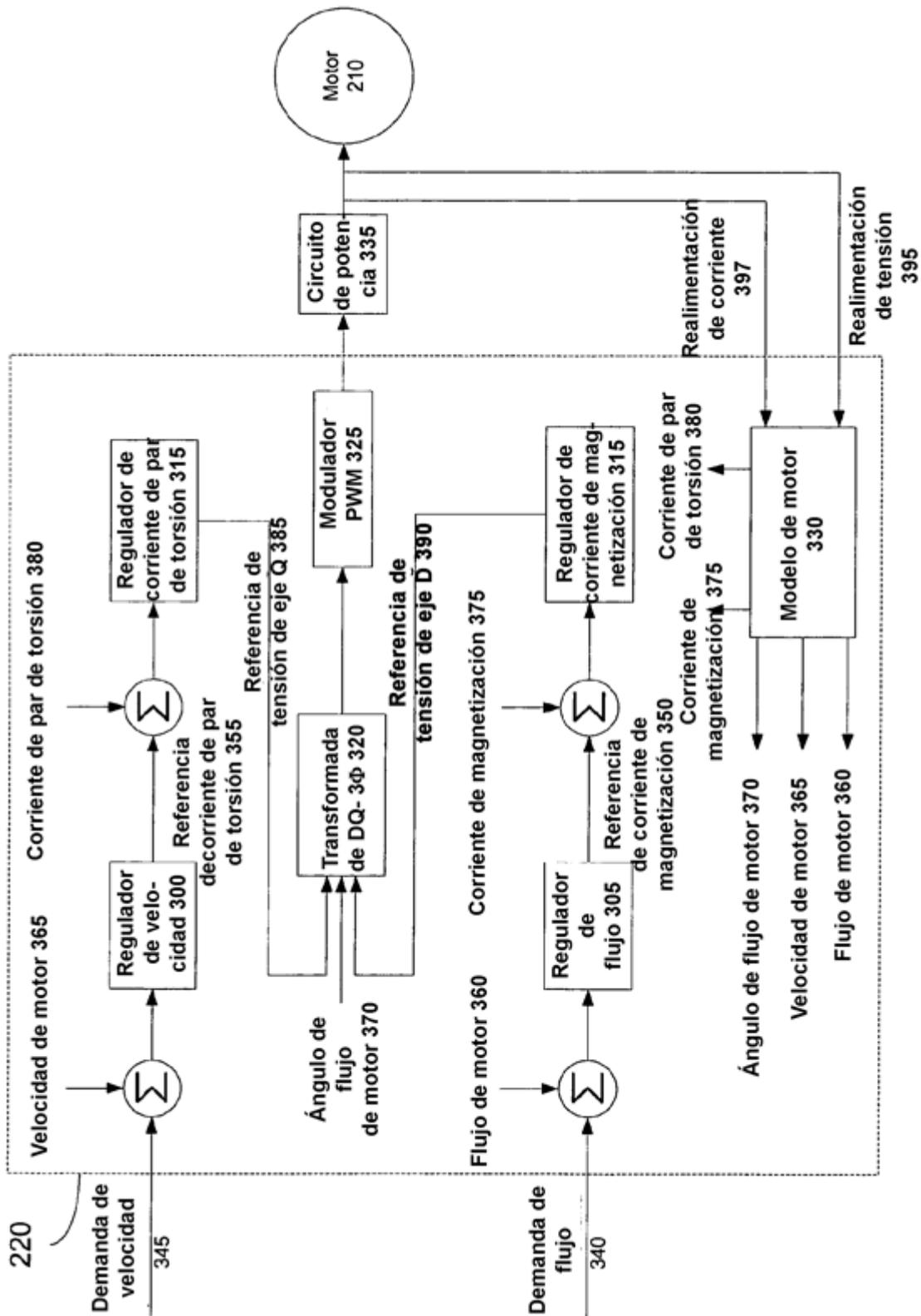


FIG. 3

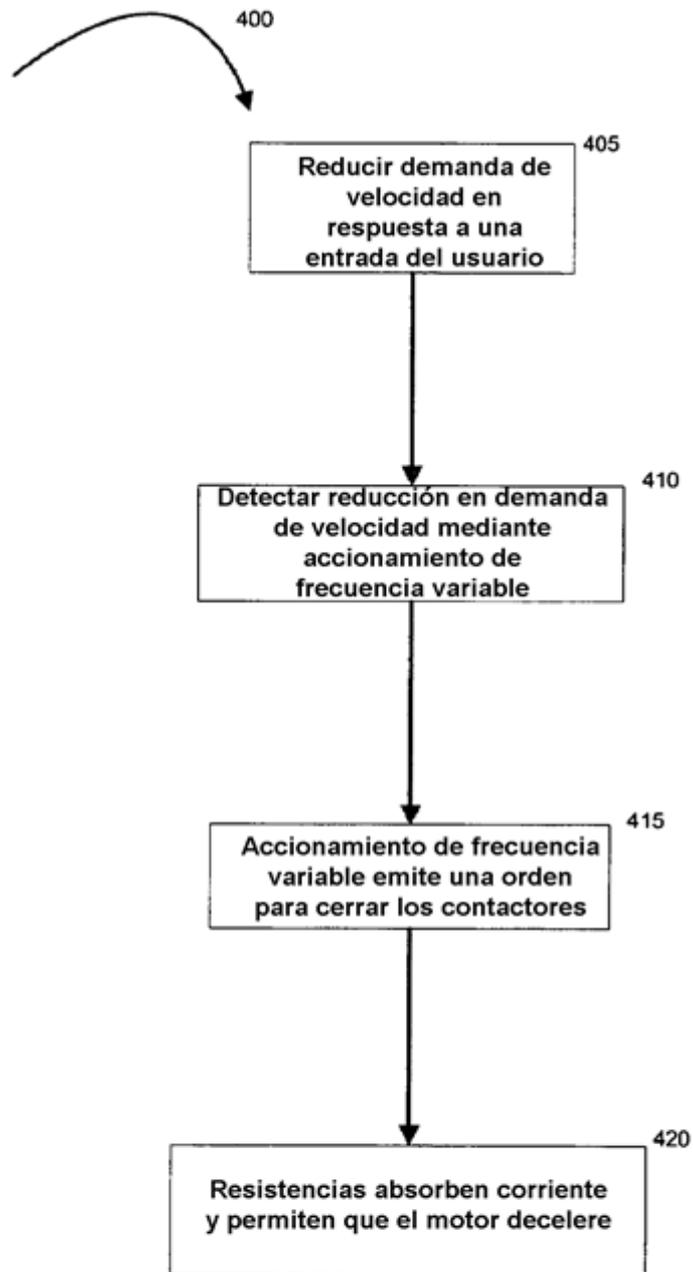


FIG. 4

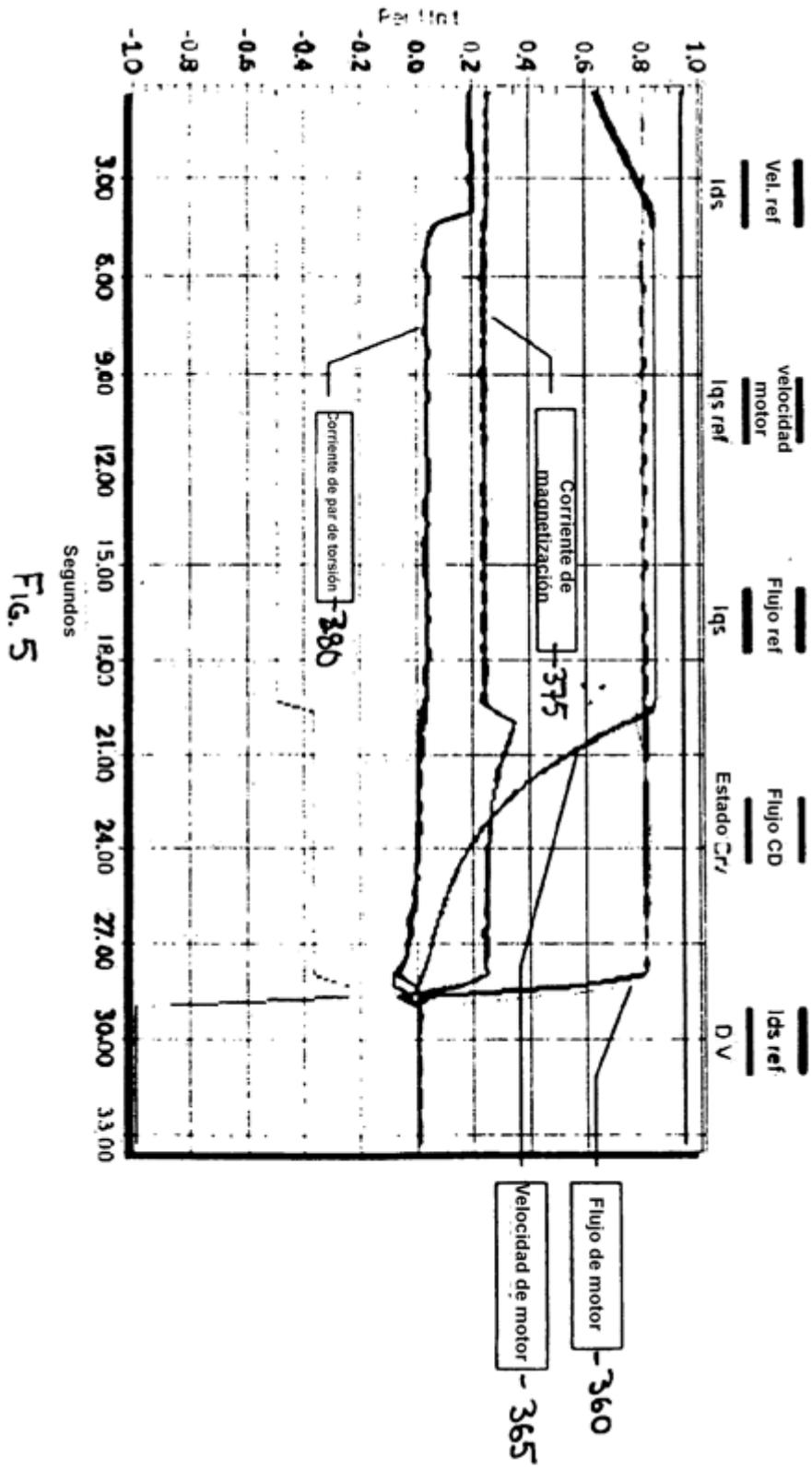


FIG. 5

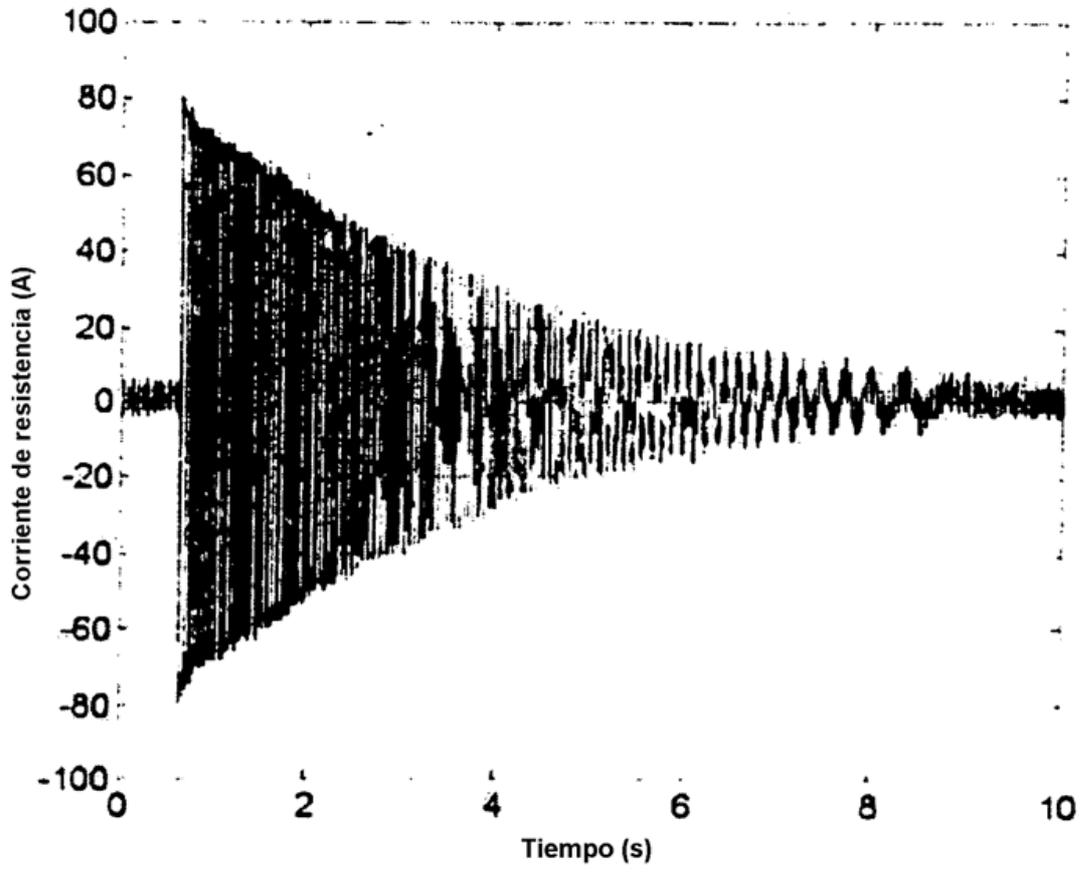


FIG. 6