



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 331 355**

51 Int. Cl.:

H02P 8/18 (2006.01)

H02P 8/12 (2006.01)

H02P 8/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **02800436 .4**

96 Fecha de presentación : **02.10.2002**

97 Número de publicación de la solicitud: **1433248**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **30.06.2004**

54 Título: **Controlador de motor paso a paso.**

30 Prioridad: **04.10.2001 US 970592**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
30.12.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
30.12.2009

73 Titular/es: **ABBOTT LABORATORIES**
Chad 0377/AP6A-1, 100 Abbott Park Road
Abbott Park, Illinois 60064-3500, US

72 Inventor/es: **Wang, Bing;**
Walker, Donny, R. y
Roth, Brian, J.

74 Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 331 355 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

Controlador de motor paso a paso.

5 **Campo técnico de la invención**

La presente invención se refiere generalmente a motores paso a paso y en particular la presente invención se refiere a controlar las corrientes de un motor paso a paso

10 **Antecedentes de la invención**

Los motores paso a paso pueden verse como motores eléctricos sin conmutadores. Típicamente, todos los devanados en un motor paso a paso, son parte del estator, y el rotor es bien un imán permanente o, en el caso de motores de reluctancia variable, un bloque dentado de algún material magnéticamente blando o un híbrido de ambos. Toda la conmutación se maneja externamente por el controlador del motor, y típicamente, los motores y controladores están diseñados de modo que el motor puede mantenerse en cualquier posición fija así como rotarse en un sentido o en el otro. La mayor parte de los motores paso a paso pueden avanzar a frecuencias de audio, permitiéndoles girar rápidamente y con un controlador apropiado, pueden arrancarse y pararse en orientaciones controladas.

Los controladores de motores paso a paso proporcionan un reloj de paso para activar los circuitos en la electrónica de control para muestrear y aplicar corriente a los devanados o "fases" del motor paso a paso asociado. La cantidad de corriente a aplicar es una función directa de la posición deseada del eje del motor. Para el movimiento rotacional, la corriente se aplica en devanados puestos en un motor paso a paso en un modo en cuadratura. En un controlador de micro paso a paso, las corrientes de fase se aplican como una onda Seno en una fase y una onda Coseno en la fase opuesta con la posición del motor definida en puntos discretos a lo largo de las formas de onda del Seno y del Coseno. Cada uno de los pulsos de un reloj de paso asociado, avanza el motor a la posición próxima, siguiendo los pasos de excitación del Seno y del Coseno. Para la rotación del motor, el reloj de paso se aplica continuamente, haciendo que el motor se mueva repetidamente a través de la secuencia de micro paso a paso. Para mantener el motor en una posición fija, el controlador del motor debe aplicar una corriente constante a cada uno de los devanados que tienen una magnitud representada por el valor de la forma de onda del Seno y del Coseno en la posición deseada. Véase la Patente de los Estados Unidos N° 5.264.770, publicada el 23 de noviembre de 1993 para una descripción de un ejemplo de un circuito controlador de un motor paso a paso.

Como los devanados del motor comprenden una espiral continua de hilo, exhiben ambas características inductivas y resistivas y su constante de tiempo asociada relacionada con el aumento y disminución de la corriente aplicada. Para regular la corriente, los excitadores de los motores paso a paso aplican y retiran periódicamente el voltaje a los devanados del motor ya que de lo contrario la aplicación constante del voltaje daría como resultado un consumo excesivo de energía. Como la corriente aplicada disminuye con el tiempo después de quitar el voltaje, la corriente de fase posicional se recarga periódicamente en cada uno de los devanados para mantener el motor en una posición predeterminada. Esto usualmente se realiza conmutando un alto voltaje a través de cada uno de los devanados y permitiendo que la corriente aumente hasta que el motor alcanza el valor predeterminado conmutando a continuación rápidamente el voltaje.

Un circuito de excitación de un motor paso a paso de micro pasos típicamente genera valores de referencia a partir de un convertidor de digital a analógico (D/A) que produce una representación digital de las ondas del Seno y del Coseno de la corriente aplicada. Las corrientes de fase reales en cada uno de los devanados se comparan a continuación con los valores de referencia. Cuando la corriente de funcionamiento se aplica al devanado del motor sobre una pendiente de subida de la forma de onda, se aplica un alto voltaje a través del devanado hasta que la corriente de fase en el devanado alcanza el valor de referencia. En la pendiente de descenso de la forma de onda de la corriente, la corriente se retira del devanado para replicar la forma de onda del Seno o el Coseno en la dirección hacia abajo. Esto usualmente se realiza usando bien un método de disminución llamada "rápida" o un método de disminución llamada "lenta". Si se usa un circuito que sólo proporciona una fijación de disminución rápida, se produce demasiado rizado en la corriente de excitación para el motor que da como resultado una eficacia disminuida. Si se usa un circuito que sólo proporciona una fijación de disminución lenta, la eficacia aumenta pero no se elimina suficiente corriente dando como resultado un movimiento distorsionado y una posibilidad en aumento de crear una resonancia. Otros métodos usan ambos métodos de disminución lenta y rápida sobre diferentes devanados. Por ejemplo en la Patente de los Estados Unidos N° 5.264.770, se usa el tiempo de carga "activo" para la forma de onda de subida en un devanado para fijar el tiempo para la forma de onda de descenso en el otro devanado durante la disminución rápida. Este método causa un elevado rizado de la corriente en el funcionamiento a baja velocidad.

Por las razones establecidas anteriormente, y por otras razones establecidas más adelante que se harán evidentes para los especialistas en la técnica con la lectura y entendimiento de la presente memoria descriptiva, hay una necesidad en la técnica de un nuevo controlador de motor y un nuevo método.

La patente de los Estados Unidos N° 6.119.046 se refiere generalmente a un controlador de motor conmutador donde, en la fase de desmagnetización, se efectúa la conmutación bien dentro del modo de disminución de corriente lenta o el modo de disminución de corriente rápida, la patente Europea 0242344 generalmente se refiere al control de motores paso a paso de dos fases con rotores magnetizados permanentemente, donde el estator se alimenta con energía de una

fuelle de corriente continua a travs de un circuito de puente que incluye transistores. La patente de los Estados Unidos N° 5.708.578 generalmente se refiere a un puente para controlar una de las fases de un motor paso a paso que incluye un circuito de control del excitador PWM que conduce repetidamente al menos uno de los transistores de excitación.

5 Sumario de la invención

Los problemas mencionados anteriormente con los controladores de los motores paso a paso y otros problemas se resuelven por la presente invención y se entenderá por la lectura y estudio de la siguiente memoria descriptiva.

10 En una realización, el sistema de control del motor paso a paso comprende un circuito comparador para comparar una corriente de fase del motor con una corriente de referencia y proporciona una salida, y un controlador de la corriente del motor acoplado con el circuito comparador y la fase del motor para ajustar la corriente de fase del motor en respuesta a la salida. El controlador de la corriente del motor usa selectivamente una disminución de la corriente lenta y rápida sobre la fase del motor para reducir la corriente de fase del motor.

15 En otra realización, el sistema de control del motor paso a paso comprende un generador de referencia de una onda seno, un generador de referencia de la onda coseno, y un circuito comparador para comparar la corriente de la primera fase del motor con la corriente de referencia de la onda seno y comparar la corriente de la segunda fase del motor con la corriente de referencia de la onda coseno. Un controlador de corriente del motor está acoplado al circuito comparador y la primera y segunda fases del motor para ajustar las corrientes de la primera y la segunda fases del motor. El controlador de corriente del motor aumenta las corrientes de las fases del motor, primera y segunda para seguir una corriente de referencia de onda seno o de onda de coseno crecientes, y usa selectivamente disminuciones de corriente lenta y rápida sobre la fase del motor para reducir la corriente de fase del motor para seguir una corriente de referencia de una onda seno o una onda coseno decrecientes.

25 Un método de funcionamiento de un motor paso a paso comprende comparar una corriente de fase del motor con una corriente de referencia, y cuando la corriente de fase del motor es mayor que la corriente de referencia, reducir la corriente de fase del motor a la corriente de referencia usando un proceso de disminución de la corriente rápida hasta que la corriente de la fase del motor está por debajo de la corriente de referencia. La corriente de fase del motor se reduce adicionalmente usando un proceso de disminución lenta de la corriente.

30 Un método de funcionamiento de un motor paso a paso comprende comparar la corriente de la primera fase del motor con una primera corriente de referencia que sigue a la pendiente de disminución de la forma de onda sinusoidal, y cuando la corriente de la primera fase del motor es mayor que la primera corriente de referencia, reducir la corriente de la primera fase del motor a la primera corriente de referencia usando un proceso de disminución rápida de la corriente hasta que la corriente de primera fase del motor se iguala con la primera corriente de referencia. El método comprende además medir el primer periodo de tiempo requerido para disminuir la corriente de la primera fase del motor para igualarse con la primera corriente de referencia, aplicando además el proceso de disminución rápida de la corriente durante un segundo periodo de tiempo igual al primer periodo de tiempo medido, y reducir adicionalmente la corriente de la primera fase del motor usando un proceso de disminución de corriente lento a continuación del segundo periodo de tiempo.

35 El objetivo y objetos de esta invención se consiguen por el sistema y el método de acuerdo con las reivindicaciones independientes 1 y 8. Pueden encontrarse detalles adicionales en las restantes reivindicaciones dependientes.

45 Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama esquemático de un controlador de motor de una realización de la presente invención;

50 la Figura 2 ilustra los relojes de apertura-cierre y las corrientes de fase del excitador del motor de la Figura 1;

la Figura 3 es un diagrama de flujo de una realización de la presente invención;

55 la Figura 4A es un diagrama esquemático de un puente en H;

la Figura 4B, es un diagrama esquemático de controlador de motor de otra realización de la presente invención;

la Figura 5A es un diagrama esquemático de otro puente en H; y

60 la Figura 5B es un diagrama esquemático de un controlador de motor de otra realización de la presente invención.

Descripción detallada de la invención

65 En la siguiente descripción detallada de las realizaciones preferidas, se hace referencia a los dibujos adjuntos, que forman parte de la misma, y en los cuales se muestran a modo de ilustración, realizaciones preferidas específicas en las cuales pueden llevarse a la práctica las invenciones. Estas realizaciones se describen con suficiente detalle para permitir a los especialistas en la técnica llevar a la práctica la invención, y debe entenderse que pueden utilizarse otras realizaciones y que pueden realizarse cambios lógicos, mecánicos y eléctricos sin apartarse del espíritu y alcance de

ES 2 331 355 T3

la presente invención. Por lo tanto, la siguiente descripción detallada, no debe tomarse en un sentido limitativo, y el alcance de la presente invención se define sólo por las reivindicaciones.

Los controladores de los motores paso a paso normalmente proporcionan un reloj de paso para activar los circuitos en la electrónica del controlador. Para un movimiento rotacional en un controlador de micro paso a paso, las corrientes de las fases del motor se aplican como una onda Seno a una fase y una onda Coseno a la fase opuesta con la posición del motor definida como puntos discretos a lo largo de las formas de onda Seno y Coseno. Cada uno de los pulsos desde un reloj de pasos asociado avanza el motor a la siguiente posición, siguiendo el camino de la forma de onda Seno y Coseno. Para una rotación suave del motor, se aplica continuamente el reloj de pasos. Para mantener el motor en una posición fija, el controlador del motor aplica corriente constante a cada uno de los devanados que tiene una magnitud representada por el valor de la forma de onda del Seno y del Coseno en la posición deseada. Para mantener una eficacia elevada en el controlador, se usa un controlador de corriente de conmutación controlada. En esta técnica, se detecta la corriente a través de los devanados del motor y se controla por un circuito de control de conmutación de modo que la corriente se mantiene dentro del nivel considerado.

Como se ha establecido anteriormente, los controladores de motores paso a paso pueden usar tanto disminuciones lentas como rápidas para controlar el motor paso a paso. En general se usa una disminución lenta cuando aumenta la corriente en una fase del motor, y se usa una disminución rápida para reducir la corriente en un devanado. La presente invención proporciona realizaciones de los controladores de motores que reducen la corriente de rizado a lo largo de las formas de onda seno y coseno, especialmente sobre la fase de disminución de las formas de onda.

La presente invención, en una realización, proporciona un circuito de control de conmutación que reduce la corriente de rizado del motor a lo largo de las formas de onda Seno y Coseno, especialmente en la fase de disminución de las formas de onda, sobre un amplio intervalo de velocidades del motor. El funcionamiento del circuito no es sensible a los parámetros del motor, tales como la inductancia, la resistencia, etc.

Refiriéndonos a la Figura 1, un diagrama esquemático simplificado del circuito de conmutación 100 incorpora los generadores de ondas sincronizados del seno 102 y del coseno 104, los excitadores de la fase A 106 y la fase B 108, los comparadores 110 y 112, el circuito lógico de control de conmutación de la corriente 120 y el oscilador 122. En funcionamiento, se proporciona un pulso de reloj de paso sobre la entrada 124 al Generador del Código del Seno y el Generador del Código del Coseno. Los datos digitalizados, que representan un valor de las salidas de las ondas del Seno y del Coseno, se producen sobre el bus 1 y el bus 2. Los convertidores de digital a analógico (D/A) 130 y 132 generan voltajes de salida proporcionales a los datos de entrada desde el bus 1 y el bus 2 respectivamente. Las salidas de los convertidores D/A se usan como señales de referencia que corresponden a las corrientes deseadas de la fase A y la fase B. Mientras que se continúan produciendo los relojes de paso, la salida del D/A sigue completamente el valor de una senoide. Los controles internos del circuito de control determinan el número de niveles en el que se segmenta una senoide.

Las corrientes de referencia se comparan con las corrientes medidas desde los devanados de la fase A y la fase B usando los comparadores 110 y 112. Los circuitos de detección de corriente de la fase A y la fase B (no mostrados en la Figura 1) proporcionan las corrientes de referencia medidas. Las salidas de los comparadores se acoplan al circuito de control de conmutación de la corriente 120 para controlar las corrientes del excitador, como se explica más adelante.

El generador de Código del Seno 104 y el Generador del Código del Coseno 106 también generan señales de pendiente que indican la magnitud de subida o descenso de las correspondientes formas de onda Seno y Coseno. Como las corrientes de fase del motor se fuerzan a seguir las formas de onda de referencia, las señales de pendiente también indican cuando están subiendo o cayendo las corrientes asociadas de la fase A y la fase B. Estas señales de pendiente pueden acoplarse al circuito de control de conmutación de la corriente si se requiere por la implementación seleccionada. El circuito de control de conmutación de corriente controla la disminución rápida o lenta de la corriente en las fases del motor. En una realización, se usan amplificadores diferenciales de detección de corriente, y la lógica de control de corriente se ilustra en el diagrama de flujo de la Figura 3, como se ha descrito anteriormente. El diagrama de flujo se aplica a cada una de las fases de forma separada. Esto es, el diagrama de flujo incluye un camino para la fase A y otro camino para la fase B.

Refiriéndonos a la Figura 2, las corrientes de fase representativas y los relojes de apertura-cierre se ilustran en una realización de la presente invención. Los dos relojes de apertura-cierre (alrededor de 22 KHz) se usan para muestrear las salidas de los comparadores 110 y 112 con el circuito de conmutación 120. En los diagramas de tiempos ilustrados, la fase A está siguiendo una forma de onda de subida (corriente aumentando) y la fase B está siguiendo una forma de onda de bajada (corriente decreciendo). Los relojes de apertura-cierre de la fase A y la fase B están desfasados 180 grados. Sólo una corriente de fase tiene una pendiente de subida de la forma de onda en cualquier instante.

Es importante observar que la corriente en una fase de un motor (una bobina de hilo enrollado alrededor de un núcleo metálico) tenderá a continuar fluyendo después de que se elimina el voltaje de excitación. Esto es debido a que la bobina y el núcleo tienen las propiedades de una inductancia eléctrica, que está basada en los campos magnéticos creados en el núcleo debido al flujo de corriente. La inductancia se opone a cualquier cambio en el flujo de corriente. Además, el movimiento del rotor del motor induce una "fuerza electromotriz inversa" (voltaje) en la bobina que se opone al voltaje aplicado. El movimiento del motor y la disipación de energía como calor reducirán finalmente de forma natural la corriente, pero de un modo no controlado. También se opone a un aumento en la corriente cuando se

ES 2 331 355 T3

aplica un voltaje de excitación. Por naturaleza del motor, cuando se mueve más rápido, es incluso más difícil forzar una corriente adicional dentro de una bobina de fase, o reducirla.

5 En funcionamiento, asumiendo que la Fase A está en una pendiente de subida de la forma de onda (aumentado en magnitud), entonces la Fase B está en una pendiente de descenso de la forma de onda (disminuyendo en magnitud). La Fase A requiere aumentar la corriente, y la Fase B requiere una reducción de la corriente. Básicamente, hay tres opciones a elegir en el control de corriente: aplicar corriente (Excitación Activada), Excitación Desactivada con una Disminución Rápida y Excitación Desactivada con una Disminución Lenta.

10 Entre las etapas de aumento y disminución de la corriente, se mantiene la corriente de fase. Esto es, se usa una corriente de referencia para mantener una corriente “constante”. Por ejemplo, los tres primeros pulsos del reloj de apertura-cierre de fase de la Figura 2 se usan para mantener las corrientes de fase cerca de las corrientes de referencia R1 y R3. A continuación de la tercera señal de reloj, la corriente de la fase A se aumenta a una nueva corriente de referencia R2, y la fase B se disminuye a una nueva corriente de referencia R4. En contraste con los sistemas anteriores de gestión de corriente, el sistema presente conmuta entre la disminución rápida y lenta de modo que reduce el rizado de corriente a valores próximos a cero.

15 Refiriéndonos a las Figura 2 y 3, cuando se produce un Reloj de Fase 302 se comprueba la corriente (Fase A) para determinar si es mayor que la corriente de Referencia requerida por la referencia de la Onda Seno 304. Si no lo es, entonces se aplica un alto voltaje (Excitación Activa) a través del devanado del motor 306. El nivel de corriente de la Fase A se ignora momentáneamente (llamado un “Espacio en blanco” de la entrada del comparador) para evitar el ruido de la conmutación electrónica. Cuando se ha terminado el espacio en blanco, se habilita el comparador 308 para monitorizar la corriente de la Fase A comparada con la forma de onda de Referencia, R1. Cuando la prueba 310 “I>Ref” es cierta, esto es, la corriente es mayor que la corriente de Referencia, entonces la Fase A conmuta a una disminución lenta 312. De nuevo se observa un intervalo momentáneo de “Blanqueo” 314. Se mantiene la Disminución Lenta hasta que se produce otro Reloj de Fase 302. Obsérvese que el periodo de Blanqueo generado bien por la Fase A o por la Fase B limpia AMBAS fases. Cuando se aumenta la corriente de referencia (cuarta señal del reloj de apertura-cierre en este ejemplo) a R2, la corriente de fase aumenta a la nueva corriente de referencia antes de comenzar una disminución lenta.

30 En el mismo sentido, el Diagrama de Flujo en la Figura 3 se aplica a la Fase B como sigue. La Fase B tiene una magnitud de corriente decreciente. El circuito de control lógico de la conmutación determina cuando se aplican la Excitación Activada, Excitación Desactivada con Disminución Lenta y Excitación Desactivada con Disminución Rápida en la Fase B. En la Fase B, se aplican tanto la disminución lenta como la disminución rápida. Para evitar la interferencia de cruce entre la Fase A y la Fase B, se impide cualquier conmutación en la Fase B durante los periodos de “Blanqueo” de la Fase A. La regulación de corriente durante el descenso de la forma de onda se describe como sigue.

35 En la pendiente de subida del reloj de la Fase B (o “Apertura-Cierre”), si la corriente de la Fase B es mayor que el nivel de Referencia R3 304, se toma el camino hacia abajo del lado izquierdo del Diagrama de Flujo. Se inicia una disminución rápida de la Excitación Desactivada 320 y se mide el tiempo requerido para descargar la corriente de fase a la corriente de referencia (intervalos T1, T6, T9 en la Figura 2). Para hacer esto, se habilita un contador para “Contar Hacia Arriba” 320. Cuando la Corriente se hace menor que la referencia R3 324, el contador se habilita para “Contar Hacia Abajo”. Durante el tiempo de cuenta hacia abajo, se mantiene la disminución rápida durante un periodo de tiempo que es igual al tiempo medido 326 (intervalos de tiempo T2, T7, T10). Al final de este tiempo, se aplica una disminución lenta hasta la siguiente señal de reloj del apertura-cierre (intervalos T3, T8, T11). Después de un intervalo de Blanqueo 314, el control espera a la siguiente señal del reloj de apertura-cierre.

40 En la pendiente de subida del Reloj de Fase de la Fase B, si la corriente de la Fase B es menor que la Referencia requerida, como se ilustra por el intervalo T4, se sigue el lado derecho del Diagrama de flujo. Se inicia una Excitación Activada para aplicar corriente durante el Blanqueo del circuito Comparador. Cuando termina el periodo de Blanqueo, se habilita el circuito Comparador y la corriente se compara con la referencia. A continuación se aplica una disminución lenta después de que la corriente alcanza el nivel de referencia. Los Comparadores se Blanquean durante un corto periodo de tiempo y a continuación vuelven a la parte superior del Diagrama de Flujo, esperando de nuevo un Reloj de Fase. En una realización, el controlador de la corriente del motor disminuye la corriente de la fase del motor usando sólo la disminución rápida de corriente si la corriente de referencia es cero. Como tal, no se realiza la decisión con respecto a la aplicación de si la disminución es lenta o rápida, si no que se asume una disminución rápida. Esto reduce adicionalmente el rizado de corriente en los valores de corriente de la fase del motor próximos a cero.

45 Hay diferentes diseños de circuitos que se pueden usar para implementar el funcionamiento descrito anteriormente. Más adelante se describen dos posibles diseños de circuitos que siguen a una descripción más detallada del descenso rápido y el descenso lento. Como se ha establecido anteriormente, hay dos métodos (descenso “rápido” y “lento”) que pueden usarse para eliminar la corriente del devanado del motor. Refiriéndonos a la Figura 4A, se ilustra un puente en H 150 que incluye cuatro diodos 152-155 que acoplan el devanado del motor a las conexiones de la fuente de alimentación. Los dos conmutadores de fuente 160 y 162 y los dos de sumidero 164 y 166 se acoplan para cortocircuitar selectivamente los diodos. Durante el descenso “rápido” todos los conmutadores están abiertos, en esta configuración, el devanado 170 está conectado entre tierra y el voltaje de la fuente de alimentación a través de los diodos. En el momento en el que los conmutadores se abren, como se ha descrito anteriormente, la corriente en el devanado tiende a continuar fluyendo en la misma dirección debido a las propiedades de inductancia del devanado. La inductancia

ES 2 331 355 T3

genera un voltaje interno a través del devanado, que es suficientemente mayor que el voltaje aplicado, para forzar que la corriente fluya desde tierra a la fuente de alimentación dando como resultado una disipación de energía aumentada. Durante el descenso “lento”, bien la fuente 1 y la fuente 2, o el sumidero 1 y el sumidero 2 están cerrados de modo que el voltaje a través del devanado es muy pequeño. La disipación de energía se reduce enormemente en el descenso lento. La resistencia de detección 180 está acoplada en serie con el devanado del motor.

Refiriéndonos a la Figura 4B, se describe una realización de un circuito de conmutación 200 de la presente realización, que funciona de acuerdo con el diagrama de flujo de la Figura 3. El circuito de conmutación es similar al circuito de la Figura 1 con el puente en H 106 y 108 y las resistencias de detección 180 ilustradas. La resistencia de detección 180 está acoplada en serie con el devanado del motor. Un amplificador diferencial está acoplado a la resistencia de detección para proporcionar una entrada al circuito comparador para cada una de las fases.

En funcionamiento, el pulso de reloj de paso se introduce en el Generador del Código del Seno 104 y el Generador del Código del Coseno 106. Los datos digitalizados resultantes, que representan una salida de onda Seno y una onda Coseno, se producen sobre el bus 1 y el bus 2. Los convertidores D/A 130 y 132 generan voltajes de salida proporcionales a los datos de entrada desde el bus 1 y el bus 2 respectivamente. Las salidas de los convertidores D/A proporcionan las señales de corriente de referencia que corresponden a las corrientes deseadas de las fases A y B. El voltaje de referencia se compara a continuación con las corrientes en los devanados de la fase correspondiente A y B usando los comparadores 110 y 112. Las corrientes de fase se determinan usando amplificadores diferenciales 182 y 186 acoplados a través de la resistencia de detección de cada una de las fases. Las salidas de los comparadores se usan por el circuito lógico de control de conmutación de corriente 120 para indicar cuando las corrientes aplicadas han alcanzado sus niveles de referencia predeterminados. El circuito lógico de control de conmutación de corriente implementa a continuación la lógica para la selección de disminución rápida y lenta tratada anteriormente.

El generador de código del seno y el generador del código del coseno, el generador del reloj de apertura-cierre y el circuito lógico de control de conmutación de corriente pueden implementarse con una disposición de puertas programables de campo (FPGA) única o un circuito integrado de aplicación específica (ASIC).

El control de la corriente en el devanado con la secuencia descrita en la tabla 1 puede reducir el ruido de modo común innecesario del amplificador diferencial limitando el cambio de voltaje sobre la resistencia de detección. La tabla 1 cambiaría si la resistencia de detección en la Figura 4A se moviera a lado opuesto de la bobina del motor.

TABLA 1

| | Dirección de la corriente | Aplicación de la corriente | Descenso lento | Descenso rápido |
|--|---------------------------|---|---|--|
| Valor de la corriente absoluta en la pendiente de subida de la forma de onda | Positiva | Fuente 160 cerrado, fuente 162 abierto, sumidero 164 abierto, sumidero 166 cerrado | Fuente 160 cerrado, fuente 162 cerrado, sumidero 164 abierto, sumidero 166 abierto | N/A |
| | Negativa | Fuente 160 abierto, fuente 162 cerrado, sumidero 164 cerrado, sumidero 166 abierto | Fuente 160 abierto, fuente 162 abierto, sumidero 164 cerrado, sumidero 166 cerrado | N/A |
| Valor de la corriente absoluta en la pendiente | Positiva | Fuente 160 cerrado, fuente 162 abierto, | Fuente 160 abierto, fuente 162 abierto, | Fuente 160 abierto, fuente 162 abierto, |

ES 2 331 355 T3

| | | | | | |
|----|--|-----------------|---|---|---|
| 5 | de descenso de la forma de onda | | sumidero 164 abierto, sumidero 166 cerrado | sumidero 164 cerrado, sumidero 166 cerrado | sumidero 164 abierto, sumidero 166 abierto |
| 10 | | Negativa | Fuente 160 abierto, fuente 162 cerrado, sumidero 164 cerrado, sumidero 166 abierto | Fuente 160 cerrado, fuente 162 cerrado, sumidero 164 abierto, sumidero 166 abierto | Fuente 160 abierto, fuente 162 abierto, sumidero 164 abierto, sumidero 166 abierto |
| 15 | | | | | |
| 20 | | | | | |

25 Además, el circuito lógico de control de conmutación de corriente puede incluir una máscara, o un espacio en blanco, con una duración suficiente de tiempo para enmascarar el ruido. El ruido resulta de la conmutación repentina del voltaje sobre el devanado. La capacidad entre devanados permite que se produzca un pico en la forma de onda de la corriente. La ventaja de este circuito es que detecta continuamente la corriente.

30 Refiriéndonos a las Figuras 5A y 5B, se describe una realización alternativa del circuito de conmutación 300. El circuito es básicamente el mismo que el mostrado en la Figura 4, pero elimina el circuito amplificador diferencial. La resistencia de detección 180 está conectada eléctricamente entre el devanado 170 y la tierra cerrando el conmutador 164 ó 166 durante el funcionamiento, véase la Figura 5A. Los circuitos de detección de corriente en la fase A y en la fase B son idénticos e incluyen dos comparadores (216 y 218) y un amplificador inversor (212). El comparador 216 compara el voltaje de detección y el voltaje de referencia del D/A. El amplificador 212 invierte la salida del convertidor D/A. Esta salida invertida se compara a continuación con un voltaje de detección proporcionado usando el comparador 216. El circuito lógico de control de conmutación de corriente 120 acepta sólo la señal de salida del comparador 216 cuando la fase está en el modo “aplicar corriente” o el voltaje de la resistencia de detección es positivo. El circuito lógico de control de conmutación de corriente acepta sólo la señal de salida desde el comparador 218 cuando la fase está en el modo “Excitación Desactivada con disminución rápida”, que es cuando el voltaje de la resistencia de detección es negativo. El voltaje de detección es positivo (por encima de tierra) si se aplica corriente al devanado. El voltaje de detección es negativo (por debajo de tierra) en el descenso rápido de la Excitación Desactivada. No hay ningún voltaje de detección en el modo de descenso lento. Por lo tanto, el excitador se activa para medir la corriente. Como resultado, el método de control es algo diferente del diagrama de flujo descrito anteriormente. Deben utilizarse las señales “Pendiente” y “Cero” de salida de los generadores de Seno (o Coseno).

50 En la pendiente de subida de la forma de onda, hay sólo el modo de Excitador activado “aplicando corriente” y el modo “Excitador Desactivado/Descenso Lento”. El circuito lógico de control de conmutación de corriente 120 aplica corriente al devanado independientemente del nivel de corriente desde el ciclo de disminución lenta anterior, ya que no puede haber medición de la corriente en el Descenso Lento. Por lo tanto, esta es una diferencia entre el funcionamiento de los circuitos de las Figuras 4 y 5B en la pendiente de subida de la forma de onda.

55 En la pendiente de descenso de la forma de onda, sin embargo, el circuito lógico de control de conmutación de la corriente de la Figura 5B necesita saber si la corriente del devanado durante el descenso lento está por encima o por debajo de la referencia antes de tomar la decisión de conmutar a una disminución rápida. En funcionamiento se implementa el modo Excitación Activada “aplicar corriente” durante un tiempo muy corto para detectar la corriente en el devanado. En base a este nivel (más alto, más bajo o igual al nivel de referencia), se implementa el criterio de regulación de corriente descrito anteriormente.

60 Típicamente hay un pico de voltaje desarrollado a través de la resistencia de detección cuando se activa la salida del puente en H. Este pico se produce por el ruido en el sistema más una corriente de recuperación inversa del diodo de recirculación que fluye a través de la resistencia de detección. Si la magnitud de este pico es suficientemente alta para exceder el voltaje de referencia, el comparador puede engañarse y dar una señal errónea al circuito lógico de control de conmutación de la corriente. Una solución para este problema es usar un tiempo muerto o tiempo de “Blanqueo”, (que comienza desde la pendiente de subida del reloj de apertura-cierre) en el circuito lógico de control de conmutación de la corriente 120 para enmascarar el pico. El tiempo de Blanqueo se fija para que sea más largo que la suma del retardo de propagación más la duración del pico (usualmente en el intervalo de 50 a 200 nseg.). Además, el voltaje a través

ES 2 331 355 T3

de la resistencia de detección cambia de positivo a negativo en un corto periodo de tiempo cuando el circuito conmuta desde la corriente aplicada al descenso rápido. El circuito lógico de control de conmutación de corriente puede fijar un tiempo de Blanqueo para ignorar la señal de entrada desde el comparador correspondiente durante un tiempo corto (no más de 3 microsegundos) y a continuación permitir que la salida del comparador controle de nuevo la corriente.

5

Obsérvese que en la porción de Subida de la corriente de la forma de onda, el algoritmo de control podría implementarse igual que en la porción de Descenso. Sin embargo, en la práctica, la corriente en la fase de aumento es usualmente siempre más baja que la referencia cuando se produce el siguiente reloj de Fase. El tema más significativo es el de la pendiente o corriente Decreciente, o la porción de corriente donde la corriente debe eliminarse continuamente, pero debido a la resonancia mecánica que puede producirse a diferentes velocidades del motor, el nivel de corriente es impredecible.

10

La ventaja de esta realización es el ahorro de costes porque no se requiere ningún amplificador diferencial. El inconveniente es que la corriente del devanado puede interrumpirse durante el periodo de detección de corriente.

15

Conclusión

Se ha descrito un circuito de control de un motor paso a paso que reduce la corriente de rizado. El circuito de control aplica tanto la disminución rápida como la lenta a la fase del motor cuando la corriente se está reduciendo en la fase del motor mientras que sigue una forma de onda de la corriente de descenso. El circuito de control usa una disminución rápida inicial para reducir la corriente del devanado y a continuación conmuta a una disminución lenta hasta que la corriente del devanado se muestrea de nuevo. El circuito de control muestrea la corriente del devanado y compara la corriente muestreada con una corriente de referencia para determinar si la corriente se aplicará o se reducirá usando los métodos de descenso rápido y/o lento. Se han descrito diferentes circuitos de muestreo de la corriente del devanado. Una realización proporciona una detección constante de la corriente y una realización alternativa permite la detección de corriente selectiva.

20

25

Aunque se han ilustrado y se han descrito en este documento realizaciones específicas, se apreciará por los especialistas en la técnica que cualquier disposición, que se calcule para conseguir el mismo propósito, puede sustituirse para la realización específica mostrada. Esta solicitud se pretende que cubra la presente invención. Por lo tanto, se intenta de forma manifiesta que esta invención sólo esté limitada por las reivindicaciones adjuntas.

30

35

40

45

50

55

60

65

ES 2 331 355 T3

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de control de un motor paso a paso (100) que comprende:

5 un circuito comparador (110, 112) para comparar una corriente de fase del motor con una corriente de referencia (REF A, REF B) y proporcionar una salida;

10 un controlador de corriente de motor (120) acoplado a un circuito comparador (110, 112) y una fase del motor (A, B) para ajustar la corriente de fase del motor en respuesta a la salida, en el que el controlador de corriente del motor (120) usa selectivamente una disminución lenta y una rápida de la corriente en la fase del motor (A, B) para reducir la corriente de la fase del motor, **caracterizado** porque

15 el controlador de corriente del motor (120) mide un primer periodo de tiempo requerido para disminuir la corriente de fase del motor hasta igualar la corriente de referencia (REF A, REF B), usando una disminución de corriente rápida;

20 aplica el proceso de disminución de corriente rápida durante un segundo periodo de tiempo igual al primer periodo de tiempo medido y reduce adicionalmente la corriente de la primera fase del motor usando un proceso de disminución lenta de la corriente a continuación del segundo periodo de tiempo; y

25 disminuye la corriente de la fase del motor a la corriente de referencia (REF A, REF B) usando la disminución de corriente rápida y conmuta a la disminución de corriente lenta a continuación de un periodo de tiempo definido que es igual al doble del tiempo transcurrido requerido para reducir la corriente de la fase del motor a la corriente de referencia (REF A, REF B).

2. El control del motor paso a paso de la reivindicación 1 que comprende además:

30 un generador de onda seno de referencia (102);

un generador de onda coseno de referencia (104);

35 en el que dicho circuito comparador (110, 112) compara la corriente de la primera fase del motor con una corriente de referencia de una onda seno (REF A), y compara la corriente de la segunda fase del motor con una corriente de referencia de onda coseno (REF B), y dicho controlador de corriente del motor (120) está acoplado además a las fases primera y segunda del motor (A, B) para ajustar las corrientes de la primera y la segunda fases del motor, en el que el controlador de corriente del motor (120) aumenta las corrientes de la primera y la segunda fases del motor para seguir una corriente de referencia en aumento de una onda seno o una onda coseno, y usa selectivamente dicha disminución de corriente lenta y rápida sobre la fase del motor para reducir la corriente de la fase del motor para siga una corriente de referencia decreciente de una onda seno o una onda coseno.

40 3. El sistema de control del motor paso a paso de la reivindicación 1 en el que el controlador de corriente del motor (120) disminuye la corriente de fase del motor usando sólo la disminución de corriente rápida si la corriente de referencia es cero.

45 4. El sistema de control paso a paso de la reivindicación 1 en el que la corriente de la primera fase del motor se mide usando una resistencia (180) acoplada en serie con el devanado (170) de la primera fase del motor y un amplificador diferencial (182).

50 5. El sistema de control paso a paso de la reivindicación 1 en el que la corriente de la segunda fase del motor se mide usando una resistencia (180) acoplada en serie con un devanado (170) de la segunda fase del motor y un amplificador diferencial (182).

55 6. El sistema de control del motor paso a paso de la reivindicación 1 en el que la corriente de la primera fase del motor se mide usando una resistencia acoplada al devanado de la primera fase del motor.

7. El sistema de control del motor paso a paso de la reivindicación 1 en el que la corriente de la segunda fase del motor se mide usando una resistencia acoplada al devanado de la segunda fase del motor y un amplificador diferencial.

60 8. Un método de funcionamiento de un motor paso a paso que comprende:

comparar una corriente de fase del motor con una corriente de referencia;

65 cuando la corriente de fase del motor es mayor que la corriente de referencia, reducir la corriente de fase del motor a la corriente de referencia usando un proceso de disminución rápida de la corriente hasta que la corriente de la fase del motor está por debajo de la corriente de referencia reduciendo adicionalmente la corriente de fase del motor usando un proceso de disminución lenta de la corriente, **caracterizado** porque

ES 2 331 355 T3

dicha corriente de la fase motor es la corriente de la primera fase del motor y dicha corriente de referencia es la primera corriente de referencia, en el que la primera corriente de referencia está a continuación de la pendiente decreciente de una forma de onda sinusoidal;

5 dicha etapa de reducir la corriente de la fase del motor usa un proceso de disminución rápida de corriente que comprende

10 reducir la corriente de la primera fase del motor a la primera corriente de referencia hasta que la corriente de la primera fase del motor iguala a la primera corriente de referencia;

medir un primer periodo de tiempo requerido para disminuir la corriente de la primera fase del motor para igualar a la primera corriente de referencia;

15 aplicar además dicho proceso de disminución rápida de la corriente durante un segundo periodo de tiempo igual al primer periodo de tiempo medido; y

dicha etapa de reducir la corriente de fase del motor que usa un proceso de disminución lenta sigue el segundo periodo de tiempo.

20 9. El método de la reivindicación 8 que comprende;

cuando la corriente de fase del motor es menor que la corriente de referencia, aumentar la corriente de fase del motor a la corriente de referencia; y

25 reducir la corriente de fase del motor usando el proceso de disminución lenta de la corriente después de que la corriente de la fase del motor alcanza la corriente de referencia.

10. El método de la reivindicación 8 que comprende además:

30 cuando la corriente de referencia es igual a cero, reducir la corriente de fase de motor usando el proceso de disminución rápida de la corriente.

11. El método de la reivindicación 8 que comprende además:

35 comparar la corriente de la segunda fase del motor con una segunda corriente de referencia que está a continuación de la pendiente de aumento de la forma de onda sinusoidal:

40 cuando la corriente de la segunda fase del motor es menor que la segunda corriente de referencia, aumentar la corriente de la segunda fase del motor hasta que es igual a la segunda corriente de referencia; y

reducir la corriente de la segunda fase del motor usando un proceso de disminución lenta de la corriente después de que la corriente de la segunda fase del motor es igual a la segunda corriente de referencia.

45

50

55

60

65

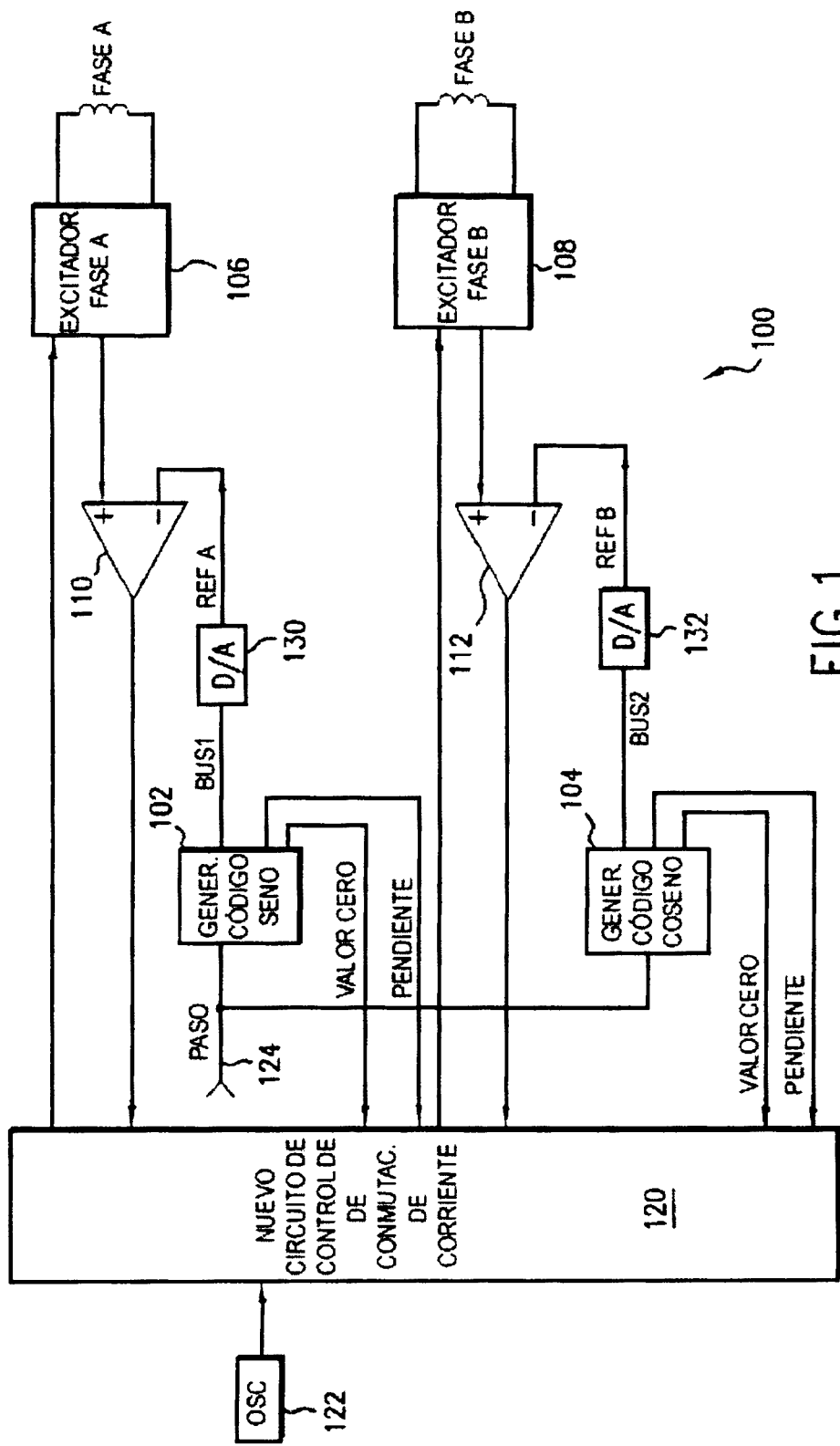


FIG.1

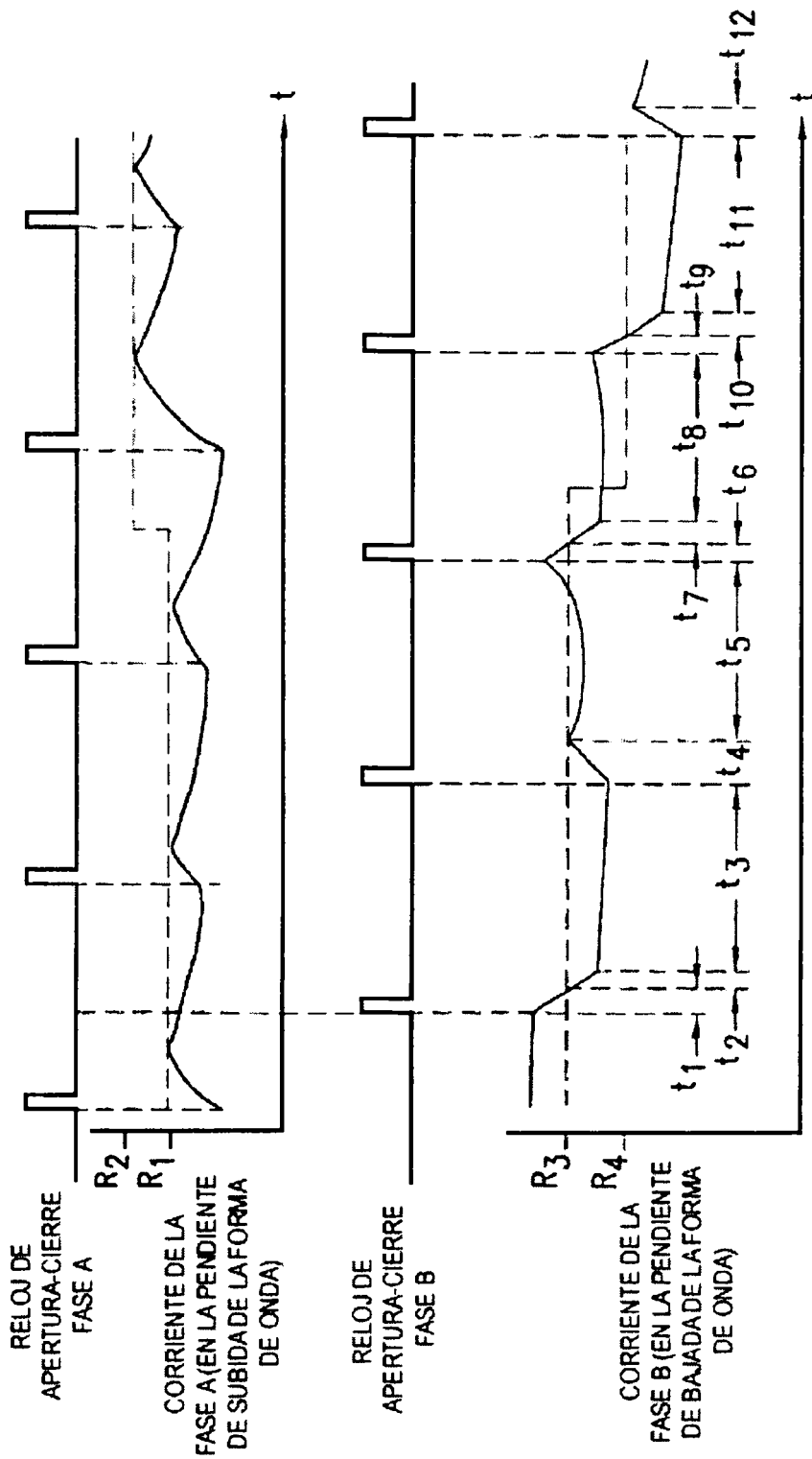
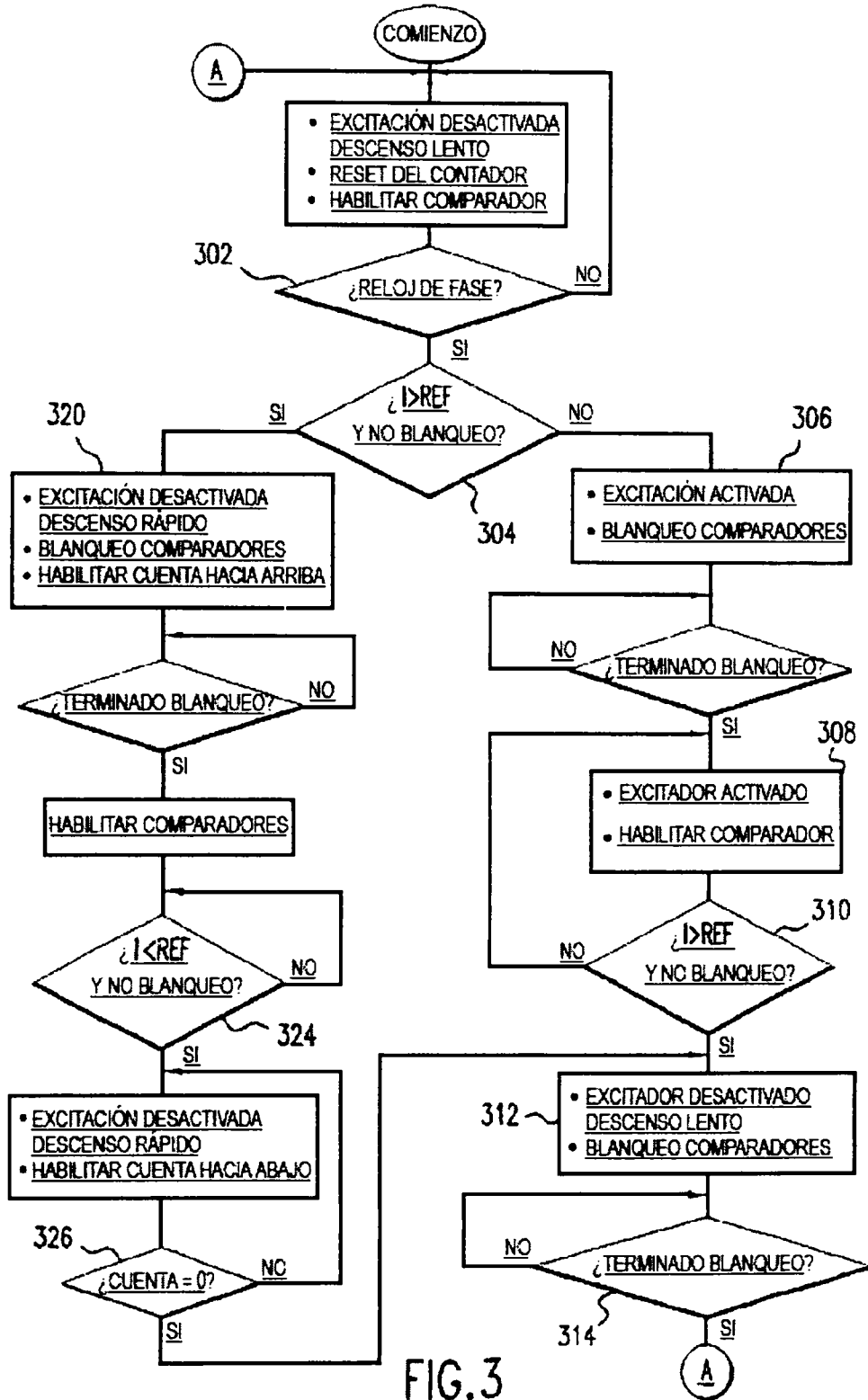


FIG.2



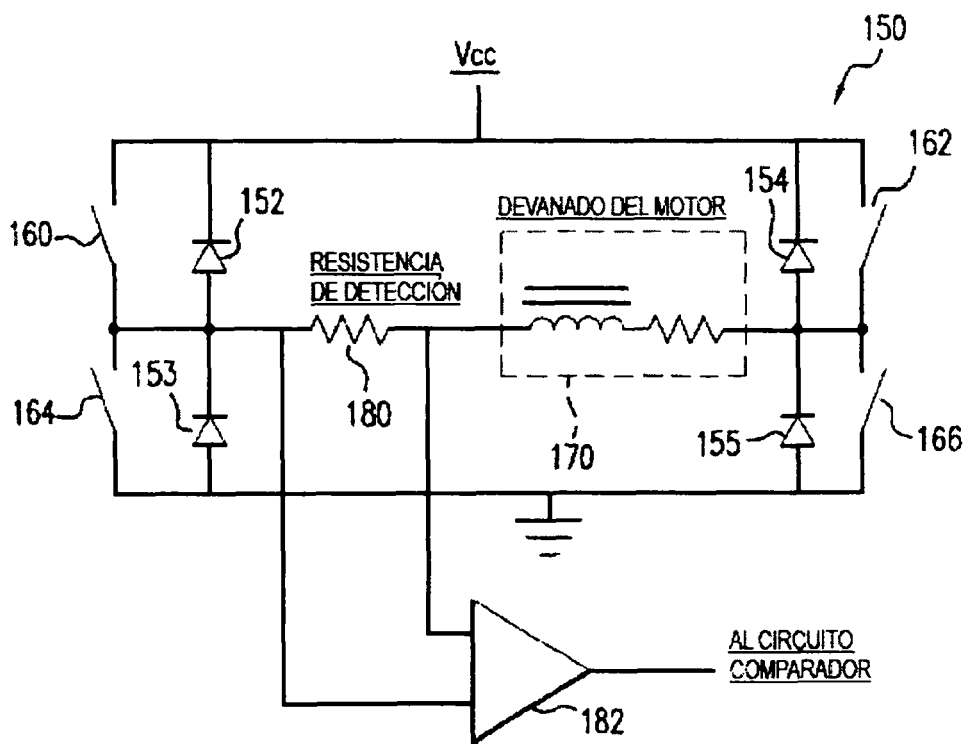


FIG.4A

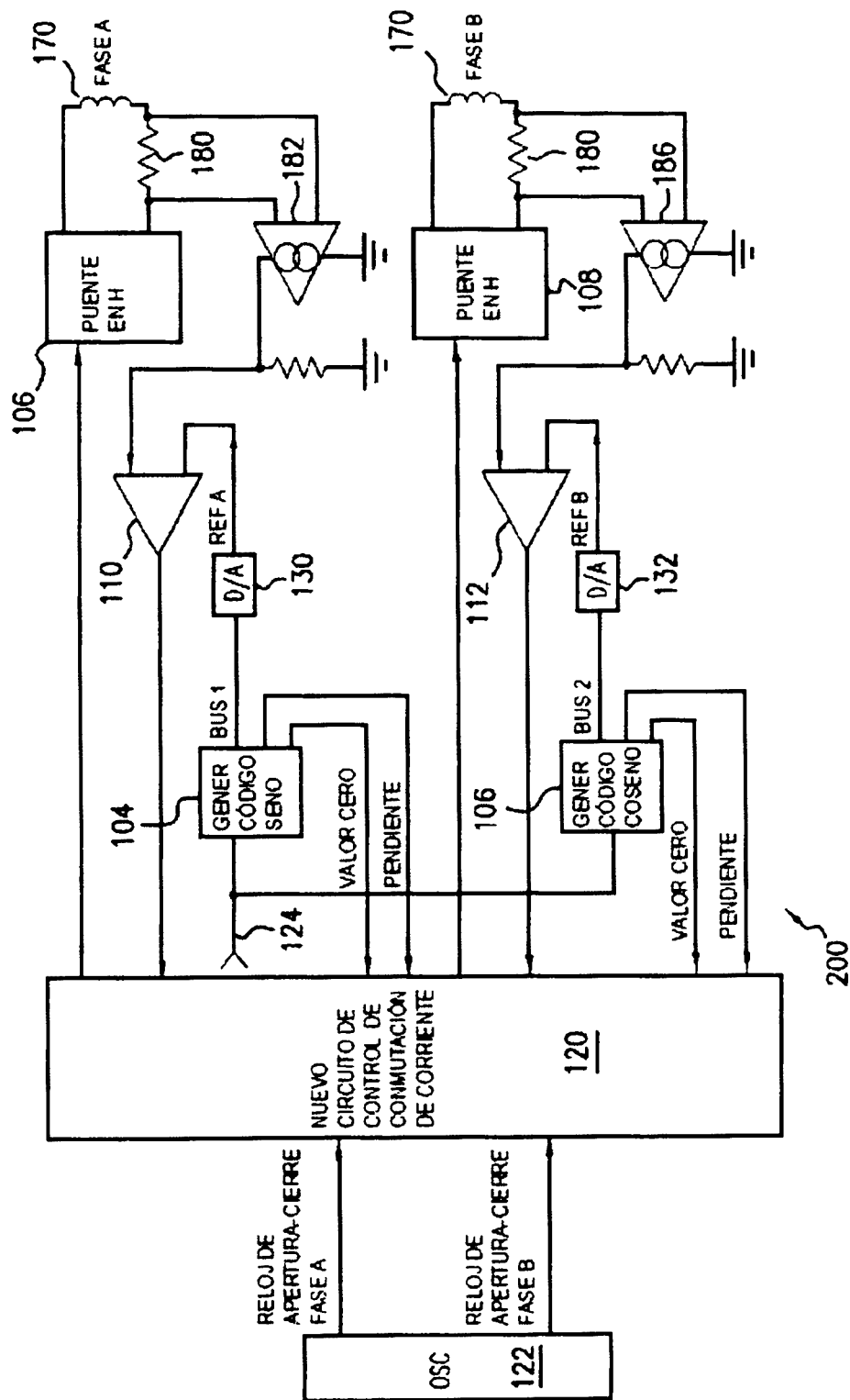


FIG.4B

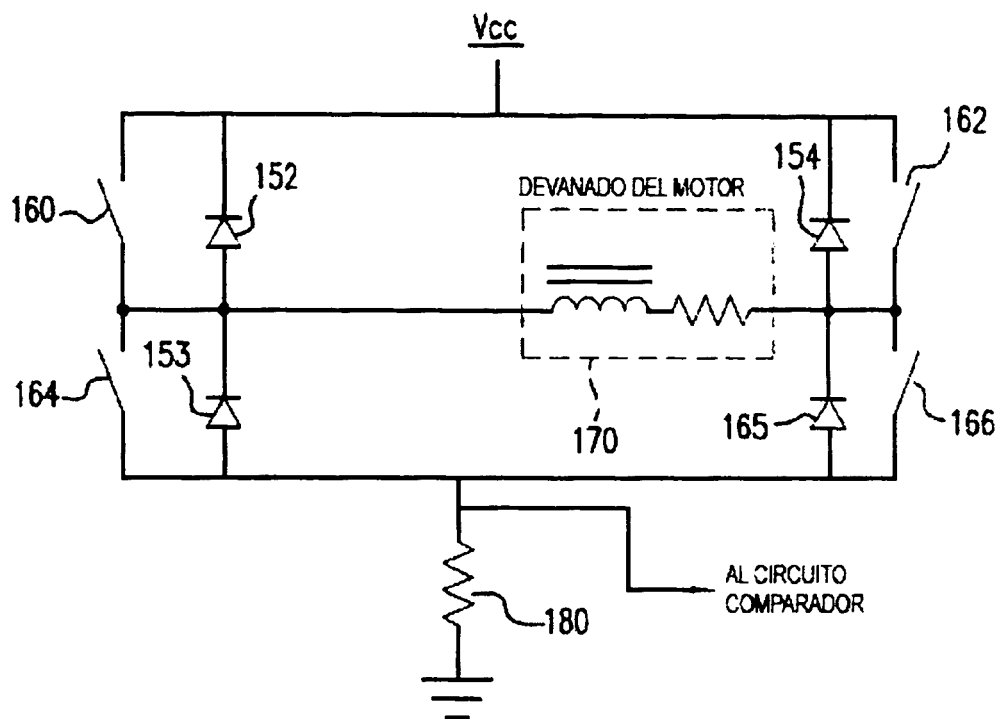


FIG.5A

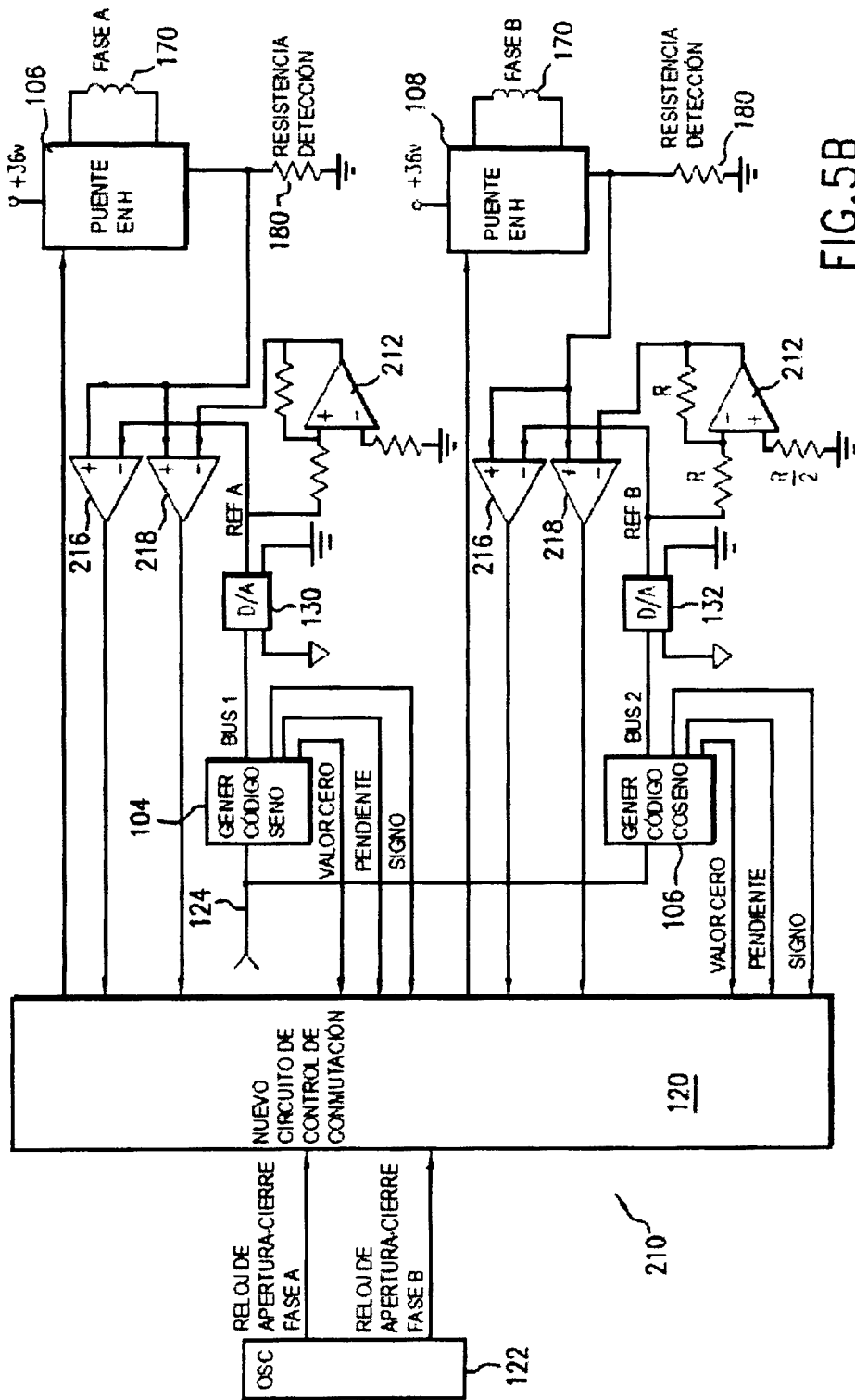


FIG. 5B