

CAVELIER

ABOGADOS

www.cavelier.com
cavelier@cavelier.com

EDIFICIO SISKI
CARRERA 4 No. 72 - 35
BOGOTÁ 8, COLOMBIA

Teléfono: (57-1) 347 3611
Telefax: (57-1) 211 8650
(57-1) 700 4814
Fax in U.S.A.: (1-305) 675 7743

Señor Director
DIRECCION DE NUEVAS CREACIONES
Superintendencia de Industria y Comercio
E. S. D.

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 10-042683- -00008-0000

Fecha: 2012-10-29 16:45:53 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 523 RESPUESTA Folios: 48

Trámite : 011
Evento : 378
Actuación : 444

Referencia : Expediente No. **10.042.683**
Asunto : Solicitud de patente para **SISTEMA Y MÉTODO PARA
MAXIMIZAR EL AHORRO DE ENERGÍA EN MOTORES DE
INDUCCIÓN AC BAJO TODAS LAS CARGAS**
Solicitante : THE POWERWISE GROUP, INC.
Fecha de solicitud : Abril 13 de 2010

1. Yo, Luz Clemencia DE PÁEZ, en mi condición de apoderada de la sociedad solicitante de la patente de la referencia, me refiero al oficio No. **11058** notificado por fijación en lista el 22 de Junio de 2012.
2. Mediante memorial de Agosto 24 de 2012 se solicitó oportunamente plazo para responder la acción oficial.
3. Mediante oficio No. **11058** se puso en conocimiento del solicitante el informe que contiene las observaciones hechas por su Despacho sobre la presente solicitud de patente, que se refieren a la claridad del pliego reivindicatorio, a la claridad de la descripción, a la novedad de las reivindicaciones 1 a 4, 10, 18, 20 a 22, 28 a 30, 36, 38 y 39 en vista del documento **D1**: US 6'274'999 y al nivel inventivo de las reivindicaciones 5 a 9, 11, 12, 14 a 17, 19, 23 a 27, 31 a 35, 37 y 40 a 43 en vista de los documentos **D1** y **D2**: US 6'489'742.

4. Respuesta a las objeciones

De este modo y con el objeto de atender las objeciones arriba mencionadas, se desea presentar las siguientes modificaciones, aclaraciones y argumentos:

4.1 Modificación de una solicitud en trámite

De acuerdo con el artículo 34 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, donde se establece que la modificación de una solicitud es posible en cualquier momento del trámite mientras no implique una ampliación de la solicitud inicial, me permito presentar un nuevo pliego reivindicatorio conformado por 41 reivindicaciones, junto con un nuevo capítulo descriptivo y un nuevo juego de figuras.

4.2 Argumentos a favor de la claridad de las reivindicaciones.

El pliego reivindicado modificado utiliza la frase “caracterizado por” para separar claramente el preámbulo de la parte característica en las reivindicaciones independientes. También se han incluido los números de referencia de cada elemento o característica en las reivindicaciones, favoreciendo así la claridad de éstas.

En cuanto a la frase “barrer un espacio de control (39) del motor de inducción AC (3)”, se le aclara al señor examinador que dicha acción está claramente definida en la página 12, renglones 13 a 18, definición que se encontraba en la descripción original. Es preciso mencionar que la Decisión 486 de la Comunidad Andina establece en el artículo 51:

“El alcance de la protección conferida por la patente estará determinado por el tenor de las reivindicaciones. La descripción y los dibujos, o en su caso, el material biológico depositado, servirán para interpretarlas”

De acuerdo a lo anterior, se considera que dicha objeción es impropia, ya que la descripción presta el soporte pertinente para interpretar correctamente la frase objetada.

En cuanto a los fragmentos objetados por indicar el uso que se le puede dar a la invención, es pertinente aclarar que todos éstos fragmentos son relaciones funcionales entre elementos, o características técnicas funcionales, que en este caso se hacen necesarias para que un técnico versado en la materia pueda entender la invención correctamente debido a la gran cantidad de funciones que puede ejercer cada uno de los componentes de la invención cambiando ligeramente su configuración. Con respecto a lo anterior, el "INSTRUCTIVO EXAMEN DE SOLICITUDES DE PATENTES DE INVENCION Y MODELO DE UTILIDAD" de su Despacho establece:

"Las características técnicas funcionales son los elementos que conforman las invenciones, descritos en términos de su uso o su función. No definen la invención, pero explican la relación que hay entre sus diversas características estructurales (...) Las reivindicaciones deben incluir características estructurales y funcionales cuando para la persona del oficio normalmente versada en la materia no sea obvio el funcionamiento de los elementos característicos y la relación entre estos"

Así, las frases en cuestión le proporcionarán suficiente información a la persona versada en la materia para que ésta pueda realizar la invención. Con la información suministrada un técnico normalmente versado en la materia estará en capacidad de escoger la configuración específica de cada componente y la interconexión entre ellos.

El término "medios" ha sido reemplazado por la característica técnica correspondiente en cada caso. También se ha eliminado la expresión "al menos". Así, las reivindicaciones definen la invención de forma precisa.

En consecuencia de lo anterior, se considera que las objeciones formuladas en cuanto a la falta de claridad de las reivindicaciones han sido superadas.

4.3 Argumentos a favor de la claridad de la descripción

Se ha revisado la descripción corrigiendo todos los errores de traducción, de digitación y de numeración. También se han modificado algunos fragmentos que no estaban redactados de forma clara.

Con respecto a la objeción referente a la sección que se refiere a la figura 8, por presentar inconsistencia entre la descripción y los dibujos, hemos notado que todos los

números de referencia se encuentran correctamente asignados, por lo que interpretamos que la objeción se debe a que se enuncian elementos que no se señalan en dicha figura. Con respecto a lo anterior, deseamos aclarar que, aunque esta sección (página 9, renglones 31 a 38 de la nueva descripción) se refiera a la figura 8, no es independiente y aislada del resto de la descripción, así, en este fragmento se hace referencia a conceptos previamente definidos y referenciados en la figura 7. Es claro para una persona medianamente versada en la materia, o con un conocimiento básico de circuitos que la figura 8 es un esquema detallado de una modalidad de la figura 7, por lo que no se hace necesario repetir las referencias hechas previamente.

4.4 Argumentos a favor de la novedad de la invención

La nueva reivindicación 1 define el siguiente preámbulo: "Un sistema para reducir el consumo de energía de un motor de inducción AC (3) que opera a una frecuencia constante" que define de forma más precisa la invención. De esta forma se puede observar una diferencia fundamental con el documento D1: La presente invención se refiere a un motor de inducción AC que opera a velocidad constante bajo diferentes condiciones de carga, mientras que dicho documento se refiere a un motor de inducción AC que cambia constantemente de velocidad.

En este caso es pertinente aclarar que D1 se refiere a un sistema en donde el motor está esencialmente inactivo cuando el carro se mueve en línea recta. Sin embargo, en el momento de dar una curva, el controlador recibe una señal directa del volante, y determina la potencia que debe ser suministrada al motor para que el carro responda como es deseado. La determinación de la potencia está dada por una función de búsqueda de valores en una tabla generada en laboratorio que relaciona la potencia en el motor con la respuesta de la dirección. Así, el controlador se limita a buscar valores en dicha tabla y realizar un control de realimentación.

De acuerdo a lo anterior, se puede notar que el documento D1, a diferencia de la presente invención, establece una tabla de correlación predefinida empíricamente que no permite control dinámico, no se refiere a los puntos cercanos al atascamiento del motor como parámetros deseables de control y no se refiere al funcionamiento de un motor de inducción AC a velocidad constante.

Adicionalmente, la tabla de correspondencia de D1 no puede ser comparada con la línea de control (25) de la presente invención, ya que dicha tabla comprende una serie de datos preestablecidos empíricamente en un laboratorio, mientras que la línea de control (25) es generada por el controlador a partir de solo dos puntos, que pueden ser cambiados por el controlador en función de mediciones de parámetros de operación medidos cuando el motor de inducción AC está cerca de atascarse. Así la presente invención permite generar un control dinámico que se puede actualizar durante la operación.

Cabe resaltar que la nueva reivindicación 1 establece un sistema en el cual el controlador actualiza automáticamente la línea de control durante la operación. Esto no es enseñado ni sugerido por el documento D1, el cual requiere que un técnico genere las tablas de correspondencia, las cuales no pueden ser actualizadas por el controlador, lo que produce un control estático, en contraste con el control dinámico de la presente invención.

También se puede notar que el control de realimentación de D1 es esencialmente diferente al control de bucle cerrado de la presente invención, ya que el control de realimentación de D1 se basa en la medición de la presión hidráulica para seleccionar una de tres tablas de correspondencia, mientras que el control de bucle cerrado de la presente invención se basa en la diferencia instantánea entre los parámetros de operación medidos y la línea de control establecida.

Los elementos mencionados diferencian claramente a la reivindicación 1 del documento citado. Las reivindicaciones 2 a 24 dependen de la reivindicación 1, por lo que también son novedosas con respecto al estado del arte.

Ya que la reivindicación 25 comprende también las características técnicas mencionadas arriba, se puede concluir que dicha reivindicación, y sus reivindicaciones dependientes 26 a 41, son también novedosas sobre el estado del arte citado en virtud de los mismos argumentos.

4.5 Argumentos a favor del nivel inventivo de la invención

Ya que la determinación del nivel inventivo se centra en el problema técnico resuelto por la invención, se vuelve más evidente la diferencia entre la invención y los documentos citados, ya que el problema técnico resuelto por la presente invención corresponde a “minimizar el consumo de energía de un motor de inducción AC que opera a velocidad constante con diferentes cargas”. Este problema técnico no es resuelto ni mencionado por ninguno de los documentos D1 o D2.

Debido a que los documentos citados no resuelven el problema técnico mencionado arriba, no existe la necesidad en ellos de generar una línea de control actualizada dinámicamente por el controlador. Así, la línea de control (25) de la presente solicitud corresponde a un elemento inventivo que diferencia claramente a la invención del estado de la técnica. Ya que ninguna posible combinación de los documentos D1 y D2 puede resultar en una línea de control (25) como la especificada por las reivindicaciones independientes 1 y 25 de la presente solicitud, resulta impropio afirmar que es obvio llegar al objeto de dichas reivindicaciones a partir de los documentos D1 y D2.

Por otro lado, cabe aclarar que, mientras D1 no hace mención a los puntos cercanos al atascamiento del motor, D2 hace referencia a un controlador que aleja al motor de estos puntos ([0078]), lo que es contrario a lo especificado por la reivindicación 1. Así, se puede notar que las enseñanzas combinadas del estado de la técnica citado son de hecho contrarias a lo especificado por la invención. Consecuentemente, una persona versada en la materia no podría llegar al objeto de la reivindicación 1 partiendo de los documentos D1 y D2.

Como consecuencia de lo anterior, las reivindicaciones independientes 1 y 25 son inventivas sobre el estado del arte citado. Consecuentemente, las reivindicaciones 2 a 24 y 26 a 41 son también inventivas en virtud de su dependencia de las reivindicaciones 1 o 25.

De acuerdo a todos los argumentos presentados, la presente solicitud cumple a cabalidad con los requerimientos exigidos en la Decisión 486 y las objeciones formuladas por el Examinador se ven superadas.

CAVELIER

ABOGADOS

4. Puesto que se ha dado respuesta a todas las objeciones formuladas por el Examinador, se solicita atentamente proceder al otorgamiento de la solicitud de patente. En este sentido, respetuosamente recordamos al Examinador que la patente no podrá ser negada con base en objeciones diferentes a las expuestas en la acción oficial No. 11058, toda vez que al no haber sido trasladadas a mi representada, dicha decisión violaría tanto el tenor literal del artículo 45 de la Decisión 486 como el derecho constitucional al debido proceso. En este evento, y con base en el inciso 2 del artículo 45, respetuosamente solicitamos al Examinador expedir una nueva acción oficial que permita a mi representada contra argumentar las mismas o modificar la solicitud con el fin de cumplir los requisitos de patentabilidad.

5. **Anexos**

- Nuevo pliego reivindicatorio conformado por 41 reivindicaciones;
- Nuevo juego de figuras;
- Nuevo capítulo descriptivo;
- Formulario de modificaciones en solicitud pendiente.

Señor Director,


LUZ CLEMENCIA DE PAEZ

C.C. 35.456.344 de Usaquén

T.P.A. No. 23.555

COLO-17580-0841-002-1

266 SML\DRD\ID-228771\WPC17580
No. M-2012-228771\SML

 Industria y Comercio SUPERINTENDENCIA	Espacio reservado para el adhesivo de radicación
---	--

DIRECCIÓN DE NUEVAS CREACIONES
MODIFICACIONES Y/O CORRECCIONES

1. Identificación del Trámite

☐ Error material

☒ Modificación a una Solicitud en trámite

☒ Patente de Invención

☐ Patente de Modelo de Utilidad

☐ Registro de Diseño Industrial

☐ Esquema de Trazado de Circuitos Integrados

2. Datos del solicitante

Persona Natural

☐

Persona Jurídica

☒

THE POWERWISE GROUP, INC.

Nombre o denominación / Nombre o razón social completa

Nombre representante legal

Tipo de empresa Micro ☐ Pequeña ☐ Mediana ☐ Otra ☐

Documento de identificación: ☐ C.C. ☐ C.E. ☐ NIT ☐ Otro Número _____

Nacionalidad/País de constitución	Dirección y domicilio del titular	Ciudad
Estados Unidos de América	4855 Technology Way Suite 550, Florida 33431	Boca Raton
Dirección electrónica		No. Fax
clientes@cavelier.com		2 11 86 50
		Número telefónico
		3 47 36 11

☐ Autorizo expresamente a la Superintendencia de Industria y Comercio para que todas las comunicaciones sean enviadas a través de la dirección de correo electrónico

3. Datos del apoderado:

Apellidos y Nombre
De Páez Luz Clemencia

Documento de identificación
C.C. 35.456.344

Tarjeta profesional
T.P.A. 23.555

Dirección y domicilio		Ciudad
Carrera 4ª No. 72 –35		Bogotá
Dirección electrónica	No. Fax	Número telefónico
cavelier@cavelier.com	2 11 86 50	3 47 36 11

En caso de haber presentado poder general para asuntos que se adelanten ante la Delegatura de Propiedad Industrial, sírvase indicar el número de su radicación o protocolo de poder general

4. Datos del trámite**Corrección:****Expediente No 10.042.683****Aparece****Debe ser****Modificación:****Modificación al capítulo reivindicatorio.**

Presento nuevo capítulo reivindicatorio compuesto por 41 reivindicaciones y pido respetuosamente que el examen de patentabilidad sea realizado sobre estas nuevas reivindicaciones presentadas.

Respetuosamente manifiesto que a pesar de eliminar materia del pliego reivindicatorio originalmente presentado, mi representada no renuncia a la protección que pueda obtener sobre dicha materia y se reserva el derecho de presentar una solicitud divisional que la contenga durante el trámite de la presente solicitud, beneficiándose de la fecha de prioridad inicialmente reivindicada.

**Modificación al capítulo descriptivo.**

Presento nuevo capítulo descriptivo, el cual solicito que sea tenido en cuenta al realizar del examen de patentabilidad

**Modificación a los dibujos..**

Presento nuevo juego de figuras, el cual solicito que sea tenido en cuenta al realizar del examen de patentabilidad

5. Anexos

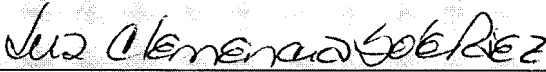
Poder, si fuere el caso.



Documento que contiene las modificaciones o correcciones.



Copia de la solicitud y sus anexos en formato magnético.

6. Firma	
Nombre y apellidos	Firma
LUZ CLEMENCIA DE PAEZ	
C.C. 35.456.344 DE Usaquén	Tarjeta Profesional 23.555

 SMLVCBWPC17580\ID-228945

**SISTEMA Y MÉTODO PARA MAXIMIZAR EL AHORRO DE ENERGÍA EN MOTORES
DE INDUCCIÓN AC BAJO TODAS LAS CARGAS**

REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUD RELACIONADA

5

Esta solicitud reclama el beneficio de la Solicitud Provisional de E.U.A. Nos. 60/933,706 presentada el 14 de Septiembre, 2006; y 61/135,402 presentada el 21 de Julio, 2008.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

15

La invención se refiere a un sistema y a un método para maximizar los ahorros de energía en motores de inducción AC en cada carga, más particularmente una que utiliza un procesador de señal digital que calibra las líneas de control para determinar las características operacionales más eficientes de los motores.

20

En sistemas y métodos previos relacionados con controladores de motor de ahorro de energía que utiliza líneas de control de un motor, se utilizo un ángulo de fase constante y/o control de factor de energía constante para determinar las líneas de control. Esto significa que las líneas de control fueron horizontales y los controladores de motor no fueron capaces de controlar el motor en un punto operativo calibrado específico en cada carga para maximizar ahorros de energía.

25

30

De esa forma, existe una necesidad de un método y sistema para motores de inducción AC que controlen el motor a un punto operativo calibrado específico en cada carga. Los puntos operativos tomados a través de todas las cargas definirán una línea de control o una curva de control. Además, existe una necesidad de un método y un sistema para motores de inducción AC que sean capaces de reconocer cuando un motor empieza a deslizarse y está a punto de atacarse y utiliza esa información para determinar la línea de control calibrada para maximizar en ahorros de energía en cada carga.

35

Las Patentes relevantes de la técnica previa incluyen la siguiente referencia:

<u>Patente/Serie No.</u>	<u>Inventor</u>	<u>Publicación/Fecha de Publicación</u>
2008/0100245	Turner	05-01-2008
7,288,911	MacKay	10-30-2007
7,279,860	MacKay	10-09-2007

7,256,564	MacKay	08-14-2007
7,211,982	Chang y otros	05-01-2007
7,081,729	Chang y otros	07-25-2006
6,643,149	Arnet y otros	11-04-2003
6,489,742	Lumsden	12-03-2002
5,506,484	Munro y otros	04-09-1996
5,350,988	Le	09-27-1994

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

El objetivo principal de la presente invención es proporcionar un sistema y un método para maximizar ahorros de energía en motores de inducción AC en cada carga.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un sistema y un método que reconoce cuando un motor empieza a deslizarse y cuando el motor se va a atascar.

Un objeto adicional de la presente invención es proporcionar un sistema y un método que controla el motor a un punto operativo calibrado específico en cada carga.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un controlador de motor que es capaz de observar las características operativas de los motores de inducción AC.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un controlador de motor capaz de hacer correcciones al voltaje de motor RMS mientras un motor de inducción AC está funcionando y bajo control de bucle cerrado.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un controlador de motor capaz de responder a cambios en la carga de un motor de inducción AC en tiempo real.

La presente invención cumple con los objetos anteriores y otros al proporcionar un sistema y un método de controlador de motor para maximizar los ahorros de energía en el motor en cada carga en donde se calibra un motor en uno o más puntos de carga, establecer una línea curva de control, que después se programa en una memoria no volátil del controlador de motor. Un procesador de señal digital (DSP) una parte de la arquitectura de bloque cerrado del controlador de motor posee la capacidad de observar los parámetros de motor tal como corriente, ángulos de fase y voltaje de motor. Este controlador de motor basado en DSP además es capaz de controlar

el ángulo de encendido/ciclo de trabajo en el modo de bucle abierto como parte de un procedimiento de calibración semi-automático. Durante la operación normal, el controlador de motor basado en DSP realiza el control de bucle cerrado para mantener al motor

5 funcionando en un punto de control objetivo calculado, para que se realicen ahorros de energía máximos. El método aquí descrito trabaja igualmente bien para motores de fase individual y en tres fases.

La implementación preferida de este método utiliza un DSP para muestrear la corriente y el voltaje en un motor en tiempos

10 distintos al utilizar convertidores analógico a digital. A partir de estas señales, el DSP puede calcular parámetros de motor clave, incluyendo voltaje de motor RMS, corriente RMS y ángulo de fase. Además, el controlador de motor basado en DSP puede utilizar cronómetros y técnicas de modulación de ancho de pulsos (PWM) para

15 controlar de forma precisa el voltaje de motor RMS. Típicamente se realiza la PWM al utilizar dispositivos de control de energía tal como TRIAC, SCR, IGBT y MOSFET.

Los objetos, características y ventajas anteriores y otros de la presente invención deben volverse incluso más fácilmente evidentes

20 para aquellos expertos en la técnica con una lectura de la siguiente descripción detallada en conjunto con los dibujos, en donde se muestran y describen modalidades ilustrativas de la invención.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

25 En la siguiente descripción detallada, se hará referencia a los dibujos anexos en donde:

La Figura 1 es un diagrama de bloques de un procesador de señal digital (DSP) con entradas y salidas de hardware de la

30 presente invención mostrando entradas y salidas de hardware;

La Figura 2 es un diagrama de bloques de un controlador de motor basado en DSP de la presente invención;

La Figura 3 es un diagrama que muestra un método de detección de rotación de fase de la presente invención;

35 La Figura 4 es un cuadro de flujo que muestra un método de detección de rotación de fase de la presente invención;

La Figura 5 es una gráfica que muestra salidas de dispositivo de control de energía para rotación de fase positiva;

La Figura 6 es una gráfica que muestra salidas de dispositivo

de control de energía para rotación de fase negativa;

La Figura 7 es un diagrama de bloques de un comparador de ventana;

La Figura 8 es una vista esquemática del operador de ventana;

La Figura 9 es una gráfica de una forma de onda de corriente y señales de cruce cero;

La Figura 10 es un esquema de un circuito neutro virtual;

La Figura 11 es una gráfica que muestra salidas de dispositivo de control de energía para aplicaciones de fase individual;

La Figura 12 es una gráfica tridimensional que muestra una línea de control tridimensional de la presente invención;

La Figura 13 es una gráfica tridimensional que muestra una línea de control proyectada en un plano;

La Figura 14 es una gráfica que muestra una línea de control trazada bidimensional;

La Figura 15 es una gráfica que muestra un ángulo de encendido de barrido/ciclo de trabajo en una calibración semi-automática;

La Figura 16 es una gráfica que muestra un barrido dirigido de un ángulo de encendido/ciclo de trabajo;

La Figura 17 es una gráfica que muestra datos de calibración semi-automática trazados;

La Figura 18 es una gráfica que muestra datos de calibración semi-automática trazados;

La Figura 19 es una gráfica que muestra datos de calibración semi-automática trazados;

La Figura 20 es un cuadro de flujo de una calibración de alto nivel semi-automática;

La Figura 21 es un cuadro de flujo de una calibración de alto nivel semi-automática;

La Figura 22 es un cuadro de flujo de una calibración manual;

La Figura 23 es un cuadro de flujo de una abrazadera de voltaje fijo;

La Figura 24 es una gráfica que muestra una abrazadera de voltaje de motor RMS;

La Figura 25 es una gráfica que muestra una abrazadera de voltaje de motor RMS;

La Figura 26 es un cuadro de flujo de una técnica de mitigación de atascado; y

La Figura 27 es una gráfica que muestra la técnica de mitigación de atascado.

DESCRIPCIÓN DE LAS MODALIDADES PREFERIDAS

Para los propósitos de describir la modalidad preferida, la terminología utilizada con referencia a los componentes numerados en los dibujos es como sigue:

1. Procesador de sistema digital (DSP)	54. Disminuye ángulo de encendido/ciclo de trabajo por 2°
2. Entradas de hardware	55. Ahorra ángulo de fase y voltaje de motor
3. Motor	56. Repetir cuatro veces
4. Controlador de motor	57. Calcular valores promedio
5. Ángulos de fase observado	58. Aumentar el ángulo de encendido/ciclo de trabajo
6. Línea de control	59. Mide el siguiente paso
7. Curva de datos de calibración observada de barrido de espacio de control	60. Abrazadera de voltaje fijo
8. Resistencias de división de suministro	61. Sintetiza segmento de control
9. corriente	62. Convertidor analógico digital
10. Ángulo de fase objetivo	63. Cálculo de fase
11. Señal de error de fase	64. Se calcula error de fase
12. Controlador derivativo integral proporcional (PID)	65. Se calcula error de voltaje
13. Voltaje de motor de raíz cuadrada media (RMS)	66. Se compara el voltaje de motor RMS con el umbral de voltaje fijo
14. Salidas de dispositivo de control de energía	67. El objetivo de control es positivo
15. Cruce cero de voltaje de línea de fase A	68. Se corre el bucle de voltaje
16. Cruce cero de voltaje de línea de fase B	69. Se corre el bucle de línea de control
17. Cruce cero de voltaje de línea de fase C	70. Motor colocado en dinamómetro
18. Rotación de fase positiva	71. Se conecta el motor a la computadora
19. Rotación de fase negativa	72. Aumenta el ángulo de encendido/ciclo de trabajo y disminuye el voltaje
20. Restablecimiento de encendido (POR)	73. Registrar punto de calibración
21. Punto de atascado	74. Arrancar motor
22. Tiempos de encendido de fase a, c, b	75. Se ajusta el ángulo de encendido/ciclo de trabajo
23. Ángulo de encendido/ciclo de trabajo	76. Formar línea de control

24. Porcentaje de carga	77. Amplificadores con extremo diferencial a individual
25. Línea de control paramétrica	78. Resistencias de entrada
26. Punto operativo	79. Atenuador
27. Amplificador de impedancia de salida baja	80. Resistencia de retroalimentación
28. Error de fase	81. Resistencia de referencia a tierra
29. Voltaje de control	82. Diodos de protección
30. Punto b	83. Amplificador de suma
31. Rodilla	84. Capacitores de bloqueo DC
32. Botón de calibración	85. Resistencias de suma
33. Dispositivo de control de energía	86. Neutral
34. Punto c	87. Bloque de puente para conexión neutral alterna
35. Voltaje mínimo (Vmin)	88. Comparador de ventana
36. Entradas de cruce de fase cero	89. Se proporciona corriente de motor
37. Voltaje de línea de fase	90. Se proporciona voltaje positivo
38. Voltaje de motor de fase	91. Se proporciona voltaje negativo
39. Se mide el tiempo	92. El voltaje pasa a través de dos comparadores
40. El tiempo es mayor o menor que 90°	93. El voltaje pasa a través de la puerta de operación (OR)
41. Rotación ABC	94. Se crea la señal digital de cruce cero
42. Rotación ACB	95. Forma de onda de corriente
43. Punto d	96. Ciclo medio de voltaje positivo
44. Colocar en configuración cargada	97. Ciclo medio de voltaje negativo
45. Colocar en configuración descargada	98. Función OR
46. Calibración de funcionamiento	99. DSP verifica aumento en corriente
47. Extremos de línea de control calibrados	100. Se observa aumento
48. Calcular línea de control	101. Se enciende completamente el voltaje de motor
49. Líneas de control de ahorro	102. Se reduce el voltaje de motor a la línea de control
50. Voltajes de línea	103. Cargar en el motor
51. Establecer ángulo de encendido/ciclo de trabajo a 90°	104. Energía aplicada al motor
52. Medir parámetros de control	105. Punto a
53. Detecta rodilla	106. Contar barridos

Con referencia a la Figura 1, se muestra un diagrama de bloques de un procesador de señal digital (DSP) 1 y entradas y salidas de hardware de la presente invención. El DSP 1 puede observar las características operativas de un motor y hacer

correcciones al voltaje de raíz cuadrada media (RMS) para el motor que corre y está bajo el control del bucle cerrado. Entradas de hardware 2 capturan las entradas de cruce cero de fase 36, el voltaje de línea de fase 37, voltaje de motor de fase 38 y corriente 9 y
5 pasan a través de DSP 1 para procesamiento y luego en a través de los dispositivos de control de energía a través de las salidas del dispositivo de control de energía 14.

Haciendo referencia ahora a la Figura 2, se muestra un diagrama de bloques de un sistema y método para el controlador de motor basado en DSP 4 de la presente invención. Primero, el controlador de motor 4 lee los voltajes 37 de cada fase A, B y C y la corriente 9 para capturar las entradas de cruce cero 36. En este punto, el voltaje 13 y la corriente 9 pueden convertirse de analógica a digital utilizando convertidores 62. Después, los cálculos 63 del
10 ángulo de fase de motor para cada fase se calculan para generar un ángulo de fase observado 5. Después, un ángulo de fase objetivo 10 que ha sido derivado de una línea de control preprogramada 6 se compara con el ángulo de fase observado 5. La diferencia entre el ángulo de fase objetivo 10 y el ángulo de fase observado 5 genera
15 una señal error de fase resultante 11 que se procesa por un filtro digital llamado un controlador derivativo integral proporcional (PID) 12 que tiene componentes proporcionales, integrales y diferenciales. La salida del controlador PID 12 es el nuevo voltaje de control 29 para el motor 3, que puede obtenerse a través del uso de los dispositivos de control de energía 33, tal como TRIACs, SCRs, IGBTs o MOSFETS, para generar salidas de dispositivo de control de
20 energía 14 de voltaje de motor RMS 13 proporcionado con voltajes de línea 50 para cada fase para ahorros de energía máximos.

En este sistema de bucle cerrado, se verifica continuamente el voltaje 13 de cada fase de motor 3 y la corriente. El controlador de motor 4 manejará el ángulo de fase observado 5 al punto de la línea de control calibrada 6 que corresponde a la carga que está en el motor. En este punto, se realizarán ahorros de energía máxima debido a que la línea de control 6 se basa en datos de calibración conocidos del motor 3. El controlador de motor 4 puede controlar el motor 3 justo como si un técnico estableciera el voltaje 13 a mano. La diferencia es que el DSP 1 puede responder dinámicamente a cambios en la carga en tiempo real y hacer estos ajustes en una base de ciclo por ciclo.
35

Haciendo referencia ahora a la Figura 3, en un sistema de tres fases, se utiliza un controlador de motor 4 para determinar automáticamente la rotación de fase. Los detectores de cruce cero en los voltajes de línea proporcionan una medida exacta del ángulo entre los cruces cero de voltaje de línea de fase A 15 y los cruces cero de voltaje de línea de fase B 16. Para la rotación de fase positiva 18, el ángulo es nominalmente de 120° y para la rotación de fase negativa 19, el ángulo es nominalmente 60° .

Haciendo referencia a la Figura 4, se muestra un cuadro de flujo para detección de rotación de fase. Después de un restablecimiento de encendido (POR) 20, es fácil que el controlador de motor 4 determine la rotación de fase positiva 18 y la rotación de fase negativa 19. Primero, se mide el tiempo de los cruces cero de voltaje de línea de fase A a los cruces cero de voltaje de línea de fase B 39. Después se determina si el tiempo es mayor que o menor a 90 grados, 40. Si es mayor que 90 grados, de lo que es en la rotación ACB 42. Si el tiempo es menor que 90 grados, de lo que es en la rotación ABC 41. El controlador de motor 4 de la presente invención puede controlar motores de tres fases de fase individual con la misma arquitectura de software y hardware básica. Para el caso de tres fases, dependiendo de la rotación de fase, el controlador de motor 4 puede conducir las salidas del dispositivo de control de energía 14.

Haciendo referencia ahora a la Figura 5, que muestra salidas de dispositivo de control de energía para rotación de manejo positivo, el controlador de motor maneja las salidas del dispositivo de control de energía de fase A 14 y las salidas del dispositivo de control de energía de fase B 14 juntas durante los cruces cero de voltaje de línea de fase A 15 del tiempo de encendido como se indica por el ovalo 22a. Similarmente, el controlador de motor maneja dispositivos de control de energía que manejan la fase B 16 y las salidas del dispositivo de control de energía de la fase C 14 juntas durante el tiempo de encendido de la fase B como se indica por el ovalo 22b. Finalmente, el controlador de motor 4 maneja la fase C 17 y las salidas de dispositivo de control de energía de la fase A 14 juntas durante el tiempo de encendido de las salidas del dispositivo de control de energía de fase C 14 como se indica por el ovalo 22c. Se debe notar que el ejemplo mostrado en las Figura 5 y 6 ilustra un ciclo de encendido/ciclo de trabajo 23 de 90° .

Haciendo referencia ahora a la Figura 6 que muestra las salidas de manejo de TRIAC para rotación de fase negativa, el controlador de motor 4 maneja salidas de dispositivo de control de energía de fase A 14 y salidas de dispositivo de control de energía de fase C 14 juntas durante el tiempo de encendido de cruce cero de voltaje de línea de fase A 15 como se indica por el ovalo 22c. Similarmente, el controlador de motor 4 maneja la fase B 16 y las salidas de dispositivo de control de energía de fase A 14 juntas durante el tiempo de encendido de los cruces cero de voltaje de línea de fase B 16, como se indica por el ovalo 22a. Finalmente, el controlador de motor maneja las salidas del dispositivo de control de energía de fase C 14 y las salidas del dispositivo de control de energía de fase B 14 juntas durante el tiempo de encendido de cruce cero de voltaje de línea de fase C 17, como se indica por el ovalo 22b.

Ahora haciendo referencia a la Figura 7, se muestra un diagrama de bloques de un comparador de ventana. El controlador de motor basado en DSP de la presente invención utiliza el comparador de ventana 88 para detectar cruces cero de mitades positivas y negativas de una forma de onda de corriente. Cuando se reduce el voltaje de motor RMS por el controlador de motor, es difícil detectar cruces cero de la forma de onda de corriente debido a que la corriente es cero por una porción importante de ambos medios ciclos. Primero, se proporciona la corriente de motor 89, se proporciona un voltaje positivo 90 como una referencia para un ciclo medio positivo y se proporciona un voltaje negativo 91 como una referencia. Después de la corriente, se presenta un voltaje positivo y voltaje negativo a dos comparadores 92 y entonces se pasan a través de una puerta de operación (OR) 93 para crear una señal digital de cruce cero compuesta 94.

Como además ilustrado en la Figura 8, se muestra un comparador de ventana 88. Se proporciona la corriente de motor 89, se proporciona un voltaje positivo 90 como una referencia para un ciclo medio positivo y un ciclo medio negativo se proporciona en 91 como una referencia. Después, la corriente, representada como un voltaje positivo y un voltaje negativo, se procesa por dos comparadores 92 y entonces se pasa a una puerta OR 93 para crear una señal digital de cruce cero compuesta 94.

Además, la Figura 9 muestra gráficas de una forma de onda de

corriente 95, un ciclo medio de voltaje positivo 96, ciclo un medio de voltaje negativo 97 y una función OR 98.

Ahora haciendo referencia a la Figura 10, se muestra un esquema de un circuito neutral virtual. Puede utilizarse un circuito neutral virtual como una referencia en situaciones en donde está disponible energía de tres fases solamente en modo delta y no hay neutral presente para el uso como una referencia. El circuito neutral virtual comprende tres amplificadores con extremo diferencial e individual 77. Debido a que los voltajes de fase a fase son altos, se utilizan resistencias de entrada 78 para formar un atenuador adecuado 79 junto con resistencias de retroalimentación 80 y resistencias de referencia a tierra 81. Debido a que existe el peligro de una pérdida de fase, se utilizan diodos de protección 82 para proteger los amplificadores con extremo diferencial e individual 77. Se acoplan los amplificadores de extremo diferencial a individual 77 a un amplificador de suma 83 a través de los condensadores de bloqueo DC 84 y resistencias de suma 85 junto con la resistencia de retroalimentación 80. Se sobrealimenta la salida del amplificador de suma 83 por el amplificador 27 con lo cual se proporciona una salida de baja impedancia que está en potencial neutral. Resistencias adicionales dividen un riel de suministro con lo cual permite que el amplificador de suma 83 maneje señales positivas y negativas alternas. Una conexión alterna está disponible en el caso de que esté disponible un neutral 86 junto con un bloque de puente para conexión neutral alterna 87.

Haciendo referencia ahora la Figura 11 se muestra una salida de dispositivo de control de energía 14 para una aplicación de fase individual, la salida 14 para la fase A se enciende en cada ciclo medio basándose en una salida de dispositivo de control de energía 14 derivada de la entrada de cruce cero de voltaje 15. La salida del dispositivo de control de energía 14 para los cruces cero de voltaje de línea de fase B y los cruces cero de voltaje de línea de fase C se deshabilitan en DSP 1 y puede no estar presente el hardware. Las salidas del dispositivo de control de energía 14 no se unifican como lo harían en el caso de tres fases.

Haciendo referencia ahora a la Figura 12 se ilustra una línea de control tridimensional para el espacio operativo de motor de un motor unido por un ángulo de fase observado 5 en el eje y. Un ángulo de encendido/ciclo de trabajo 23 controlado que muestra la

disminución en voltaje se muestra en el eje x y el porcentaje de carga 24 en un motor se muestra en el eje z.

Cada motor opera a lo largo de una línea de control paramétrica 25 dentro de su espacio operativo. Por ejemplo, cuando un motor dado se carga al 50% y se establece el ángulo de encendido/ciclo de trabajo 23 a 100° , se observa un ángulo de fase 5 de aproximadamente 55° .

La línea de control paramétrica 25 mostrada en la Figura 12 se define por cinco puntos operativos paramétricos 26 que varían de un caso cargado 44 en la esquina izquierda superior, a un caso descargado 45 en la esquina derecha inferior. Además, la línea de control paramétrica 25 tiene un significado especial debido a que es la línea en donde un motor utiliza la menor energía posible. Si aumenta el ángulo encendido/ciclo de trabajo 23 y disminuye el voltaje de motor 23 entonces un motor desacelerará y posiblemente se atascará. Resultados similares se observarán si se aumenta la carga en el motor 3.

Como se ilustró en la Figura 13, la línea de control paramétrica 25 puede parametrizarse y proyectarse en un plano descrito por el ángulo de fase 5 en la dirección vertical y el ángulo de encendido/ciclo de trabajo 23 en la dirección horizontal.

Además, como se muestra en la Figura 14, la línea de control paramétrica 25 puede presentarse en una gráfica bidimensional. En el eje x, aumentar el ángulo de encendido/ciclo de trabajo 23 puede ser igual con un voltaje de motor decreciente. Esto es debido a que el ángulo de encendido/ciclos de trabajo resulta en un alto voltaje y el alto ángulo de encendido/ciclos de trabajo resulta en un bajo voltaje. El controlador de motor manejará el ángulo de fase observado 5 al punto en la línea de control 25 que corresponde a la carga actualmente en un motor. Para realizar esto, un DSP calcula el ángulo de fase 5 entre el voltaje y la corriente.

Haciendo referencia de nuevo al diagrama de bloques de la Figura 2, el DSP 1 entonces calcula el siguiente ángulo de fase objetivo 5 basándose en el valor presente del voltaje RMS 13, o equivalentemente el presente valor del ángulo encendido/ciclo de trabajo. La diferencia entre el ángulo de fase observado y el ángulo de fase objetivo 10 resulta en un error de ángulo de fase, que se procesa a través de un controlador proporcional-integral-diferencial (PID) 12 ó un dispositivo similar para generar un nuevo objetivo de

control. Este objetivo de control cambia el voltaje de tal forma para minimizar el error de ángulo de fase. El ángulo de fase objetivo 10 es dinámico y cambia como una función del ángulo de encendido/ciclo de trabajo.

5 Como se mencionó anteriormente, el controlador de motor 4 manejará el ángulo de fase cerrado 5 al punto en la línea de control 25 que corresponde a la carga actualmente en el motor 3. Este punto operativo 26 proporciona los ahorros de energía máximos posibles debido a que la línea de control 25 está calibrada directamente del
10 motor 3 que está siendo controlado.

Este método preferido para calibración se llama calibración semi-automática. La calibración semi-automática se basa en DSP 1 que barre el espacio de control del motor. Como se muestra en la Figura 15, el barrer el espacio de control significa que el DSP
15 aumenta el ángulo de encendido/ciclo de trabajo 23 y registra la corriente 9 y el ángulo de encendido/ciclo de trabajo 23 de cada fase en puntos distintos en todo el recorrido. De esa forma, es posible ver el inicio del punto de atascado 21 del motor. Una porción lineal bien definida de la curva de datos de calibración observada obtenida del
20 barrido del espacio de control 7, que se utiliza para determinar puntos en la línea de control 6, tiene una inclinación negativa constante en el ángulo de encendido/ciclos de trabajo inferiores 23. Entonces, mientras el ángulo de encendido/ciclo de trabajo 23 continúa aumentando, la corriente 9 empieza a estabilizarse y
25 realmente comienza a aumentar mientras el motor 3 empieza a deslizarse y comienza a atascarse, llamado la "rodilla" 31.

Como se muestra en la Figura 16, barridos subsecuentes pueden dirigirse en alcances menores de los voltajes de motor para "acercarse" en la rodilla. El controlador de motor 4 requiere múltiples
30 barridos con el fin de obtener datos que son estadísticamente exactos. Existe una transferencia entre el número de barridos y el tiempo requerido para calibrar la línea de control 25. Puede mantenerse una medida de la calidad de la calibración por el DSP 1 utilizando procedimientos estadísticos bien conocidos y pueden
35 hacerse barridos adicionales si es necesario. Esto es verdadero ya que el DSP 1 aprendió la ubicación aproximada de la rodilla 31 desde el primer barrido.

Existe poco riesgo de atascado durante el barrido semi-automático debido al ambiente controlado de la configuración. Un

técnico u operador ayuda a asegurar que no se aplican cargas repentinas al motor 3 bajo prueba mientras está en progreso una calibración semi-automática.

El procedimiento de barrido del espacio de control puede realizarse en cualquier carga fija. Por ejemplo, puede realizarse una vez con el motor 3 completamente cargado y una vez con el motor 3 descargado. Estos dos puntos se vuelven los dos puntos que definen la línea de control 25. No es necesario realizar la calibración exactamente en estos dos puntos. El DSP 1 extenderá la línea de control 25 más allá de ambos de estos dos puntos si se requiere.

Existen muchos métodos numéricos que pueden aplicarse para encontrar el punto de atascado 21 en el esquema del voltaje de motor de corriente 23. Como se muestra en la Figura 17, el método preferido es para utilizar el método de "mínimos cuadrados" para calcular una línea recta que se ajusta mejor a los datos acumulados, tabulados desde los primeros cinco voltajes de motor 23.

La continuación de este método se muestra en la Figura 18. Al utilizar los puntos de datos previos, puede predecirse el valor de la corriente 9. Gráficamente, el DSP 1 revisa uno o más puntos que se desvían en la dirección positiva de la línea recta prevista.

Como se muestra en la Figura 19, el DSP 1 busca el inicio de la rodilla en la curva. El primer punto que se desvía de la línea de control prevista puede o no ser el inicio de la rodilla 31. El primer punto con un error positivo simplemente puede ser un punto de datos ruidoso. La única forma de verificar que la curva de datos de calibración observada obtenida del barrido al que se sintoniza el espacio de control 7 es observar los datos obtenidos de los barridos adicionales.

Puede realizarse la calibración semi-automática en el campo. Haciendo referencia ahora a la Figura 20, se muestra un cuadro de flujo que muestra como se realiza la calibración semi-automática. Primero se coloca el motor 3 en una configuración cargada muy pesadamente 44. Idealmente, esta configuración es mayor que el 50% de la carga completamente medida. Después se oprime un botón de calibración 32 en el controlador de motor 4 para decirle al DSP 1 que realice una medición completamente cargada. El DSP 1 corre una calibración 46 que requiere varios segundos para explorar el espacio operativo del motor 3 para determinar el punto completamente cargado. El controlador de motor 4 indica que terminó

este paso al encender un LED.

Después se coloca el motor 3 en una configuración descargada 45. Idealmente esta configuración es menor que el 25% de la carga medida. Después se oprime un botón de calibración 32 en el controlador de motor 4 para decirle al DSP 1 que realice una medición descargada. El DSP 1 corre la calibración 46 para determinar el punto descargado. El controlador de motor 4 indica que terminó de calibrar ambos extremos 47 de la línea de control 25 al encender un diodo emisor de luz (LED). El DSP 1 entonces determina la línea de control 48 al utilizar las dos mediciones y aplica esta línea de control cuando va a manejar el motor 3. Los valores de la línea de control 25 se almacenan en la memoria no volátil 49.

La Figura 21 muestra un cuadro de flujo más detallado de la calibración semi-automática. Primero se corre un primer barrido de calibración 46 con el voltaje de motor establecido a cierto grado 51, dependiendo de si se corrió un primer barrido o barridos previos 106, en donde el controlador de motor realiza mediciones sobre el motor 52 hasta que dicho controlador detecta una rodilla 53. Si se detecta una rodilla 53 disminuye el ángulo de encendido/ciclo de trabajo por dos grados 54 y se registra el ángulo de fase y el voltaje de motor a la memoria 55. Este procedimiento se repite para obtener al menos cuatro barridos 56 para obtener un valor promedio calculado 57 del ángulo de fase y el ángulo encendido/ciclo de trabajo. Si durante cualquier paso a lo largo del barrido de calibración, no se detecta la rodilla, entonces se aumenta el ángulo de encendido/ciclo de trabajo en al menos un grado 58 y el siguiente paso es medido 59.

Un método alternativo para la calibración se llama la calibración manual. La Figura 22 muestra un cuadro de flujo de la calibración manual. Primero se coloca un motor en un dinamómetro 70. Después se conecta el motor a una computadora para control manual 71 que permite que el motor corra en un modo de bucle abierto y el ángulo de encendido/ciclo de trabajo del motor de inducción AC se establezca manualmente en cualquier punto operativo. Entonces se coloca el motor en una configuración completamente descargada 45. Después se aumenta el ángulo de encendido/ciclo de trabajo y se reduce el voltaje de motor RMS 72 hasta que el motor está a punto de atascarse. El ángulo de encendido/ciclo de trabajo y el ángulo de fase se registran generando un punto calibrado registrado 73. Entonces el motor se

arranca con elementos de accionamiento completamente encendidos 74. Entonces el motor se coloca en una configuración completamente cargada 44. Después de que aumenta o disminuye el ángulo de encendido/ciclo de trabajo hasta que se recorta el voltaje de motor RMS por el controlador de motor 75 hasta que el motor está a punto de atascarse. El ángulo de encendido/ciclo de trabajo se registra generando otro punto calibrado registrado 73. Finalmente se utilizan los dos puntos calibrados para formar una línea de control 76.

Cuando el voltaje de línea RMS es mayor que un voltaje fijo programado, el controlador DSP fija el voltaje de motor RMS en ese voltaje fijo para que sean posibles ahorros de energía incluso en carga completa. Por ejemplo, si el voltaje principal está sobre el voltaje de placa personalizada de motor de 115V en el caso de un motor de fase individual entonces se fija el voltaje de motor a 115V. Esta operación de sujeción de voltaje de motor, permite que el controlador de motor ahorre energía incluso cuando el motor está completamente cargado en aplicaciones de fase individual o de tres fases.

La Figura 23 muestra un cuadro de flujo de la abrazadera de voltaje fijo. Primero se calcula un error de fase 64. Después se calcula un error de voltaje 65. Entonces el voltaje de motor RMS del motor de inducción AC se determina y compara con un umbral de voltaje fijo 66. Si el voltaje de motor RMS es mayor que el umbral de voltaje fijo entonces se determina si el objetivo de control es o no positivo 67. Si el objetivo de control es positivo entonces se corre un bucle de control de voltaje 68. Si el voltaje de motor RMS del motor de inducción AC es menor que un umbral de voltaje fijo, entonces se corre un bucle cerrado de línea de control 69 y se repite el procedimiento completo. Si se determina que el objetivo de control no es positivo entonces se corre un bucle de línea de control 69 y se repite de nuevo el procedimiento completo.

En algunos casos puede no ser posible cargar completamente motor 3 durante el procedimiento de calibración. Tal vez 50% es la mayor carga que puede lograrse mientras el motor es instalado en el campo. De forma inversa, puede no ser posible descargar completamente el motor; puede ser que sólo 40% sea la carga más ligera que puede lograrse. La Figura 24 muestra un ejemplo de ambos puntos de carga que están cerca de la mitad de la escala operativa. En el extremo descargado 45 a la derecha de la línea de

control 25, el DSP 1 establecerá la abrazadera de voltaje fijo 60 al voltaje mínimo 35. Cuando aumenta la carga en el motor, el DSP 1 seguirá la línea de control que se mueve a la izquierda y hacia arriba del segmento de control 61. Esta implementación es un acercamiento conservador y protege al motor 3 de correr en un espacio no calibrado.

Como además se muestra en la Figura 25, en el extremo completamente cargado 44 a la izquierda, el DSP 1 sintetizará un segmento de control 61 con una inclinación negativa grande. Esta implementación es un acercamiento conservador y maneja el voltaje 'A' completamente encendido.

Haciendo referencia ahora a la Figura 26, el controlador de motor basado en DSP utiliza una técnica especial para proteger a un motor del atascado. Primero, el DSP verifica activamente un aumento importante en la corriente 99 que indica que aumentó la carga en el motor. Después, si se observa un aumento importante 100 entonces el DSP enciende completamente 101 el voltaje de motor. Después, el DSP intentará reducir el voltaje de motor para regresar al control 102 y el DSP regresa para verificar activamente un aumento importante en la corriente 99. Esta técnica es una alternativa conservadora y segura al DSP que intenta rastrear los requerimientos de energía que son desconocidos en ese momento.

Como además se muestra en la Figura 27, una gráfica de la técnica de mitigación de atascado, se representa la carga en el motor en un eje Y y se representa el tiempo en un eje X. La línea inferior representa la carga en el motor 103 y la línea superior representa la energía aplicada al motor por el DSP 104. Antes del punto a 105, el DSP controla dinámicamente el motor en una carga fija. Entre el punto a 105 y el punto b 30, la carga en el motor aumenta repentinamente y DSP enciende completamente el voltaje del motor. En el punto c 34, el DSP reduce el voltaje de motor al punto d 43.

Antes se describió una modalidad preferida de un método y un sistema de controlador de motor para maximizar ahorros de energía, se debe entender, que no está limitado a la forma o disposición específica de las partes aquí descritas y mostradas. Será evidente para aquellos expertos en la técnica que pueden hacerse varios cambios sin apartarse del alcance de la invención y la invención no se considera limitada a lo que se muestra y describe en la

especificación y los dibujos.

RESUMEN

Un controlador de motor (4) y método para maximizar los ahorros de energía en un motor de inducción AC (3) en cada carga en donde se calibra el motor en dos o más puntos de carga para establecer una línea de control (6), lo cual después se programa en una memoria no volátil (30) del controlador de motor. Un controlador de motor de bucle cerrado basado en DSP observa los parámetros de motor del motor tal como ángulo de encendido/ciclos de trabajo (23), voltaje (37), corriente (9) y ángulos de fase para llegar a un voltaje mínimo necesario para operar el motor a cualquier carga a lo largo de la línea de control. El controlador de motor realiza control de bucle cerrado para mantener el motor corriendo en un punto de control objetivo calculado, para que se realicen ahorros de energía máximos al reducir el voltaje a través de la modulación de anchura de pulso.

15 SML\SML\ID-228800\WPC17580

REIVINDICACIONES

1.- Un sistema para reducir el consumo de energía de un motor de inducción AC (3) que opera a una frecuencia constante, el sistema comprende:

una primera carga (26a);

una segunda carga (26b);

un controlador de motor (4) configurado para medir parámetros de operación del motor de inducción AC (3), que comprende:

un procesador (1) comunicado con el motor de inducción AC (3); y **caracterizado por:** una línea de control (25) basada en las mediciones de los parámetros de operación medidos cuando el motor de inducción AC (3) se empieza a atascar bajo la primera carga (26a) y cuando se empieza a atascar bajo la segunda carga (26b),

en donde el procesador (1) está configurado para realizar un control de bucle cerrado sobre el motor de inducción AC (3) basado en una diferencia entre la línea de control (25) y un ángulo de fase observado (5) del motor de inducción AC (3).

2.- El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la primera carga (26a) pone al motor de inducción AC (3) en el punto de operación de carga máxima (44).

3.- El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la segunda carga (26b) pone al motor de inducción AC (3) en el punto de operación de carga mínima (45).

4.- El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el procesador (1) comprende un procesador de señal digital.

5.- El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el controlador de motor (4) comprende además:

una memoria no volátil (49) configurada para guardar la línea de control (25).

6.- El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el procesador (1) está configurado además para medir una corriente (9) del motor de inducción AC (3).

7.- El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el procesador (1) está configurado además para medir además el ángulo de fase observado (5) del motor de inducción AC (3).

8.- El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el procesador (1) está configurado además para controlar el ángulo de encendido/ciclo de

trabajo (23) del motor de inducción AC (3).

9.- El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el procesador (1) está configurado además para barrer un espacio de control (39) del motor de inducción AC (3) y observa los parámetros de operación.

10.- El sistema de acuerdo con la reivindicación 9, en donde barrer el espacio de control (39) incluye variar el voltaje de raíz cuadrada media (RMS) del motor de inducción AC (3).

11.- El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el procesador(1) está configurado además para establecer la línea de control (25) basada en los parámetros de operación medidos.

12.- El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el procesador(1) está configurado además para realizar el control de bucle cerrado sobre el motor de inducción AC (3) para mantener el motor (3) operando de acuerdo a la línea de control (25).

13.- El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el control de bucle cerrado incluye una modulación del ancho de pulso.

14.- El sistema de acuerdo con la reivindicación 13, en donde la modulación del ancho de pulso es realizada mediante un controlador TRIAC.

15.- El sistema de acuerdo con la reivindicación 13, en donde la modulación del ancho de pulso es realizada mediante un controlador SCR.

16.- El sistema de acuerdo con la reivindicación 13, en donde la modulación del ancho de pulso es realizada mediante un controlador IGBT.

17.- El sistema de acuerdo con la reivindicación 13, en donde la modulación del ancho de pulso es realizada mediante un controlador MOSFET.

18.- El sistema de acuerdo con la reivindicación 11, que comprende además una abrazadera de voltaje fijo (60) configurada para fijar el voltaje del motor de inducción AC (3) a un voltaje máximo.

19.- El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además una

abrazadera de voltaje fijo (60) configurada para prevenir que dicho motor de inducción AC (3) opere a voltajes por abajo del voltaje mínimo (35).

20.- El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el procesador (1) está configurado además para detectar cruces cero de las mitades positiva y negativa de la onda de corriente (89) en el motor de inducción AC (3).

21.- El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el procesador (1) comprende además un comparador de ventana (88).

22.- El sistema de acuerdo con la reivindicación 21, en donde:
se provee un voltaje positivo (90) al comparador de ventana (88) como referencia para la mitad del ciclo positiva (96);

se provee un voltaje negativo (91) al comparador de ventana (88) como referencia para la mitad del ciclo negativa (97);

el comparador de ventana (88) comprende:

un primer comparador (92a) configurado para recibir el voltaje positivo (90) y la corriente de motor (89), y

un segundo comparador (92b) configurado para recibir el voltaje negativo (91) y la corriente de motor (89), y

una puerta OR (93) configurada para recibir las salidas del primer comparador (92a) y el segundo comparador (92b) y para crear una corriente compuesta de señal digital de cruce cero (94).

23.- El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el procesador (1) está configurado además para proteger al motor de inducción AC (3) de atascarse.

24.- El sistema de acuerdo con la reivindicación 23, en donde el procesador (1) está configurado además para:

controlar activamente el motor de inducción AC (3) mientras barre constantemente dicho motor (3) buscando incrementos en la corriente de motor;

establecer el voltaje del motor al máximo cuando se detecta un incremento en la corriente de motor; y

reducir el voltaje de motor para seguir la línea de control (25) después de que la corriente de motor retorne a un valor inferior.

25.- Un método para operar un motor de inducción AC (3) que opera a una frecuencia constante, el método **caracterizado por**:

reducir el consumo de energía del motor (3) usando señales generadas por un

controlador de motor (4), las señales estando configuradas para llevar al motor de inducción AC (3) hacia una línea de control (25), la línea de control (25) siendo estimada mediante un primer conjunto de mediciones de parámetros de operación del motor (3) en el momento en que empieza a atascarse bajo una primera carga (26a) y un segundo conjunto de mediciones de parámetros de operación del motor (3) en el momento en que empieza a atascarse bajo una segunda carga (26b) en donde la primera carga (26a) y la segunda carga (26b) no son idénticas, y el primer y el segundo conjuntos de mediciones se obtienen barriendo un espacio de control (39) del motor de inducción AC(3).

26.- El método de acuerdo con la reivindicación 25, que además comprende:
 aplicar una primera carga (26a) al motor (3);
 barrer el espacio de control (39) con la primera carga (26a) aplicada;
 medir el primer conjunto de mediciones de parámetros de operación;
 aplicar una segunda carga (26b) al motor (3);
 barrer el espacio de control (39) con la segunda carga (26b) aplicada;
 medir el segundo conjunto de mediciones de parámetros de operación;
 generar la línea de control (25) usando el primer y el segundo conjuntos de mediciones;
 generar las señales basadas en la línea de control (25).

27.- El método de acuerdo con la reivindicación 26, que además comprende guardar la línea de control (25) en una memoria no volátil (49) en el controlador de motor (4).

28.- El método de acuerdo con la reivindicación 26, que además comprende realizar un control de bucle cerrado sobre el motor de inducción AC (3) basado en una diferencia entre la línea de control (25).

29.- El método de acuerdo con la reivindicación 28, en donde realizar el control de bucle cerrado comprende:
 aumentar el ángulo de encendido/ciclo de trabajo del motor de inducción AC (3) desde ochenta grados hasta ciento cincuenta grados, y
 registrar la corriente y los ángulos de fase a lo largo de la línea de control.

30.- El método de acuerdo con la reivindicación 26, que además comprende:
 detectar cruce cero de una mitad positiva y cruce cero de una mitad negativa de una forma de onda de corriente del motor de inducción AC (3).

31.- El método de acuerdo con la reivindicación 30, en donde detectar cruces

cero comprende:

proveer un voltaje positivo (90) como referencia para la mitad del ciclo positiva (96) y una corriente de motor (89) a un primer comparador (92a);

proveer un voltaje negativo (91) como referencia para la mitad del ciclo negativa (97) y una corriente de motor (89) a un segundo comparador (92b); y

llevar las salidas del primer y segundo comparador a una puerta OR (93) para generar una señal con cruces cero detectados (94).

32.- El método de acuerdo con la reivindicación 25, en donde la primera carga (26a) pone al motor de inducción AC (3) en el punto de operación de carga máxima (44).

33.- El método de acuerdo con la reivindicación 25, en donde la primera carga (26a) pone al motor de inducción AC (3) en el punto de operación de carga mínima (45).

34.- El método de acuerdo con la reivindicación 25, que comprende además:
aplicar una modulación de ancho de pulso a un voltaje de línea para producir un voltaje de motor del motor de inducción AC (3) en donde el voltaje de motor es una de las señales.

35.- El método de acuerdo con la reivindicación 34, en donde la modulación del ancho de pulso es realizada mediante un controlador TRIAC.

36.- El método de acuerdo con la reivindicación 34, en donde la modulación del ancho de pulso es realizada mediante un controlador SCR.

37.- El método de acuerdo con la reivindicación 34, en donde la modulación del ancho de pulso es realizada mediante un controlador IGBT.

38.- El método de acuerdo con la reivindicación 34, en donde la modulación del ancho de pulso es realizada mediante un controlador MOSFET.

39.- El método de acuerdo con la reivindicación 24, que además comprende prevenir que dicho motor de inducción AC (3) opere a voltajes por abajo del voltaje mínimo (35) usando una abrazadera de voltaje fijo (60).

40.- El método de acuerdo con la reivindicación 25, que además comprende proteger al motor de inducción AC (3) de estancarse.

41.- El método de acuerdo con la reivindicación 40, en donde proteger al motor

de inducción AC (3) de estancarse comprende:

- controlar activamente el motor de inducción AC (3) mientras barre constantemente dicho motor (3) buscando incrementos en la corriente de motor;

- establecer el voltaje del motor al máximo cuando se detecta un incremento en la corriente de motor; y

- reducir el voltaje de motor para seguir la línea de control (25) después de que la corriente de motor retorne a un valor inferior.

SML\SML\ID-228773\WPC17580

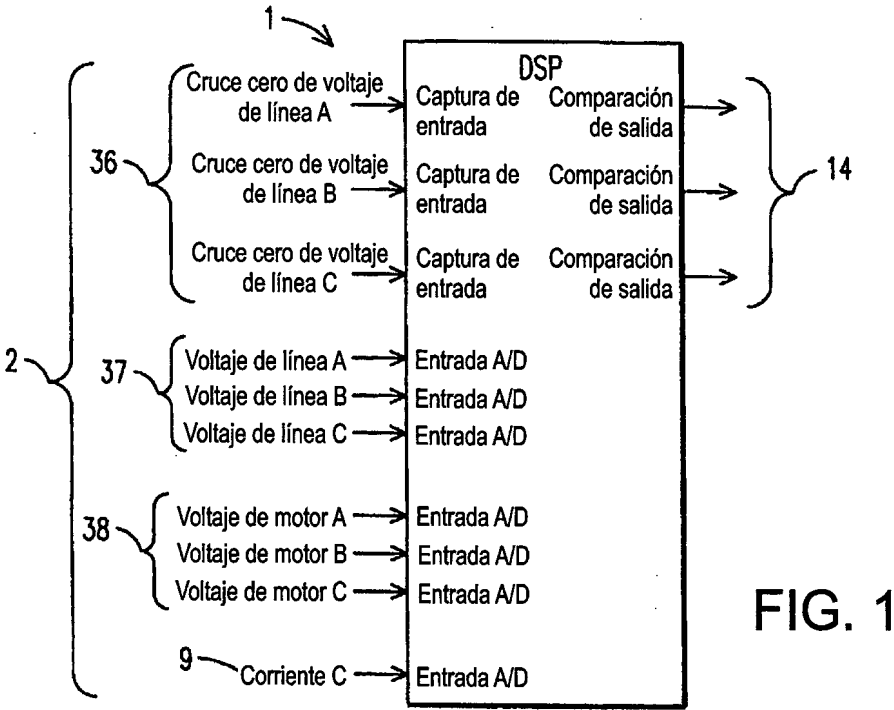


FIG. 1

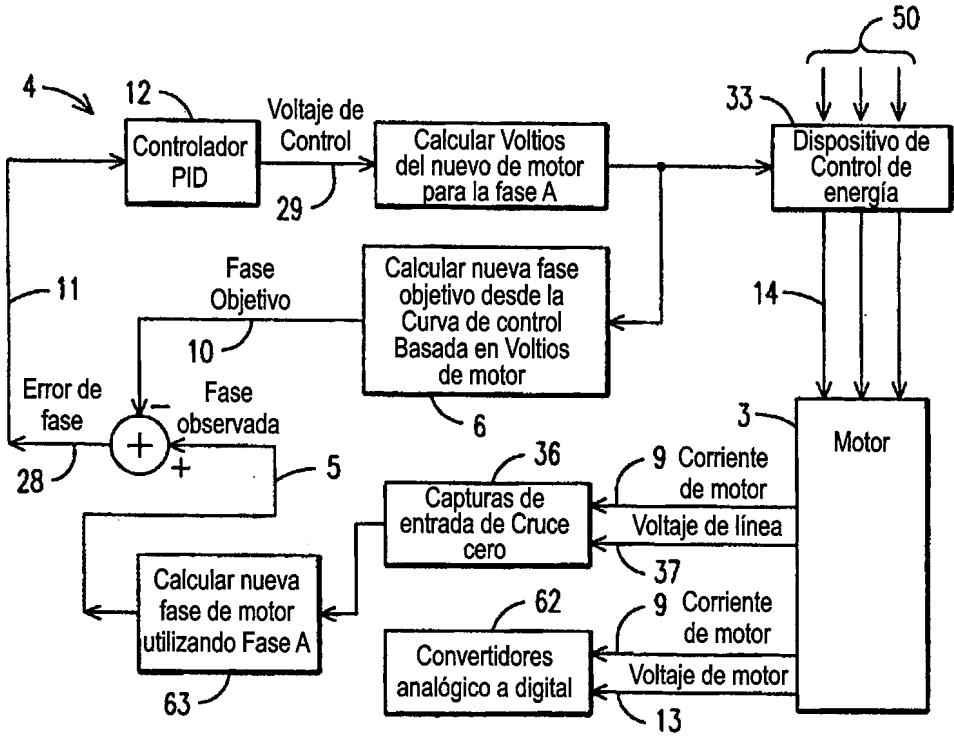


FIG. 2

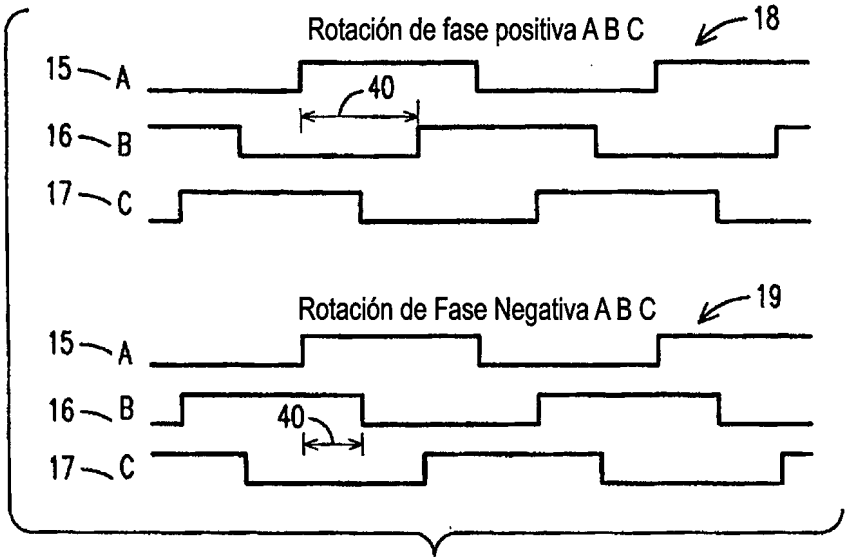


FIG. 3

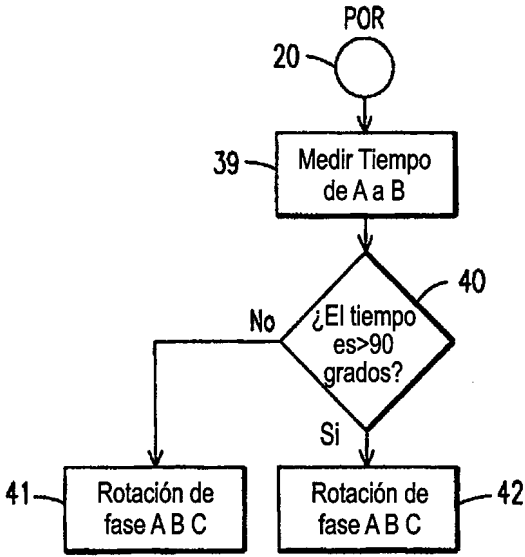


FIG. 4

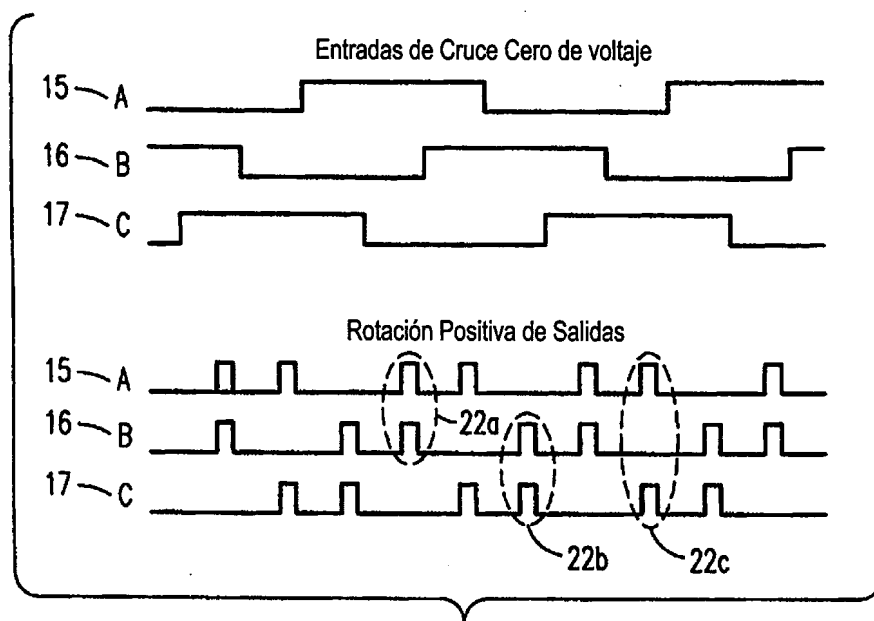


FIG. 5

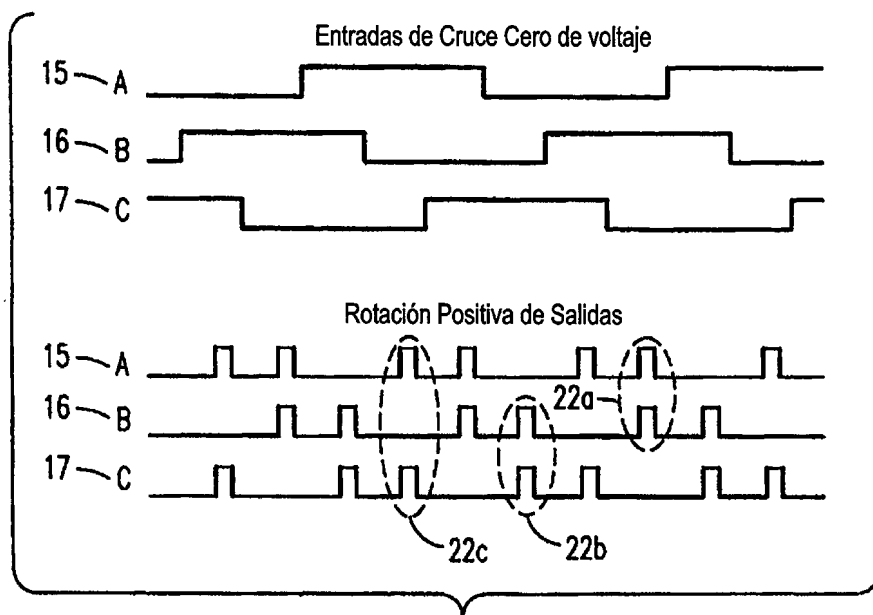


FIG. 6

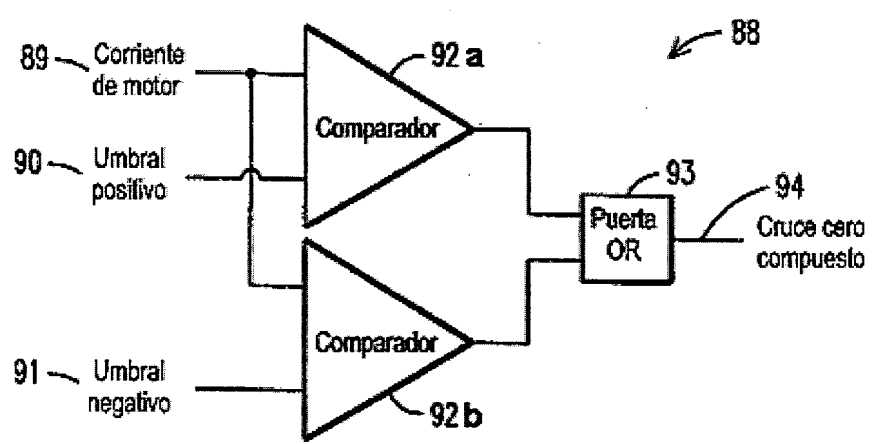


FIG. 7

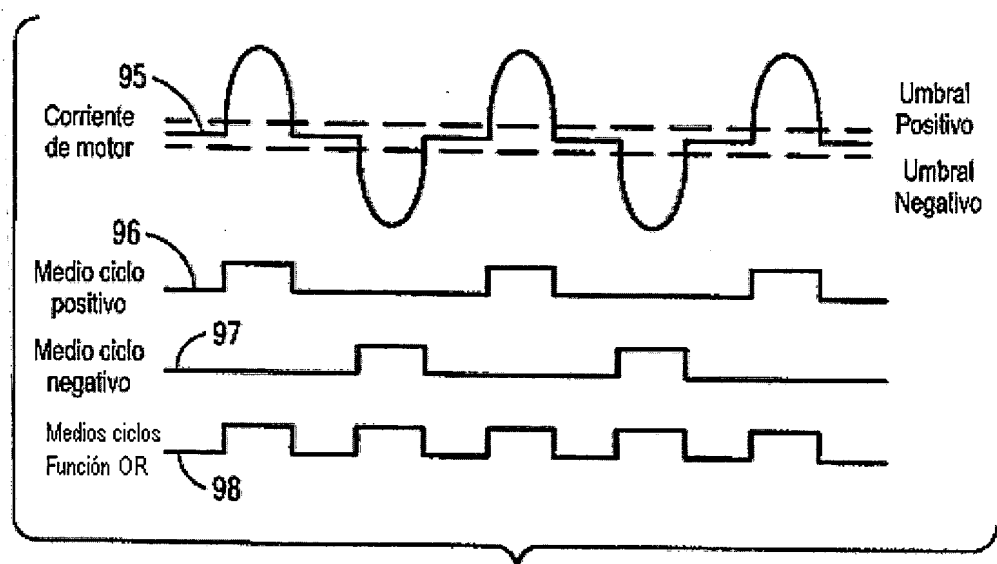


FIG. 9

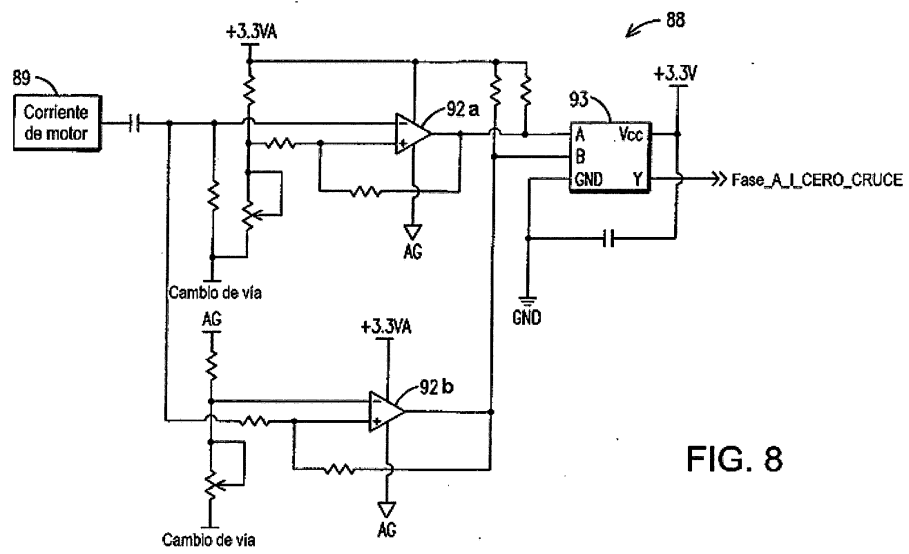


FIG. 8

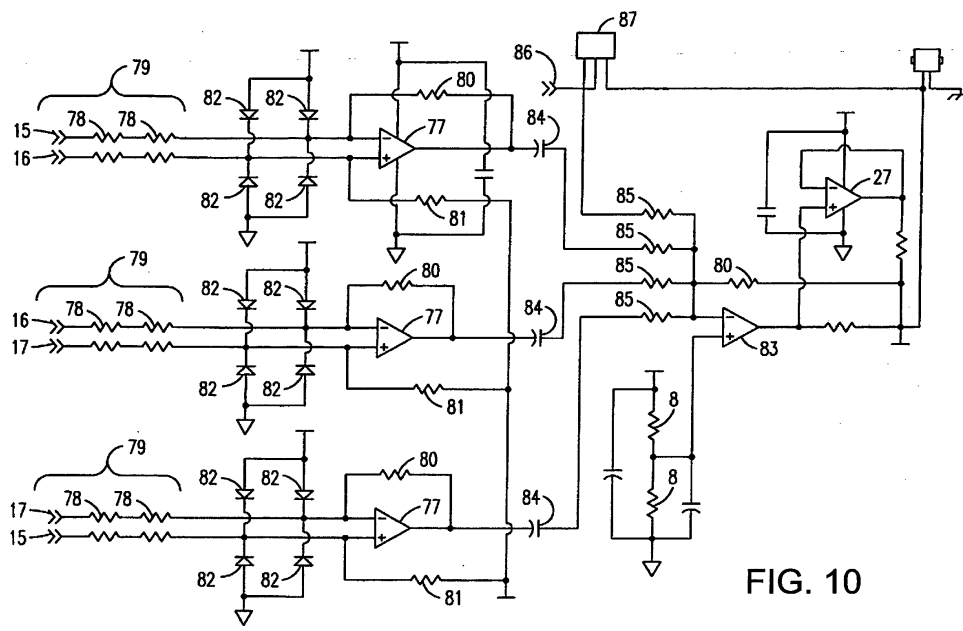


FIG. 10

6/14

7/14

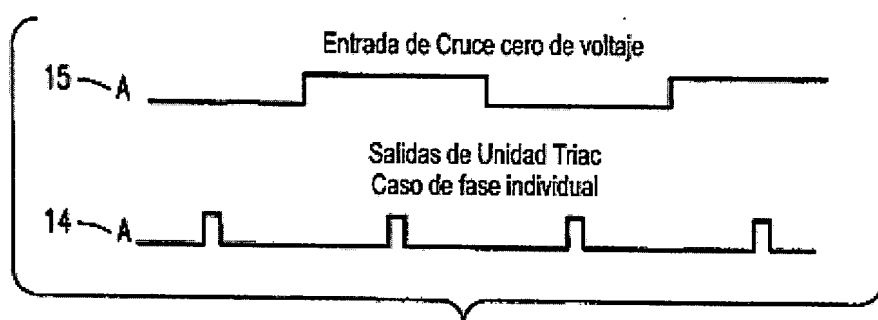


FIG. 11

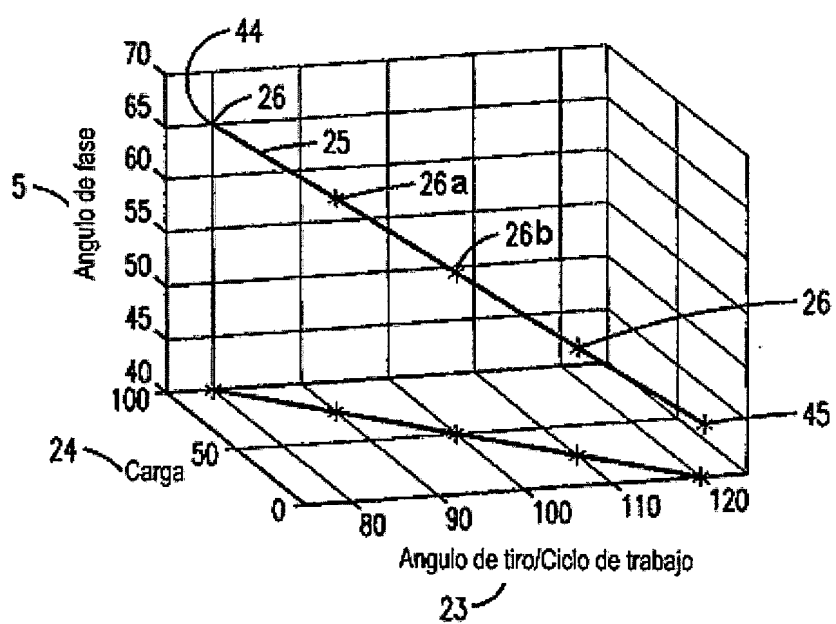


FIG. 12

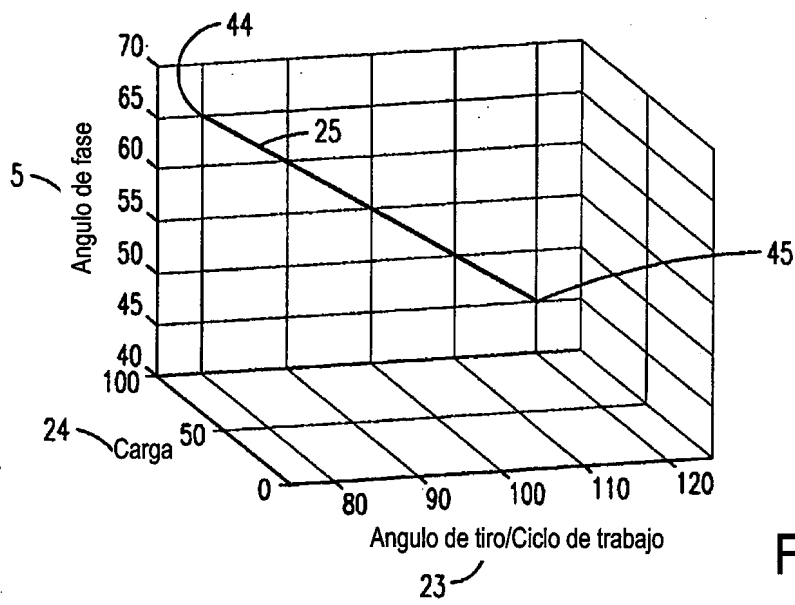


FIG. 13

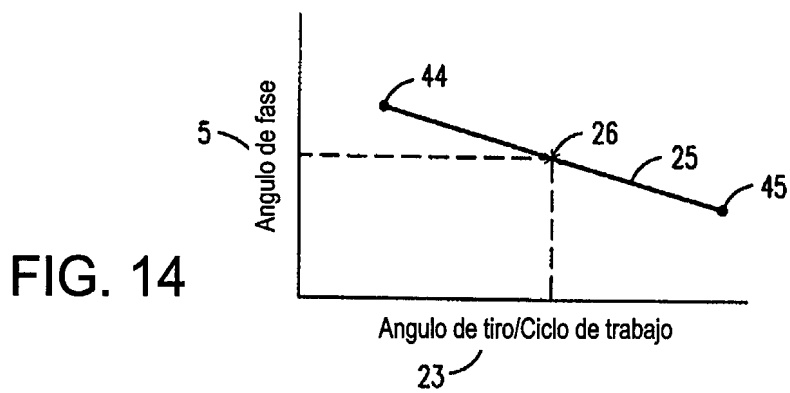


FIG. 14

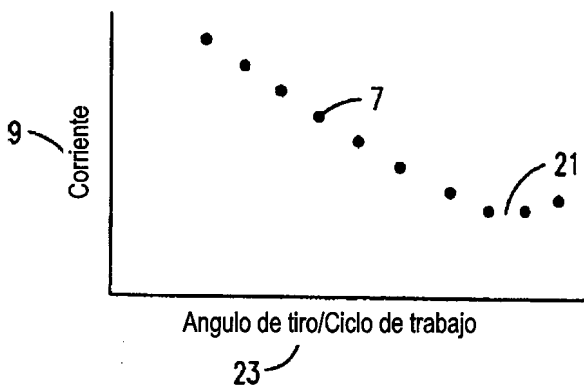


FIG. 15

9/14

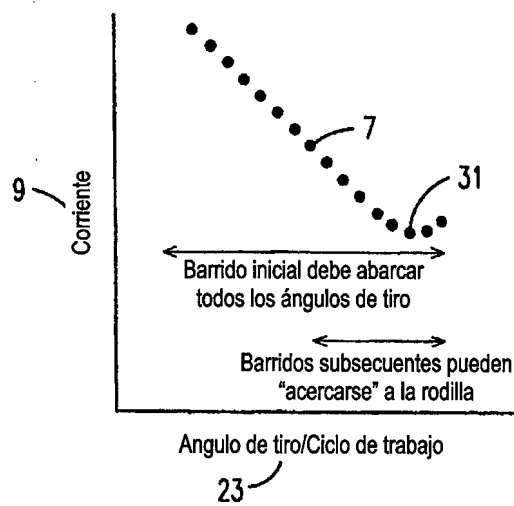


FIG. 16

FIG. 17

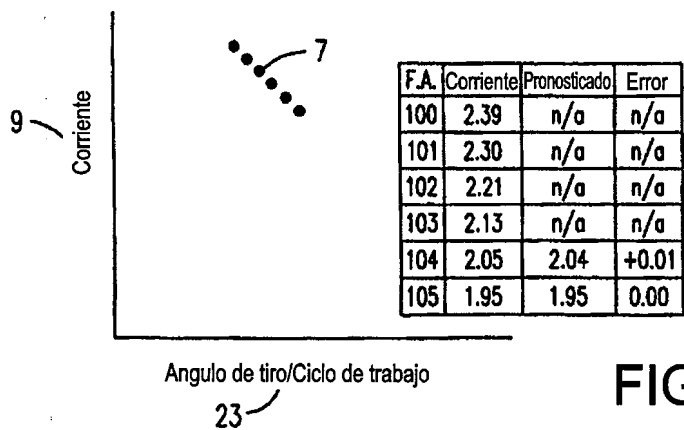
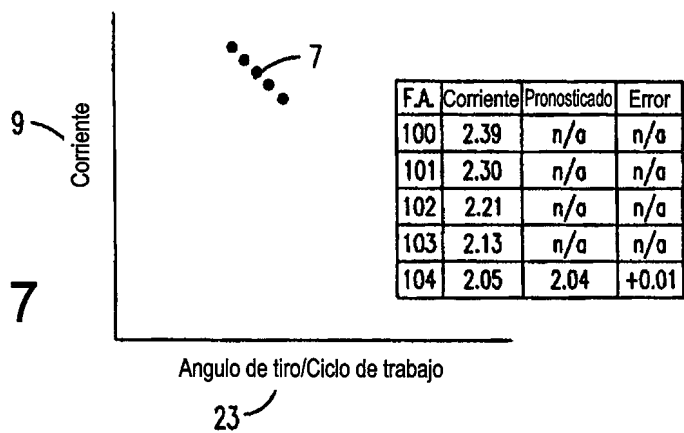


FIG. 18

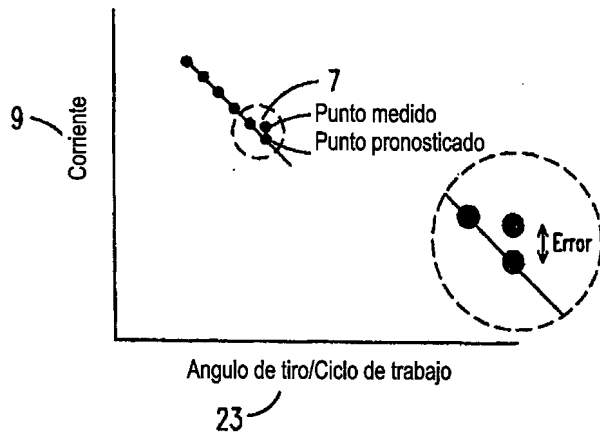


FIG.19

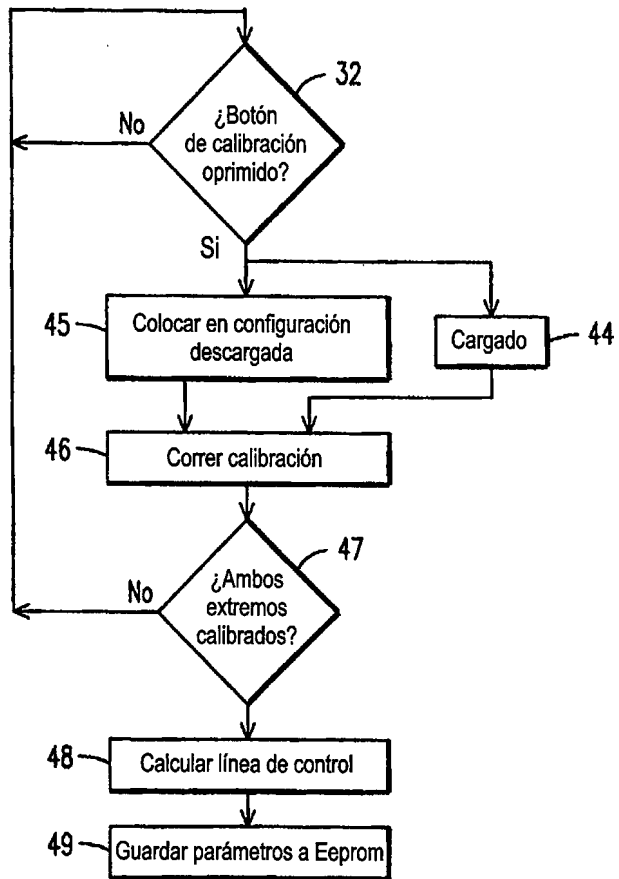


FIG. 20

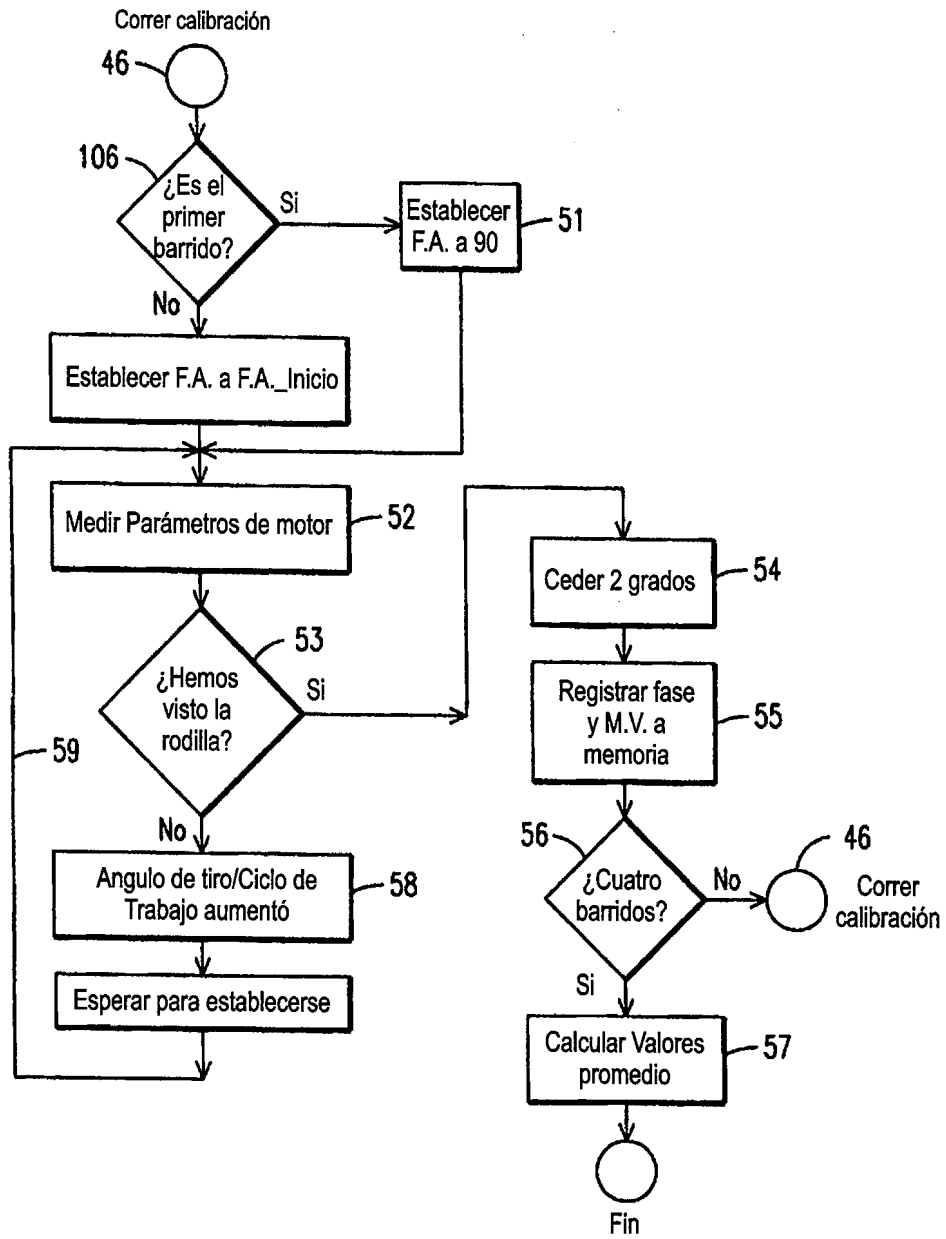


FIG. 21

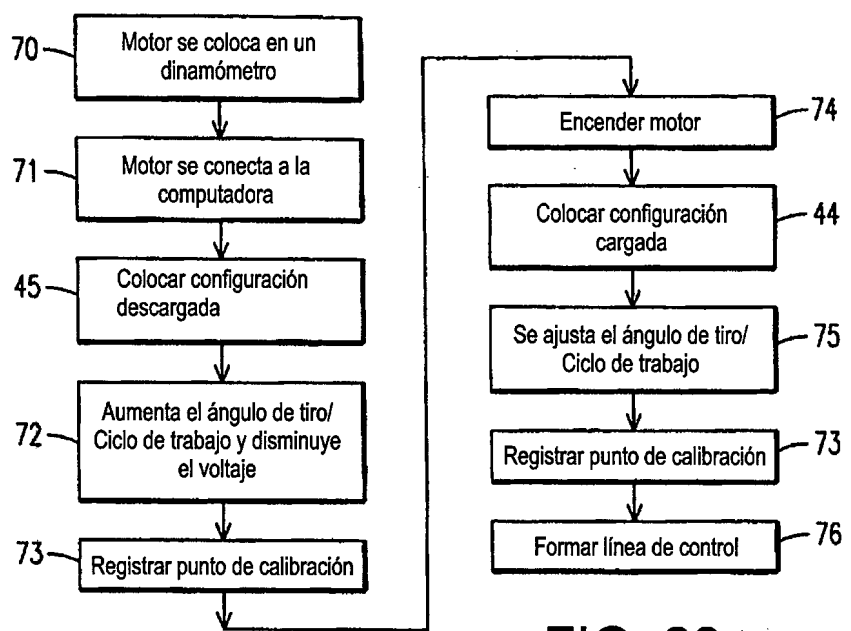


FIG. 22

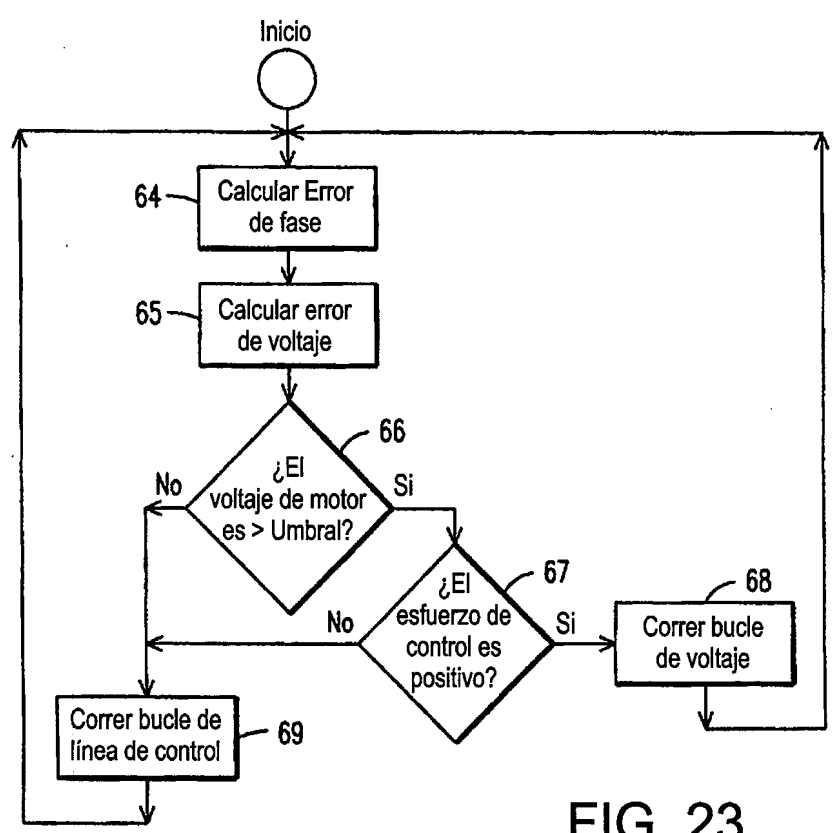


FIG. 23

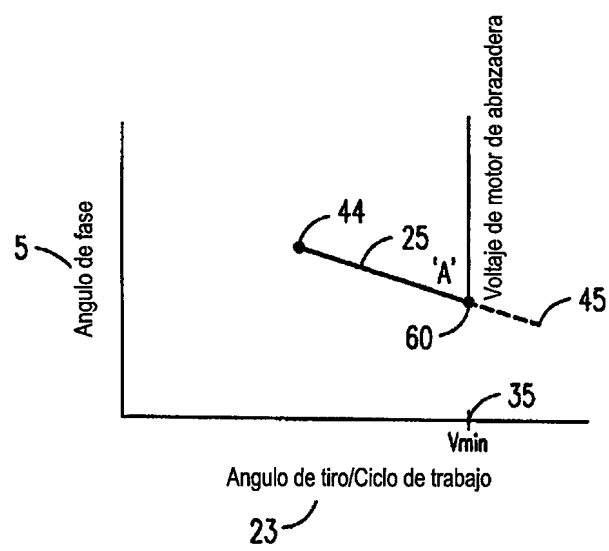


FIG. 24

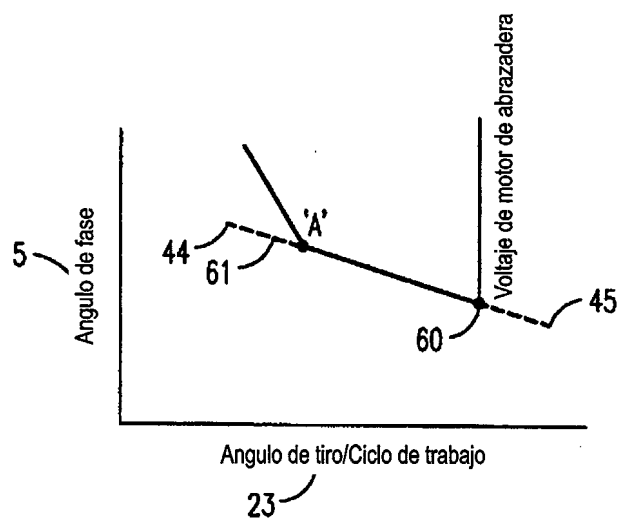


FIG. 25

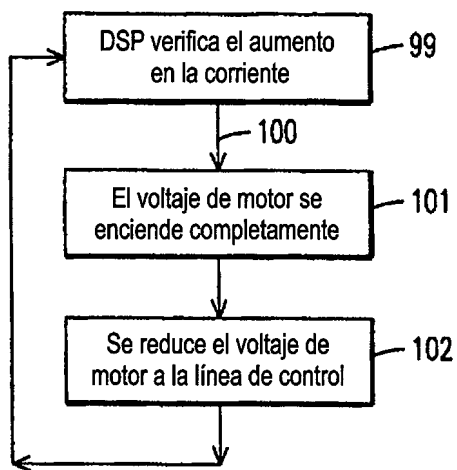


FIG. 26

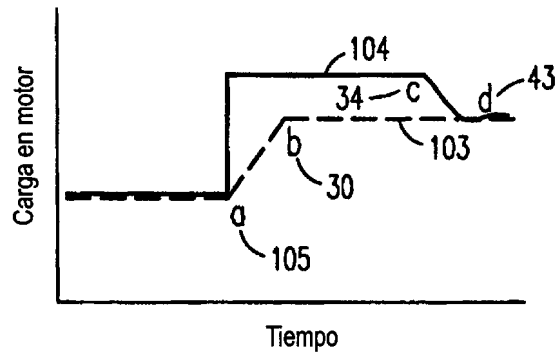


FIG. 27