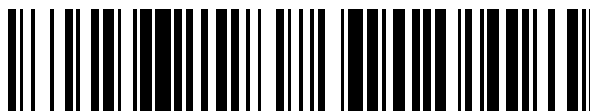


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 773 651**

51 Int. Cl.:

H02P 27/08 (2006.01)

H02P 29/00 (2006.01)

H02P 29/024 (2006.01)

H02P 6/06 (2006.01)

H02P 6/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.09.2015 E 15187293 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.11.2019 EP 3002870**

54 Título: **Método para controlar un motor eléctrico de imán permanente**

30 Prioridad:

03.10.2014 IT MI20141734

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

14.07.2020

73 Titular/es:

**ELICA S.P.A. (100.0%)
Via Ermanno Casoli, 2
60044 Fabriano (AN), IT**

72 Inventor/es:

**TOME0, GIORDAN;
MENCAGLIA, MAURO;
GRIPPO, FORTUNATO;
VICONI, FABRIZIO y
MACERA, EMIDIO**

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 773 651 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método para controlar un motor eléctrico de imán permanente

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un método para controlar un motor eléctrico, en particular, un motor (sin escobillas) de imán permanente monofásico.

10 En particular, la invención se refiere a un método para controlar el movimiento del motor eléctrico, lo que permite interrumpir la generación de la señal de alimentación de movimiento suministrada al motor tras la detección de anomalías de funcionamiento en el propio motor.

Técnica anterior

15 Tal como se conoce, un motor eléctrico de imán permanente o motor sin escobillas, por ejemplo, del tipo de corriente continua (CC), comprende un rotor, que consiste en un imán permanente y un estator, dotado de bobinados conductores suministrados por tensiones de corriente alterna CA. En tales motores, el rotor funciona como un elemento de inducción y está rotando, al tiempo que el elemento inducido, es decir el estator, se le suministran las tensiones de corriente alterna generadas por un dispositivo inversor que parte de la tensión de alimentación directa.

20 La seguridad de un motor eléctrico monofásico del tipo sin escobillas, por ejemplo, un motor configurado para mover un calentador de ventilador en una caldera de gas, se rige por la norma internacional EN 60335-1. En particular, una norma de este tipo requiere que tales motores eléctricos sean robustos durante el uso, es decir, que continúen resultando seguros también en el caso de anomalías de funcionamiento. Entre las anomalías de funcionamiento del motor eléctrico más significativas, se encuentran, por ejemplo, las condiciones de sobrecarga y condiciones de bloqueo de rotor.

30 Tales anomalías de funcionamiento pueden determinar un aumento de las corrientes de funcionamiento que fluyen en los bobinados de motor que alcanzan valores que son mucho más elevados que los valores nominales, con el consiguiente riesgo de sobrecalentar la totalidad del aparato de motor y, en el peor de los casos, incluso de generar llamas.

35 Con el fin de evitar los problemas de sobrecalentamiento de los bobinados, el aparato de motor de los motores eléctricos del tipo conocido está equipado con orificios de aire o ventiladores de enfriamiento apropiados que tienen la función de enfriar los bobinados mediante convección.

40 Con el fin de garantizar los niveles de seguridad requeridos por la norma CEI EN 60335-1 se conoce dotar al aparato de motor de dispositivos de protección térmica. Tales dispositivos comprenden, por ejemplo, normalmente, conmutadores eléctricos cerrados que están montados en serie en los bobinados del motor y se adaptan para acoplarse térmicamente al propio motor. Durante el funcionamiento del motor, cuando se alcanza una temperatura predeterminada provocada por las anomalías anteriores en los bobinados de motor, tales conmutadores se abren impidiendo que la corriente continua fluya en los bobinados del propio motor.

45 El uso de tales dispositivos de protección térmica tiene algunas desventajas. De hecho, la adición de una o más de tales protecciones térmicas al aparato de motor es una actividad compleja, en particular, con referencia a la creación de un contacto térmico entre las dos partes, y resulta costosa en tanto en cuanto afecta al coste total del aparato de motor.

50 En los motores que se controlan digitalmente, por ejemplo, por medio de un microprocesador, se conoce usar un dispositivo de detección de la corriente que fluye en los bobinados asociado de manera operativa con un convertor de analógico a digital, o ADC, en lugar de los dispositivos de protección térmica. De hecho, dado que el sobrecalentamiento del motor en condiciones de sobrecarga y bloqueo del rotor se debe, tal como se mencionó anteriormente, a un aumento anómalo de la corriente en los bobinados de motor, la detección de una corriente de este tipo y su cuantificación por el microprocesador puede proporcionar indicaciones sobre las anomalías de funcionamiento del motor.

60 Este método también tiene algunas desventajas. De hecho, la detección de una corriente de este tipo requiere, a menudo, el uso de dispositivos electrónicos complejos (por ejemplo, una resistencia de derivación de ADC en el microprocesador), cuyo coste afecta significativamente al coste total del aparato de motor. Además, la señal de corriente detectada es una señal de tipo analógico, cuyo valor puede verse alterado por la interferencia electromagnética producida por el propio motor.

65 El documento US 2008/315808 A1 describe un dispositivo de accionamiento de motor con una función de protección de bloqueo y da a conocer: un método para controlar un motor (M) eléctrico de imán permanente

monofásico que puede moverse a través de una señal (SC) de alimentación generada por un aparato (100, 200, 300) de control electrónico del motor basándose en una señal (SP WM) de referencia, comprendiendo dicho método las etapas de:

- 5 - generar, mediante una unidad (SEN, 40) de sensor asociada con el motor (M), una primera señal (S2) representativa de la velocidad de rotación del motor (M);
- proporcionar un bloqueo (500) de protección del motor frente a anomalías de funcionamiento, que se incluye en dicho aparato (100, 200, 300) de control electrónico;
- 10 - proporcionar una segunda señal (d) en una primera entrada (1) de dicho bloqueo (500) de protección del motor, siendo dicha segunda señal (d) representativa de los valores de ciclo de funcionamiento asociados con dicha señal (SPWM) de referencia;
- 15 - proporcionar dicha primera señal (S2) en una segunda entrada (2) de dicho bloqueo (500) de protección del motor;
- generar, mediante el bloqueo (500) de protección del motor, basándose en dicha primera señal (S2) y segunda señal (d), una tercera (C1) señal cuando se detecta una primera condición de funcionamiento de funcionamiento anómalo del motor (M), una cuarta (C2) señal cuando se detecta una segunda condición de funcionamiento de funcionamiento anómalo del motor (M);
- 20 - interrumpir la generación de la señal (SC) de alimentación proporcionada al motor (M) mediante dicho aparato (100, 200, 300) de control electrónico basándose en dichas señales (C1) o (C2) tercera o cuarta para detener el motor.
- 25

El documento US 2013/009573 A1 describe una protección de bloqueo y un circuito de control en modo de espera del aparato de accionamiento de motor.

- 30 El documento JP H11 103585 A da a conocer un protector de inversor que puede reducir el tamaño de un circuito y reducir grandes pérdidas de residuos.

El objeto de la presente invención es concebir y proporcionar un método para controlar un motor eléctrico, en particular un motor (sin escobillas) de imán permanente monofásico, que permite interrumpir la generación de la señal de alimentación de movimiento suministrada al motor tras la detección de anomalías de funcionamiento en el propio motor, detenerlo de manera segura y que tenga características que permitan superar, al menos parcialmente, los límites y las desventajas de los métodos de control conocidos.

35

Un objeto de este tipo se alcanza por medio de un método para controlar un motor eléctrico de imán permanente según la reivindicación 1. Las realizaciones alternativas del método anterior se definen en las reivindicaciones dependientes.

40

Breve descripción de los dibujos

45 Ventajas adicionales del método de control de la invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción de una realización preferida proporcionada a modo de ejemplo no limitativo, con referencia a las figuras que se acompañan, en las que:

50 - la figura 1 muestra un diagrama de bloques de un aparato de control electrónico de un motor eléctrico según un primer ejemplo operativo del control;

- la figura 2 muestra un diagrama de bloques de un aparato de control electrónico de un motor eléctrico según un segundo ejemplo operativo del control;

55 - la figura 3 muestra un diagrama de bloques de un aparato de control electrónico de un motor eléctrico según un tercer ejemplo operativo del control;

- la figura 4 muestra un diagrama de bloques funcional de un bloqueo de protección incluido en el aparato de control electrónico en las figuras 1-3;

60

- la figura 5 muestra ejemplos de patrones de señal gestionados mediante el bloqueo de protección en la figura 4, en función del ciclo de funcionamiento;

65 - la figura 6 muestra ejemplos de patrones de ciclo de funcionamiento de señal gestionados mediante el bloqueo de protección en la figura 4, en función del ciclo de funcionamiento de una señal de referencia.

Descripción detallada

Los elementos similares o equivalentes en las figuras anteriores se indican por medio de los mismos números de referencia.

5 Con referencia a las figuras 1-3, un diagrama de bloques funcional de un aparato electrónico usado en el sector industrial para emitir energía para controlar el movimiento de un motor M eléctrico según la invención se indica mediante los números de referencia 100, 200, 300 en su totalidad. A continuación, en el presente documento, un aparato 100, 200, 300 de control electrónico de este tipo se indicará simplemente como aparato de control.

10 Vale la pena mencionar que el motor M eléctrico anteriormente mencionado es, preferiblemente, un motor eléctrico de imán permanente monofásico o motor sin escobillas, que puede usarse, por ejemplo, para mover un calentador V de ventilador en una caldera de gas o similares. En general, un motor M sin escobillas de este tipo comprende un rotor móvil, que consiste en un imán permanente, y un estator dotado de bobinados conductores al que se suministran tensiones de corriente alterna CA.

15 Con referencia a los ejemplos en las figuras 1-3, el aparato 100, 200, 300 de control comprende una etapa 10 de generación de tensión configurada para generar una señal de referencia, en particular una señal de tensión digital PWM (modulación de ancho de pulso), indicado por S_{PWM} en su totalidad. Una señal S_{PWM} de referencia de este tipo está adaptada para iniciar el movimiento del motor y es, preferiblemente, una señal con una frecuencia fija, por ejemplo, 1kHz, y un ciclo de funcionamiento variable. A continuación, en el presente documento, una señal que representa los valores de ciclo de funcionamiento asociados con la señal S_{PWM} de referencia se indicará mediante la referencia d.

20 El aparato 100, 200, 300 de control comprende, además, una etapa 20 de alimentación (accionamiento de alimentación). Una etapa 20 de alimentación de este tipo comprende, por ejemplo, una estructura de conexión en puente (no se muestra), en particular monofásica, que incluye transistores de potencia electrónicos, por ejemplo, transistores bipolares de puerta aislada IGBT, del tipo conocido por un experto en la técnica. Una etapa 20 de alimentación de este tipo está configurada para generar una señal SC de alimentación, por ejemplo, una tensión de corriente alterna, que va a suministrarse al motor M eléctrico para garantizar la velocidad (o par motor) deseados al propio motor M, es decir, para moverlo.

25 Además, el aparato 100, 200, 300 de control comprende una etapa de protección y control electrónico del motor M frente a anomalías de funcionamiento, indicada en su totalidad por el número de referencia 30 y encerrada por la línea discontinua en las figuras 1-3. En particular, una etapa 30 de protección y control de este tipo se interpone entre la etapa 10 de generación de tensión y la etapa 20 de alimentación para recibir la señal S_{PWM} de referencia anteriormente mencionada.

30 En particular, cabe mencionar que una etapa 30 de protección y control electrónico de este tipo es indicativa de una unidad de control del funcionamiento del motor M. En una realización, una unidad 30 de control de este tipo se implementa mediante un microcontrolador dotado de un programa respectivo (firmware) integrado directamente en un componente electrónico. En otra realización, algunos componentes de la unidad 30 de control pueden realizarse por medio de bloques de hardware específicos. Se asumirá que la unidad 30 de control se implementa mediante un microcontrolador a continuación en el presente documento en la descripción.

35 Además, el aparato 100, 200, 300 de control comprende una unidad SEN de sensor asociada con el motor M adaptada para detectar la velocidad de rotación del rotor del motor M.

40 En una realización a modo de ejemplo, una unidad SEN de sensor de este tipo es un sensor Hall. Tal como se conoce, un sensor Hall está configurado para detectar variaciones de flujo de un campo magnético, discriminando la presencia de un campo magnético "NORTE" y de un campo magnético "SUR" o la transición de un campo magnético "NORTE" a un campo magnético "SUR" y viceversa.

45 En el ejemplo de la invención, el sensor SEN Hall está asociado con el estator del motor M, por ejemplo, está montado en una posición solidaria con el estator, para detectar la velocidad de rotación del rotor emitiendo una señal S_A que es representativa de tal velocidad. En particular, la velocidad de rotación del rotor es en función de la frecuencia de la señal S_A suministrada a la salida del sensor SEN.

50 Una señal S_A digital de este tipo es, por ejemplo, una señal de onda cuadrada adaptada para asumir un valor elevado después de una transición del campo magnético "NORTE" al campo magnético "SUR" y un valor bajo después de una transición del campo magnético "SUR" al "NORTE".

55 Cabe mencionar que la señal S_A digital suministrada por el sensor SEN es, ventajosamente, mucho más robusta e inmune frente a interferencias que una señal asociada con la lectura de corriente en el motor M.

60 En particular, la etapa 30 de protección y control electrónico del aparato 100, 200, 300 comprende un primer

5 bloque 40 configurado para recibir la señal S_A del sensor SEN Hall para generar una primera señal S2, en particular de tipo digital, secuencia de señales alta/baja, indicativo de la velocidad de rotación angular del motor M. Cabe mencionar que el primer bloque 40 está configurado para digitalizar la señal S_A generada por el sensor SEN Hall, limpiarla frente a efectos de ruido, y para hacer que la primera señal S2 se adapte a los niveles de tensión del microcontrolador.

10 En una realización alternativa, la unidad SEN de sensor puede implementarse mediante algoritmos de evaluación apropiados incluidos en un programa de software que equipa el microprocesador adaptado para reconstruir la posición del rotor con respecto al estator usando "observadores de estado" para generar la señal digital S2 anterior. Tal como se conoce por un experto en la técnica, los "observadores de estado" son módulos numéricos o sistemas dinámicos procesados para estimar la evolución del estado de un sistema que va a observarse. En el caso específico del presente ejemplo, que no se incluye en la presente invención, el observador de estado sería un modelo numérico del motor que pueda hacer que el campo magnético del rotor pueda apreciarse con respecto al estator si no es posible usar un sensor de campo magnético.

15 Con referencia a figuras 1-3, la etapa 30 de protección y control comprende, además, un bloqueo 500 de protección funcional del motor M frente a anomalías de funcionamiento, o bloqueo de protección de manera resumida.

20 Un bloqueo 500 de protección de este tipo está configurado para recibir en una primera entrada 1 la señal representativa de los valores de ciclo de funcionamiento de la señal $S_{P_{PWM}}$ de referencia, a continuación, en el presente documento indicada como segunda señal d, generada por un segundo bloque 70 funcional de la etapa 30 de protección y control electrónico.

25 Además, el bloqueo 500 de protección está configurado para recibir, en una segunda entrada 2, la primera señal S2 digital anteriormente mencionada indicativa de la velocidad del motor.

30 Una tercera entrada 3 del bloqueo 500 de protección está configurada para recibir una quinta señal S1, en particular una señal de control y activación de la etapa 20 de alimentación, por ejemplo, una señal digital, para generar la señal SC de alimentación anteriormente mencionada.

35 Cabe mencionar que en los aparatos 100, 200, 300 electrónicos, la señal $S_{P_{PWM}}$ de referencia es indicativa de la potencia suministrada al motor M y la primera señal S2 contiene la información relacionada con el método de suministro de las secciones de la estructura de conexión en puente monofásica de la etapa 20 de alimentación.

Con referencia al aparato 100 electrónico en la figura 1, la quinta señal S1 es análoga a la señal $S_{P_{PWM}}$ de referencia.

40 Con referencia al aparato 200 electrónico en la figura 2, la quinta señal S1 se genera a partir de un error E de corriente nominal en el motor M.

45 Con referencia al ejemplo del aparato 300 electrónico en la figura 3, la quinta señal S1 se genera a partir de un error E' de velocidad del rotor con respecto a un valor de referencia nominal. Dicho de otro modo, una quinta señal S1 de este tipo es representativa de una desviación de la velocidad angular del rotor con respecto a un valor de referencia nominal.

50 El bloqueo 500 de protección del motor M está configurado para generar una señal tercera C1 o cuarta C2 tras la detección de una condición de funcionamiento anómalo primera o segunda del motor, respectivamente. Por ejemplo, la primera condición de anomalía es representativa de una condición de mal funcionamiento del motor M provocada por el bloqueo del rotor. La segunda condición de anomalía representa una condición de mal funcionamiento por sobrecarga del motor.

55 Ventajosamente, el bloqueo 500 de protección está configurado para enviar la señales tercera C1 o cuarta C2 anteriormente mencionadas a la etapa 20 de alimentación para desactivar la generación de la señal SC de alimentación proporcionada al motor M mediante una etapa 20 de alimentación de este tipo y detener el motor M en consecuencia.

60 Cabe mencionar que el aparato 100 de control electrónico en la figura 1 implementa, a modo de ejemplo, un diagrama de control de lógica del motor que tiene un ciclo de funcionamiento variable en un circuito abierto. El aparato 200 electrónico en la figura 2 implementa, a modo de ejemplo, un diagrama de control de lógica del motor con un ajuste de corriente en un circuito cerrado. El aparato 300 electrónico de la figura 3 implementa, a modo de ejemplo, un diagrama de lógica de control de ajuste de velocidad en un circuito cerrado.

65 Con referencia al ejemplo del aparato 100 de control en la figura 1, la etapa 30 de protección y control electrónico comprende un bloque 60 de control funcional adaptado para recibir la señal $S_{P_{PWM}}$ de referencia en una primera entrada 4 respectiva y la primera señal S2 digital, a una segunda entrada 5 respectiva, generadas por el primer

bloque 40 para generar la quinta señal S1 digital anterior en una salida 6 respectiva.

Con referencia al ejemplo del aparato 200 de control en la figura 2, la etapa 30 de protección y control electrónico comprende el bloque 60 de control funcional adaptado para recibir la señal E de error de corriente en la primera entrada 4 respectiva y la primera señal S2 digital generada por el primer bloque 40 en la segunda entrada 5 respectiva. La quinta señal S1 digital se proporciona en la salida 6 respectiva.

En mayor detalle, la señal E de error de corriente se obtiene en la salida de un bloque 50' de substracción a partir de la señal $S_{P_{WMM}}$ de referencia, filtrada por un bloque 50 de filtración, por ejemplo, un filtro paso bajo (LPF), y a partir de una señal S3 adicional generada por un bloque 700 de sensor de corriente y que indica que la corriente fluye en los bobinados del motor M.

En una realización, el sensor 700 de corriente comprende una resistencia de derivación y posiblemente también un amplificador de funcionamiento, que recibe en una entrada una corriente, y la señal S3 adicional anteriormente mencionada es una señal de tensión que comprende niveles de tensión proporcionales a la corriente que pasa por los bobinados del motor M eléctrico y que oscila, por ejemplo, entre 0V y 5V.

Con referencia al ejemplo del aparato 300 de control en la figura 3, la etapa 30 de protección y control electrónico comprende el bloque 60 de control funcional adaptado para recibir la señal E' de error de velocidad en la primera entrada 4 respectiva y la primera señal S2 digital generada por el primer bloque 40 en la segunda entrada 5 respectiva. La quinta señal S1 digital se proporciona en la salida 6 respectiva.

En mayor detalle, una señal E' de error de velocidad de este tipo se obtiene por medio del bloque 50' de substracción a partir de la señal $S_{P_{WMM}}$ de referencia, filtrada por un bloque 50 de filtración, y a partir de una primera señal S2' adicional, en particular digital, que indica la velocidad de corriente del motor. En particular, una primera señal S2' adicional de este tipo se obtiene por medio de un tercer bloque 80 a partir de la primera señal S2 digital representativa de la velocidad del motor M. Cabe mencionar que la operación realizada por el tercer bloque 80 sobre la primera señal S2 digital se realiza para proporcionar una primera señal S2' adicional de este tipo, que es comparable a la primera señal en cuanto a cantidad física y escala.

En el caso de los aparatos 200 y 300 de control en las figuras 2 y 3, un aumento del módulo de la quinta señal S1 corresponde a un aumento de la señal E, E' de módulo de error para garantizar un aumento de la corriente, y por tanto de la potencia, suministrada al motor M por medio de la señal SC de alimentación. Por el contrario, una disminución del módulo de la quinta señal S1 corresponde a una disminución de la señal E, E' de módulo de error para reducir la corriente suministrada al motor M.

El método para controlar el motor M eléctrico de la presente invención se describirá en mayor detalle con referencia a figura 4, que ilustra un diagrama de bloques funcional de un bloque 500 de protección incluido en cada aparato 100, 200, 300 de control electrónico en las figuras 1-3.

Como la primera señal S2 digital indicativa de la velocidad de rotación del motor M es una señal periódica, la etapa de generación de la señal tercera C1 o cuarta C2 del método de la invención comprende una etapa común de calcular 502 un periodo PER_H de la primera señal S2 obtenida a partir del sensor SEN Hall. A modo de ejemplo, al ser la primera señal S2 digital representativa de una onda cuadrada, un periodo PER_H de este tipo representa el timo que discurre entre dos crecidas consecutivas de una primera señal S2 de este tipo.

Además, la etapa de generar la tercera señal C1 comprende una etapa 501 de detectar, mediante el bloque 500 de protección, que el periodo PER_H anteriormente mencionado de la primera señal S2 es mayor que un valor PER_{H_max} constante predeterminado máximo, es decir, que se aplica la siguiente expresión:

$$PER_H > PER_{H_max} \quad (1)$$

De tal manera, el bloque 500 de protección detecta la condición de bloqueo de rotor, es decir, el rotor se fija en una posición dada, que corresponde a la condición en la que el sensor SEN Hall proporciona una primera señal S2 digital siempre fijada a cualquiera del valor elevado o el valor bajo.

Cuando se produce la condición (1), la generación de la tercera señal C1 interrumpe la generación de la señal SC de alimentación proporcionada al motor M mediante la etapa 20 de alimentación y, por consiguiente, detiene el motor M.

Cabe mencionar que la protección expresada por la condición (1) se aplica a todos los modos de control del motor M que están garantizados por los aparatos 100, 200 y 300 de control.

Además, con referencia a la etapa de generar la cuarta señal C2, el método de control de la invención comprende, en primer lugar, una etapa 503 de calcular una velocidad SP_{RPM} del motor M a partir del periodo PER_H anteriormente mencionado para la primera señal S2 digital basándose en la ecuación:

$$SP_{RPM} = \frac{1}{PER_H} \cdot \frac{60}{p} \quad (2)$$

5 en la que p es un parámetro que representa el número de pares polares del motor M, PER_H es el periodo de la primera señal S2, y la velocidad SP_{RPM} del motor M se expresa en revoluciones por minuto (rpm).

10 En relación con la aplicación, es posible definir una velocidad SP_{RPM_min} de rotación mínima y una velocidad SP_{RPM_max} de rotación máxima del motor M, a partir de las que es posible obtener valores mínimo y máximo del periodo PER_H Hall:

$$PER_{H_min} = \frac{1}{SP_{RPM_max}} \cdot \frac{60}{p} \quad (3)$$

$$PER_{H_max} = \frac{1}{SP_{RPM_min}} \cdot \frac{60}{p} \quad (4)$$

15 En mayor detalle, una etapa de generación de la cuarta señal C2 de este tipo comprende las siguientes etapas, indicadas en su totalidad por el número de referencia 504.

Una primera etapa de proporcionar una característica de velocidad nominal SP_{RPM(d)} del motor M a partir de un número discreto de valores de la segunda señal d representativa del ciclo de funcionamiento asociado con la señal SP_{PWM} de referencia.

20 Una segunda etapa de definir una "característica límite" SP_{LÍMITE(d)} de la velocidad del motor M de manera que se aplica la ecuación:

$$SP_{LÍMITE}(d) = SP_{RPM}(d) - \Delta SP \quad (5)$$

25 en la que ΔSP representa una disminución de la velocidad máxima permitida debido a una carga anómala del motor, SP_{RPM(d)} representa la característica de velocidad nominal del motor, SP_{LÍMITE(d)} representa la velocidad característica límite del motor.

30 La figura 5 muestra ejemplos de patrones de la característica de velocidad SP_{RPM(d)} nominal del motor y de la característica de velocidad SP_{LÍMITE(d)} límite del motor en función del ciclo d de funcionamiento (en valor de porcentaje).

35 Cabe mencionar que, en la totalidad del intervalo de funcionamiento, la característica límite SP_{LÍMITE(d)} de la velocidad de motor es tal que si el motor M se mueve a una velocidad más reducida que la velocidad límite los bobinados del mismo podrían experimentar un calentamiento excesivo y alcanzar una temperatura más elevada que la temperatura máxima dispuesta por la norma.

40 Además, el periodo PER_{H_max} máximo de la primera señal S2 digital y la característica límite SP_{LÍMITE(d)} de la velocidad del motor son parámetros característicos del motor M eléctrico y/o de la aplicación particular, y, por tanto, se conocen de antemano. Tales parámetros son una parte integrante del firmware de control.

De hecho, tal como se mencionó anteriormente, el periodo PER_{H_max} máximo es una constante. En cambio, la representación del parámetro SP_{LÍMITE(d)} de característica límite de la velocidad de motor es más articulado.

45 En una primera realización, tal parámetro SP_{LÍMITE(d)} de característica límite puede asemejarse a una memoria intermedia que incluye, por ejemplo, 100 posiciones de memoria y, por tanto, cien valores. En particular, la memoria intermedia está adaptada para almacenar el valor de SP_{LÍMITE(1)} en una primera posición, el valor de SP_{LÍMITE(2)} en una segunda posición y así sucesivamente hasta la última posición, en la que la memoria intermedia está adaptada para almacenar el valor de SP_{LÍMITE(100)}. En tal caso, la característica límite SP_{LÍMITE(d)} de la velocidad de motor se representa por medio de tales cientos de parámetros.

En otro ejemplo, la característica límite de velocidad del motor SP_{LÍMITE(d)} es de tipo lineal y puede expresarse mediante la ecuación:

$$55 \quad SP_{LÍMITE}(d) = m \cdot d + q \quad (6)$$

en la que:

$$m = \frac{SP_{LÍMITE}(1) - SP_{LÍMITE}(100)}{d_1 - d_{100}} \quad (7)$$

y

$$q = \frac{d_1 \cdot SP_{LÍMITE}(100) - d_{100} \cdot SP_{LÍMITE}(1)}{d_1 - d_{100}} \quad (8)$$

con d_1 y d_{100} que representan un parámetro de ciclo de funcionamiento primero o segundo, $SP_{LÍMITE}(1)$ y $SP_{LÍMITE}(100)$, que representan parámetros de características límite de velocidad primero y segundo del motor. En este caso, solo han de tenerse en consideración cuatro datos como parámetros representativos de la característica límite $SP_{LÍMITE}(d)$ de la velocidad de motor: d_1 , d_{100} , $SP_{LÍMITE}(1)$ y $SP_{LÍMITE}(100)$.

En todavía otro ejemplo, la característica límite de velocidad del motor $SP_{LÍMITE}(d)$ es de tipo lineal en partes y puede expresarse mediante la ecuación:

$$Velocidad_{LÍMITE}(d) = \begin{cases} Velocidad_{LÍMITE}(d) = m_1 \cdot d + q_1 & d \in [d_1 \quad d_z[\\ Velocidad_{LÍMITE}(d) = m_2 \cdot d + q_2 & d \in [d_z \quad d_y[\\ Velocidad_{LÍMITE}(d) = m_3 \cdot d + q_3 & d \in [d_y \quad d_{100}] \end{cases} \quad (9)$$

en la que los valores de los parámetros m_1 , m_2 , m_3 y q_1 , q_2 , q_3 pueden expresarse de una manera similar a la de las ecuaciones (7) y (8).

En una tercera etapa del método la cuarta señal C2 anteriormente mencionada se genera cuando la velocidad SP_{RPM} de motor calculada con la expresión (2) es más baja que la característica límite $SP_{LÍMITE}(d)$ de velocidad de motor, es decir, cuando se produce la siguiente condición:

$$SP_{RPM} < SP_{LÍMITE}(d) \quad (10)$$

De tal manera, el bloqueo 500 de protección está adaptado para detectar la condición de sobrecarga. Cuando se produce la condición (10), la generación de la cuarta señal C2 interrumpe la generación de la señal SC de alimentación proporcionada al motor M mediante la etapa 20 de alimentación y, por consiguiente, detiene el motor M.

Cabe mencionar que la protección expresada por la condición (10) se aplica a todos los modos de control asociados con los aparatos 100, 200 y 300 de control descritos anteriormente.

Con referencia al control solamente con un ajuste de velocidad de circuito cerrado, es decir, con referencia al aparato 300 en la figura 3, el método proporciona las siguientes etapas de control, indicadas por el número de referencia 505 en su totalidad.

En una primera etapa del método un valor $dmotorMAX(d)$ de ciclo de funcionamiento máximo se fija para cada valor de ciclo de funcionamiento de la segunda señal d asociada con la señal SP_{PWM} de referencia.

En una etapa posterior, se proporciona una señal d_{motor} de ciclo de funcionamiento adicional representativa del ciclo de funcionamiento asociado con la quinta señal S1. Una señal d_{motor} de ciclo de funcionamiento de este tipo es representativa de una medición de la potencia transferida al motor M eléctrico.

La figura 6 muestra a modo de ejemplo un patrón de las señales de ciclo de funcionamiento (en porcentaje) de la quinta señal S1 digital y de una sexta señal S1' digital generadas por el bloqueo 500 de protección en función de la señal SP_{PWM} de referencia ciclo de funcionamiento (en valor de porcentaje).

En particular, el bloqueo 500 de protección está configurado para generar la sexta señal S1', coincidiendo sustancialmente con la quinta señal S1, cuando un valor d_{motor} de ciclo de funcionamiento de este tipo asociado con la quinta señal S1 es más bajo que el valor $dmotorMAX(d)$ de ciclo de funcionamiento máximo, es decir, se produce la siguiente condición:

$$d_{motor} < d_{motorMAX}(d) \quad (11)$$

Alternativamente, el bloqueo 500 de protección está adaptado para generar una sexta señal S1' de este tipo coincidiendo sustancialmente con el valor $dmotorMAX(d)$ de ciclo de funcionamiento máximo cuando un valor de este tipo de la señal d_{motor} de ciclo de funcionamiento adicional asociada con la quinta señal S1 es superior a

$d_{\text{motorMAX}}(d)$, es decir, se produce lo siguiente:

$$d_{\text{motor}} \geq d_{\text{motorMAX}}(d) \quad (12)$$

5 En la realización mostrada en la figura 6, el valor $d_{\text{motorMAX}}(d)$ de ciclo de funcionamiento máximo se expresa por medio de una característica lineal por medio de la ecuación:

$$d_{\text{motorMAX}}(d) = m_{\text{motor}} \cdot d + q_{\text{motor}} \quad (13)$$

10 en la que

$$m_{\text{motor}} = \frac{d_{\text{motorMAX}}(1) - d_{\text{motorMAX}}(100)}{d_1 - d_{100}} \quad (14)$$

y

15

$$q_{\text{motor}} = \frac{d_1 \cdot d_{\text{motorMAX}}(100) - d_{100} \cdot d_{\text{motorMAX}}(1)}{d_1 - d_{100}} \quad (15)$$

El método de control de un motor M eléctrico de imán permanente según la invención tiene muchas ventajas.

20 En primer lugar, un método de este tipo permite controlar el motor para garantizar los niveles de seguridad requeridos por la norma CEI EN 60335-1 sin tener que usar necesariamente dispositivos de protección térmica, garantizando, por tanto, un ahorro nada despreciable en cuanto al coste global del aparato de motor.

25 Además, el método de la invención al basarse exclusivamente en la detección de la velocidad por el motor M con un sensor SEN Hall evita, particularmente en relación con los aparatos 100 y 300, la necesidad de detectar la corriente del motor M. Esto hace que resulte innecesario el uso de dispositivos electrónicos adicionales complejos y costosos.

30 Además, la detección de la velocidad de motor sobre la que se basa la presente invención es más fiable dado que es inmune frente a la interferencia electromagnética producida por el propio motor.

35 Un experto en la técnica puede realizar cambios y adaptaciones a las realizaciones del método anteriormente mencionado para controlar un motor eléctrico o puede sustituir elementos por otros que sean funcionalmente equivalentes para cumplir las necesidades contingentes sin alejarse del alcance de protección de las reivindicaciones adjuntas. Todas las características descritas anteriormente como pertenecientes a una posible realización pueden implementarse de manera independiente con respecto a otras realizaciones descritas.

Leyendas de los dibujos

40 Figura 6

“ciclo de funcionamiento [%] di S1, S2” = ciclo de funcionamiento [%] de S1, S2 “d[%] ciclo de funcionamiento di S_{PWM} ” = d[%] ciclo de funcionamiento de S_{PWM}

REIVINDICACIONES

1. Método para controlar un motor (M) eléctrico de imán permanente monofásico que puede moverse a través de una señal (SC) de alimentación generada por un aparato (100, 200, 300) de control electrónico del motor basándose en una señal (S_{PWM}) de referencia, comprendiendo dicho método las etapas de:
- generar, mediante una unidad (SEN, 40) de sensor asociada con el motor (M), una primera señal (S2) representativa de la velocidad de rotación del motor (M),
 - proporcionar un bloqueo (500) de protección del motor frente a anomalías de funcionamiento, que se incluye en dicho aparato (100, 200, 300) de control electrónico,
 - proporcionar una segunda señal (d) en una primera entrada (1) de dicho bloqueo (500) de protección del motor, siendo dicha segunda señal (d) representativa de valores de ciclo de funcionamiento asociados con dicha señal (S_{PWM}) de referencia,
 - proporcionar dicha primera señal (S2) en una segunda entrada (2) de dicho bloqueo (500) de protección del motor,
 - generar, mediante el bloqueo (500) de protección del motor, basándose en dicha primera señal (S2) y segunda señal (d), una tercera (C1) señal cuando se detecta una primera condición de funcionamiento de funcionamiento anómalo del motor (M), una cuarta (C2) señal cuando se detecta una segunda condición de funcionamiento de funcionamiento anómalo del motor (M),
 - interrumpir la generación de la señal (SC) de alimentación proporcionada al motor (M) mediante dicho aparato (100, 200, 300) de control electrónico basándose en dichas señales (C1) o (C2) tercera o cuarta para detener el motor;
- comprendiendo, además, el método la etapa de proporcionar una quinta señal (S1) a una tercera entrada (3) de dicho bloqueo (500) de protección del motor para activar dicha señal (SC) de alimentación, y las etapas (505) adicionales de:
- establecer un valor (d_{motorMAX}(d)) de señal de ciclo de funcionamiento máximo por cada valor de dicha segunda señal (d) de ciclo de funcionamiento asociada con la señal (S_{PWM}) de referencia;
 - proporcionar una señal (d_{motor}) de ciclo de funcionamiento adicional representativa del valor de ciclo de funcionamiento asociado con dicha quinta señal (S1);
 - generar una sexta señal (S1'), coincidiendo dicha sexta señal:
 - con dicha quinta señal (S1) cuando dicho valor (d_{motor}) de ciclo de funcionamiento asociado con dicha quinta señal (S1) es menor que dicho valor (d_{motorMAX}(d)) de ciclo de funcionamiento máximo,
 - con dicho valor (d_{motorMAX}(d)) de señal de ciclo de funcionamiento máximo cuando dicho valor (d_{motor}) de ciclo de funcionamiento asociado con dicha quinta señal (S1) es mayor que o igual a dicho valor (d_{motorMAX}(d)) de ciclo de funcionamiento máximo.
2. Método para controlar un motor (M) eléctrico según la reivindicación 1, en el que dicha primera señal (S2) indicativa de la velocidad de rotación del motor (M) es una señal periódica, y dicha etapa de generar dichas señales (C1) o (C2) tercera o cuarta comprende una etapa (502) de calcular un periodo (PER_H) de dicha primera señal (S2).
3. Método para controlar un motor (M) eléctrico según la reivindicación 2, en el que dicha etapa de generar dicha tercera señal (C1) comprende una etapa (501) de detectar que dicho periodo (PER_H) de la primera señal (S2) es mayor que un valor (PER_{H_max}) máximo constante preseleccionado.
4. Método para controlar un motor (M) eléctrico según la reivindicación 2, en el que dicha etapa de generar dicha cuarta señal (C2) comprende una etapa (503) de calcular una velocidad (SP_{RPM}) del motor (M) a partir de dicho periodo (PER_H) de la primera señal (S2) basándose en la ecuación:

$$SP_{RPM} = \frac{1}{PER_H} \cdot \frac{60}{p}$$

en la que p es representativa del número de pares polares del motor (M), PER_H es el periodo de la

primera señal (S2), expresándose dicha velocidad (SP_{RPM}) del motor (M) en revoluciones por minuto.

5. Método para controlar un motor (M) eléctrico según la reivindicación 4, en el que dicha etapa de generar dicha cuarta señal (C2) comprende las etapas (504) de:

5

- proporcionar una característica ($SP_{RPM}(d)$) de velocidad nominal del motor (M) a partir de un número discreto de valores de dicha segunda señal (d) asociada con dicha señal (SP_{PWM}) de referencia;

- definir una característica ($SP_{LÍMITE}(d)$) límite de velocidad del motor (M) de manera que:

10

$$SP_{LÍMITE}(d) = SP_{RPM}(d) - \Delta SP$$

en la que ΔSP es representativa de una disminución en la velocidad máxima permitida debido a una carga anómala del motor, $SP_{RPM}(d)$ representa la característica de velocidad nominal del motor, $SP_{LÍMITE}(d)$ representa la característica de velocidad límite del motor;

15

- generar dicha cuarta señal (C2) cuando dicha velocidad (SP_{RPM}) del motor es menor que dicha característica ($SP_{LÍMITE}(d)$) de velocidad límite del motor.

20

6. Método para controlar un motor (M) eléctrico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha unidad (SEN) de sensor comprende un sensor efecto Hall.

7. Método para controlar un motor (M) eléctrico según la reivindicación 5, en el que la característica ($SP_{LÍMITE}(d)$) de velocidad límite del motor es una característica del tipo lineal.

25

8. Método para controlar un motor (M) eléctrico según la reivindicación 5, en el que la característica ($SP_{LÍMITE}(d)$) de velocidad límite del motor es una característica del tipo lineal con respecto a la pieza.

30

9. Método para controlar un motor (M) eléctrico según la reivindicación 1, en el que dichas condiciones de funcionamiento primera y segunda de funcionamiento anómalo del motor (M) con una condición de bloqueo del rotor y una condición de sobrecarga del motor, respectivamente.

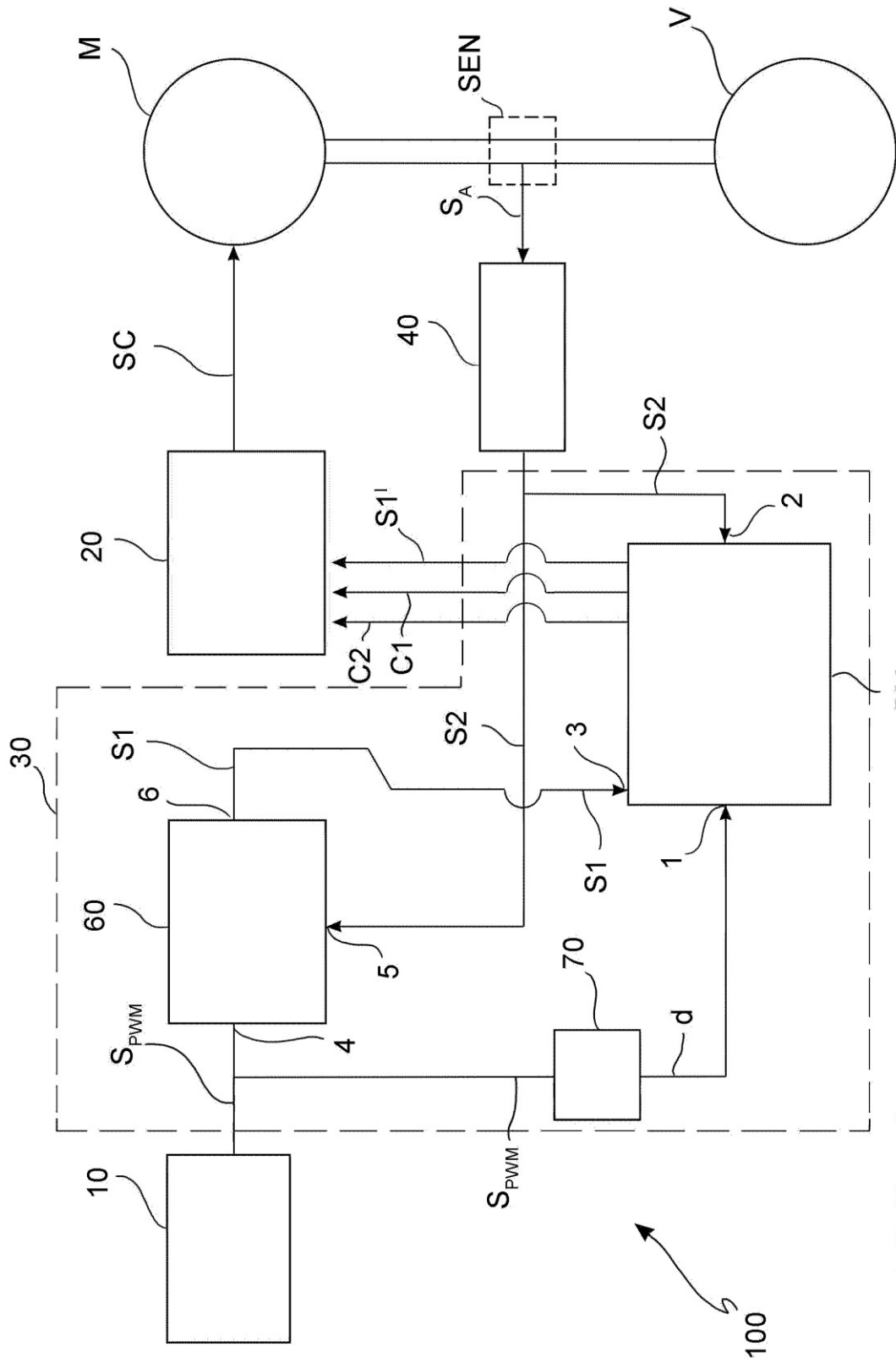


FIG. 1

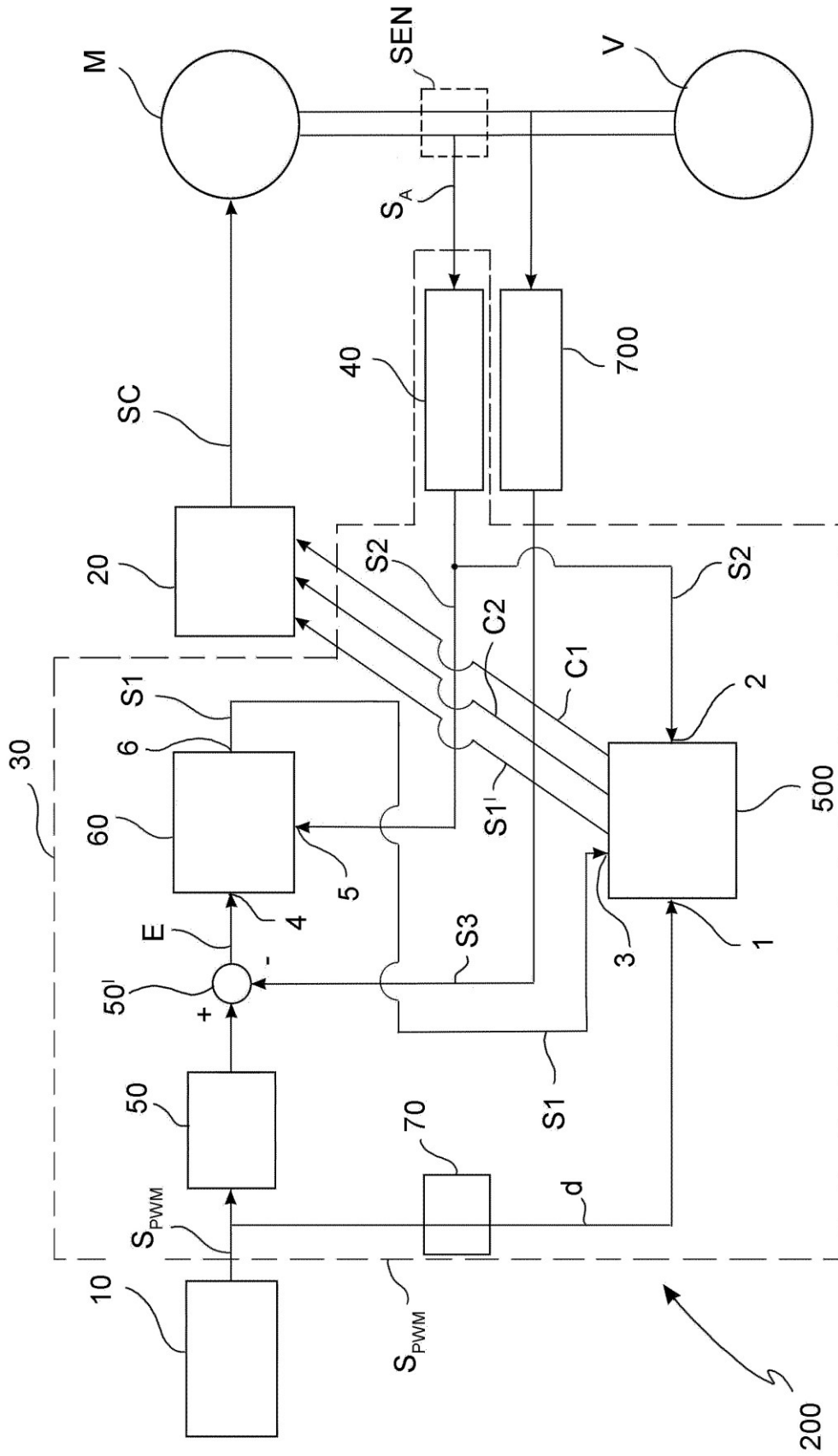


FIG. 2

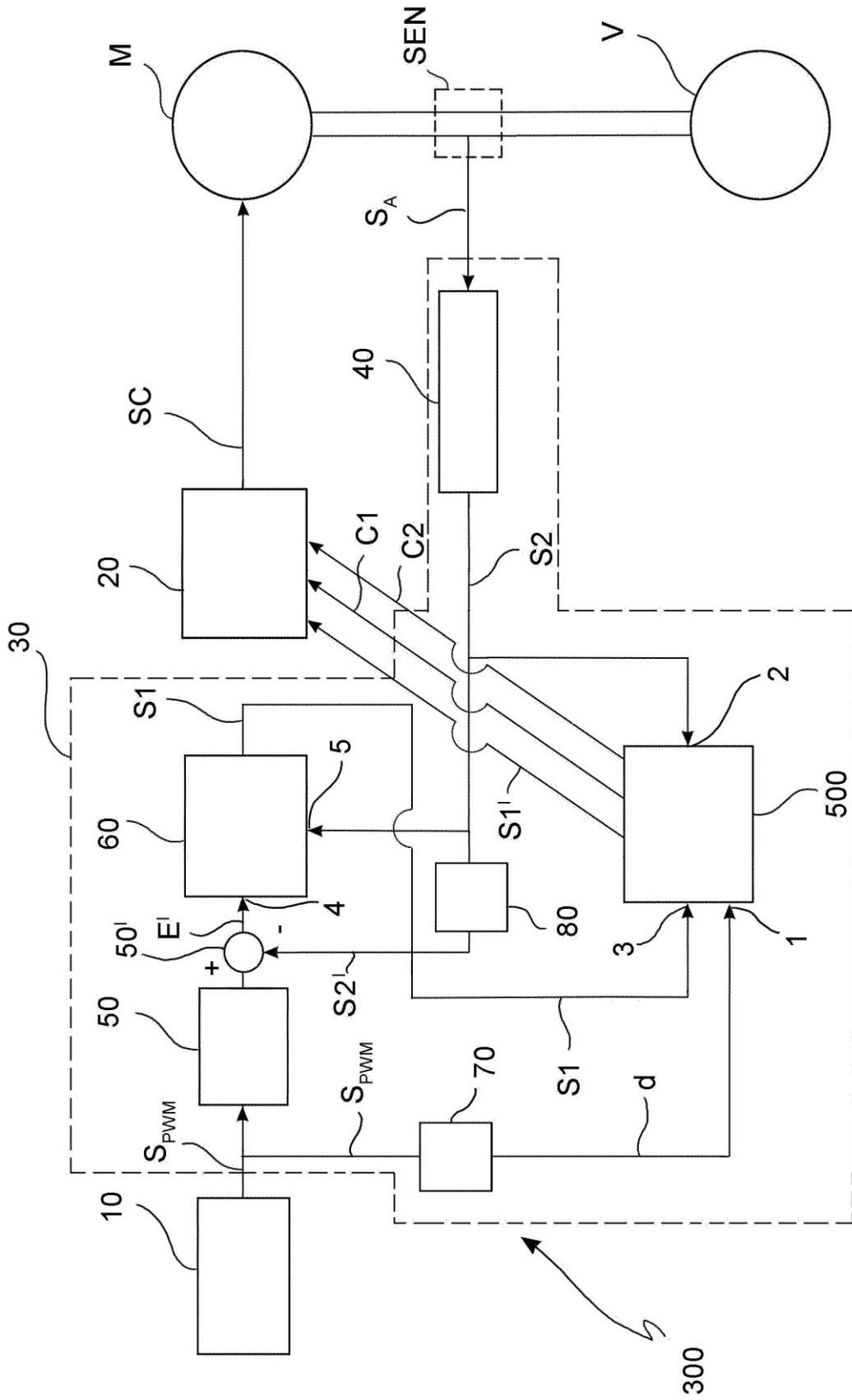


FIG. 3

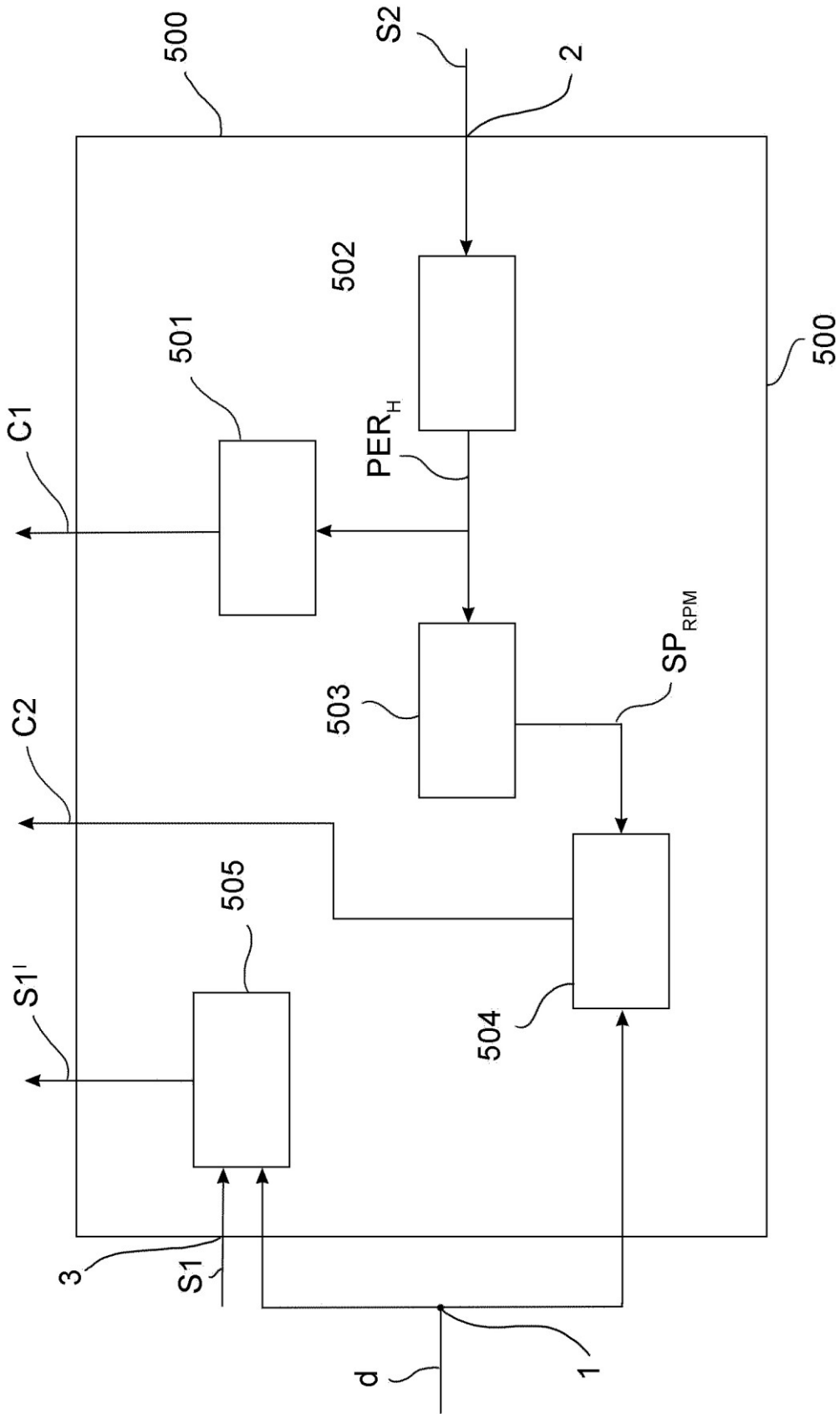


FIG. 4

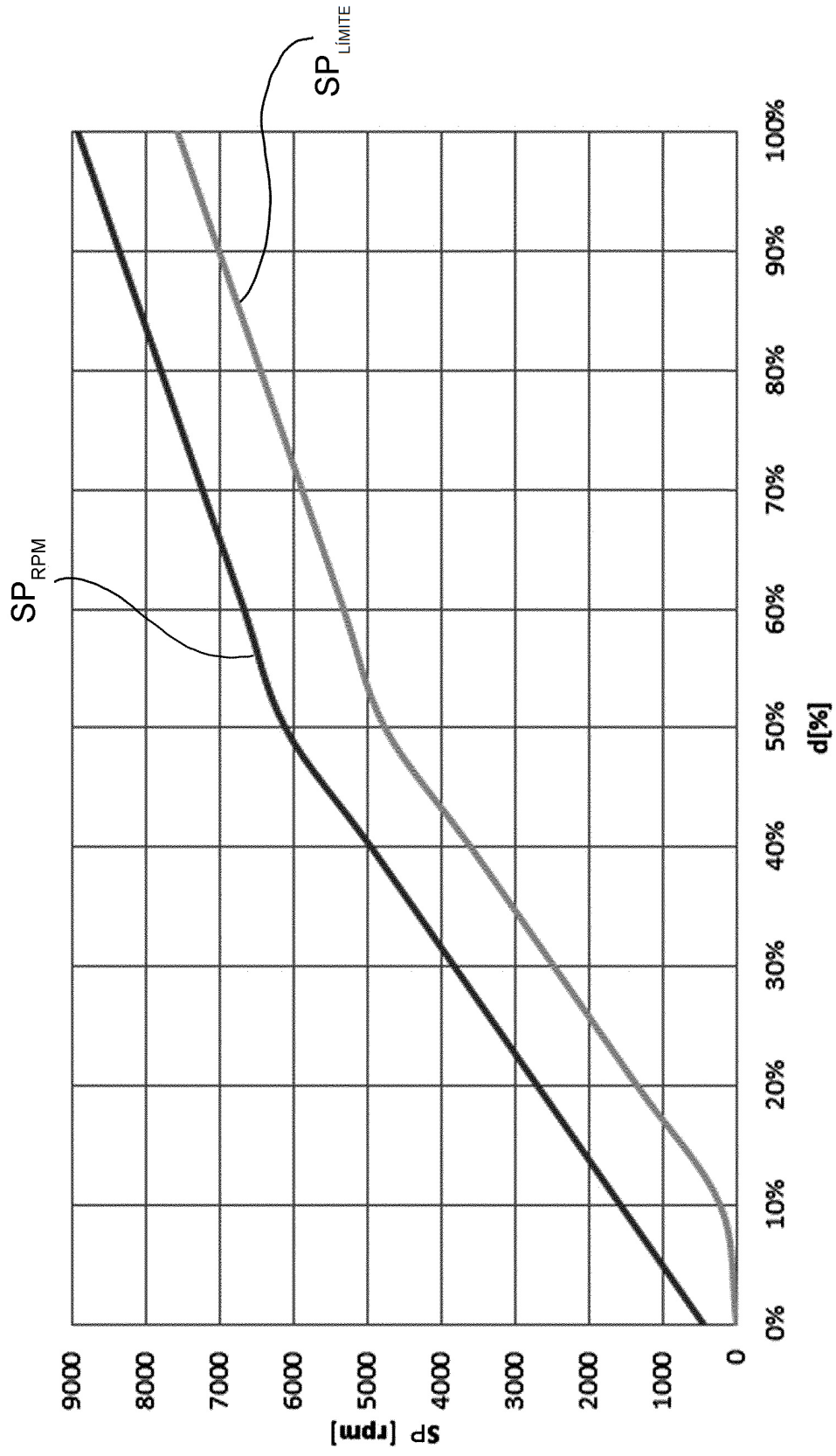


FIG. 5

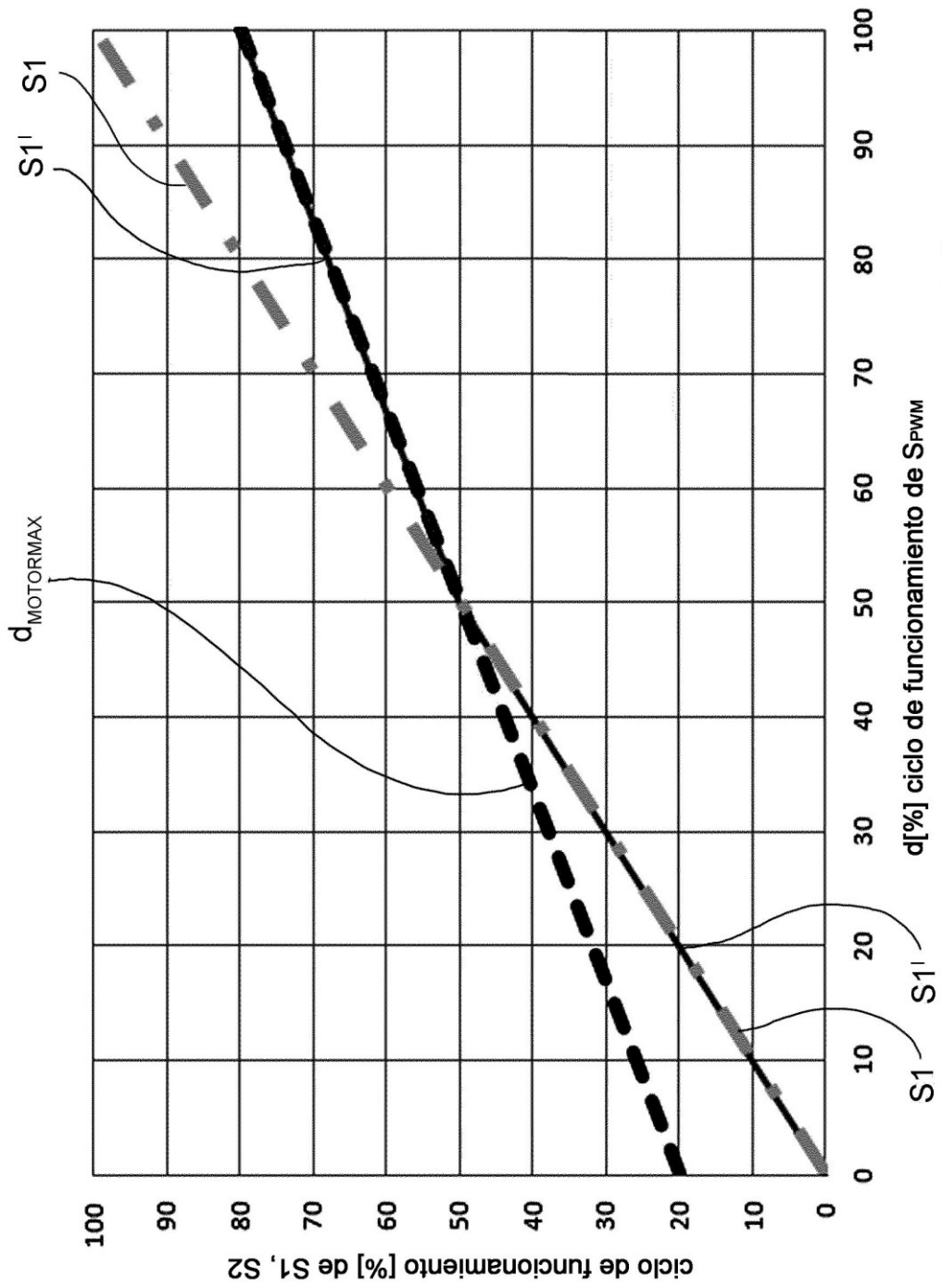


FIG. 6