



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 366 105**

51 Int. Cl.:

H02H 7/08 (2006.01)

H02P 3/12 (2006.01)

H02P 3/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06793220 .2**

96 Fecha de presentación : **05.09.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1929604**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **11.06.2008**

54

Título: **Sistema de control y procedimiento para controlar un motor eléctrico excitado de manera permanente.**

30

Prioridad: **30.09.2005 DE 10 2005 046 961**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
17.10.2011

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
17.10.2011

73

Titular/es: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE

72

Inventor/es: **Kriegel, Kai**

74

Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 366 105 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

Sistema de control y procedimiento para controlar un motor eléctrico excitado de manera permanente

La invención se refiere a un sistema de control y un procedimiento para controlar un motor eléctrico excitado de manera permanente.

5 Los motores eléctricos excitados de manera permanente se utilizan por ejemplo como motores de propulsión para vehículos, que en el caso de sistemas de propulsión híbridos obtienen la energía eléctrica a partir de un generador propulsado mediante una máquina de combustión interna o en el caso de vehículos propulsados de manera completamente eléctrica obtienen la energía eléctrica a partir de una denominada batería de tracción. En el caso de
10 motores eléctricos excitados de manera permanente, por su construcción existe básicamente el problema de que por el movimiento relativo entre los devanados del inducido y los imanes permanentes en los devanados del inducido, que se produce en funcionamiento, se induce una contratensión conocida como tensión interna síncrona. Esta tensión inducida aumenta a medida que aumenta el número de revoluciones, hasta que finalmente se encuentra en el intervalo de la tensión de alimentación proporcionada por la fuente de tensión para el motor eléctrico. Entonces un aumento adicional del número de revoluciones del motor sólo puede alcanzarse mediante una denominada
15 atenuación de campo, en la que se produce un desplazamiento de rama de la corriente introducida en los devanados. En este tipo de sistemas de propulsión con motores eléctricos excitados de manera permanente, cuando aparecen fallos, por ejemplo la interrupción de la unidad de control que realiza la atenuación de campo, esto puede llevar a problemas graves.

20 Así, la interrupción de la atenuación de campo, en particular en caso de números de revoluciones elevados, lleva a un momento de frenado considerable, que se genera en la realimentación de energía eléctrica del motor a la fuente de tensión, por ejemplo la batería de tracción. Por la elevación de la tensión, originada por la resistencia interna de la batería, existe además el riesgo de que la batería de tracción se vea afectada, que en general está diseñada para una tensión de funcionamiento de aproximadamente 200V a 300V. Además, durante la marcha no se desea la aparición de momentos de frenado elevados de este tipo, ya que esto pondría en peligro a las personas dentro del
25 vehículo.

En caso de que con el circuito intermediario no esté unida ninguna fuente de tensión, o si, por ejemplo, la unión de la fuente de tensión con el circuito intermediario se ha interrumpido, entonces la tensión interna síncrona puede actuar sobre el circuito intermediario y en particular afectar o romper los elementos constructivos allí presentes.

30 Para evitar estos problemas es posible dimensionar los diferentes componentes del convertidor, por ejemplo los condensadores y los semiconductores de potencia de tal manera, que la tensión interna síncrona rectificadora no sobrepase la tensión nominal de los componentes. Mediante un sobredimensionamiento de este tipo de los componentes puede reducirse el riesgo de un deterioro. A este respecto es desventajoso que los sistemas de propulsión no puedan diseñarse para el volumen disponible o para la generación de la mayor potencia posible. En este enfoque también las diferentes piezas del circuito intermediario o de la electrónica de potencia deben diseñarse
35 para las tensiones máximas que van a esperarse, lo que regularmente lleva a costes elevados de las piezas.

El documento DE 198 35 576 A1 propone un sistema de control con una disposición de control, que está realizada de tal manera, que cuando mediante una disposición de detección del estado de funcionamiento en el sistema de control o/y el motor eléctrico se detecta la presencia de al menos un estado de funcionamiento predeterminado, se genera un cortocircuito en cada rama del motor.

40 El sistema de control descrito en el documento DE 198 35 576 A1 puede tener en cuenta diferentes estados de funcionamiento y en este caso, mediante la generación controlada de un cortocircuito en el motor eléctrico evitar la aparición de riesgos potenciales o consecuencias potencialmente indeseadas. Precisamente en el intervalo de los números de revoluciones elevados el momento de frenado generado en caso de cortocircuito es insignificante, en particular el momento de frenado se encuentra claramente por debajo del momento de frenado de un motor eléctrico no cortocircuitado. Si por ejemplo se produce una interrupción espontánea de la atenuación de campo, mediante una
45 puesta en cortocircuito controlada del motor eléctrico puede reducirse claramente por un lado la aparición de un momento de frenado no deseado, por otro lado puede evitarse que una tensión alimentada posiblemente desde el motor eléctrico al circuito intermediario lleve a un deterioro de las piezas, de los componentes o de la fuente de tensión (por ejemplo de la batería de tracción).

50 La figura 1 muestra un sistema de control según el documento DE 198 35 576 A1. El sistema de control puede dividirse básicamente en los siguientes grupos constructivos:

- una unidad 12 de convertidor con tres semipuentes 14, 16, 18, estando asociado cada uno de los semipuentes 14, 16, 18 a una de las tres fases 20, 22, 24 de motor del motor 26 eléctrico;
- un circuito 28 intermediario con un condensador 30 de circuito intermediario, uniendo el circuito 28
55 intermediario la unidad 12 de convertidor con una fuente 32 de tensión.

En la representación, la fuente 32 de tensión es una batería de tracción, dado el caso con electrónica de potencia, que proporciona una tensión continua. Sin embargo se indica que, por ejemplo también en el caso de accionamientos híbridos como fuente de tensión para el motor 26 eléctrico puede utilizarse un generador accionado mediante un motor de combustión con una electrónica de potencia conectada aguas abajo.

5 El control 34 de motor, a través de líneas de señales respectivas, controla la unidad 12 de convertidor, es decir los semipuentes 14, 16, 18 respectivos de la unidad de convertidor. Cada semipuerto 14, 16, 18 contiene en este caso un primer elemento 36 de conmutación, a partir de un IGBT (transistor bipolar de puerta aislada) con un diodo de circulación libre conectado en paralelo, así como un segundo elemento 38 de conmutación a partir de un IGBT con un diodo de circulación libre conectado en paralelo. Cada uno de los IGBT de los diferentes semipuentes 14, 16, 18 se controla mediante el control 34 de motor, para unir las diferentes ramas 20, 22, 24 del motor 26 eléctrico opcionalmente y para periodos de tiempo predeterminados con los diferentes potenciales del circuito 28 intermedio.

Además el sistema de control según la figura 1 presenta un convertidor 40 de tensión continua/tensión continua, que deriva la tensión existente en el circuito 28 intermedio y la convierte en una tensión continua deseada, por ejemplo de 12 V. Esta tensión continua se conduce en paralelo a la tensión generada por la fuente 48 de tensión al control 34 de motor. Así se trata de una alimentación de tensión redundante para el control 34 de motor, de modo que por ejemplo en caso de interrupción de la fuente 48 de tensión la tensión de funcionamiento necesaria para el control de motor pueda extraerse del circuito intermedio y así también pueda seguir garantizándose el control o regulación del motor eléctrico. Una alimentación redundante de este tipo también es conveniente cuando además de la fuente 20 48 de tensión falla la fuente 32 de tensión, ya que en este caso a través de la tensión inducida en el motor 26 eléctrico y la rectificación a través de los diodos de circulación libre en el circuito intermedio se genera una tensión, que puede utilizarse como tensión de funcionamiento para el control de motor, para garantizar la regulación del motor 26 también en caso de interrupción total de la alimentación de tensión, en particular cuando el motor 26 se hace funcionar en el intervalo de atenuación de campo.

25 En caso de que en el área del sistema de control, por ejemplo en el propio área del motor 26 eléctrico o en el área de la fuente de tensión se produzcan fallos, entonces mediante el control 34 de motor puede generarse un cortocircuito porque se conectan con conducción o bien todos los elementos 36 de conmutación o todos los elementos 38 de conmutación o bien todos los elementos 36 y 38 de conmutación. De este modo se evita que la tensión interna síncrona generada en el motor se aplique al circuito intermedio y perjudique a los componentes allí contenidos o a los componentes de los semipuentes 14, 16, 18 o la fuente 32 de tensión. En el caso de motores eléctricos excitados de manera permanente, modernos, la tensión interna síncrona puede encontrarse claramente sobre la tensión de alimentación proporcionada a través de la fuente 32 de tensión. En caso de sobrepasar la tensión permitida para la fuente 32 de tensión existe el riesgo de que con la realimentación de la energía eléctrica a través de la tensión interna síncrona rectificadas se vea afectada la fuente 32 de tensión. Algo parecido se aplica para los conmutadores 36 o 38: también en este caso puede evitarse mediante el cortocircuito conectado descrito un deterioro de los conmutadores.

Como en el circuito 28 intermedio o en la unidad 12 de convertidor no puede aparecer ningún aumento de tensión no deseado es ventajoso que los diferentes elementos de conmutación o grupos constructivos no tengan que diseñarse para el caso de fallo y las tensiones máximas elevadas relacionadas con el mismo. Así, en particular, pueden ahorrarse costes en relación a las piezas de semiconductor.

Por otro lado es posible diseñar los diferentes componentes, en particular el motor eléctrico, de tal manera que con un volumen predeterminado pueda alcanzarse la mayor potencia posible, sin que en este caso tenga que tenerse en cuenta, respecto a la conexión, que haya una distancia de seguridad demasiado grande de las tensiones nominales respectivas de los diferentes componentes en relación con las tensiones máximas (en caso de fallo) que van a esperarse.

El estado de fallo indicado puede producirse en diferentes áreas del sistema de accionamiento. Así, por ejemplo, un indicador de posición para el rotor del motor puede estar defectuoso, de modo que ya no sea posible una alimentación de corriente correcta del motor. Además el sensor de corriente o los sensores de corriente para la detección de la corriente que fluyen en cada una de las ramas 20, 22, 24 de motor puede/n estar defectuoso/s. En el propio motor eléctrico también podría existir un cortocircuito. Además, como se indicó anteriormente, puede existir una interrupción o una caída de la tensión proporcionada mediante la fuente 32 de tensión.

En la figura 1 puede reconocerse un elemento 42 de conmutación adicional que está conectado en paralelo a los conmutadores 36 ó 38 de la unidad 12 de semiconductor. Este elemento 42 de conmutación también puede presentar de nuevo un IGBT y una resistencia en serie y se controla por el control 34 de motor. El cortocircuito conectado descrito anteriormente puede alcanzarse alternativamente mediante la conexión con conducción de elemento 42 de conmutación. Un cortocircuito de este tipo sólo debería producirse, como en el caso de una conexión con conducción simultánea de todos los elementos 36 y 38 de conmutación, a través del control 34 de motor, cuando existe una caída de tensión casi completa o una interrupción de la fuente 32 de tensión. Por lo demás, al mismo tiempo, con la conexión con conducción de los elementos 36 y 38 de conmutación se

cortocircuitaría la fuente 32 de tensión. Para evitar esto, adicionalmente en el circuito 28 intermediario entre el elemento 42 de conmutación y la fuente 32 de tensión podría estar previsto un elemento de conmutación adicional, que realizara un bloqueo con la interconexión del elemento 42 de conmutación, de modo que el cortocircuito sólo se generara en la representación de la figura 1 en el lado derecho del elemento 42 de conmutación, es decir en la zona del motor 26.

Por el documento DE 298 13 080 U1 se conoce también un sistema de control en el que para proteger contra una sobretensión se genera un cortocircuito en las ramas del motor.

Por el documento DE 44 25 547 A1 se conoce un inversor de frecuencia regulada para controlar un motor, en el que en funcionamiento normal se produce una limitación de sobretensiones por medio de un interruptor de frenado.

En este caso es desventajoso que no se limite la corriente de cortocircuito. Esto es problemático en particular en cuanto a la corriente pico de conexión. Mediante una corriente de cortocircuito elevada el motor, por ejemplo mediante desmagnetización del imán permanente, puede deteriorarse de manera duradera.

El objetivo de la invención es evitar los inconvenientes mencionados anteriormente.

Este objetivo se soluciona según las características de las reivindicaciones independientes. Perfeccionamientos de la invención se deducen de las reivindicaciones dependientes.

Para solucionar el objetivo se indica un sistema de control para un motor eléctrico excitado de manera permanente con al menos una rama, que comprende una primera disposición semipiente para cada rama del motor eléctrico. El sistema de control presenta un circuito intermediario, que une la disposición semipiente con una fuente de tensión de alimentación del motor. El circuito intermediario comprende además un denominado interruptor de frenado. El sistema de control también comprende un control de motor para controlar la disposición semipiente, pudiendo aplicar mediante el control de motor a la rama respectiva del motor eléctrico, asociada a la disposición semipiente un potencial de polaridad predeterminada durante un tiempo predeterminado. Está previsto un módulo de protección (VPM = módulo de protección virtual), que está unido con la al menos una rama del motor eléctrico. El módulo de protección comprende un primer conmutador mediante el que puede cortocircuitarse la al menos una rama del motor eléctrico.

En particular en caso de fallo puede conectarse el primer conmutador y así limitarse de manera eficaz la tensión en el circuito intermediario.

Según la invención en caso de superar un primer valor umbral predeterminado para la corriente de fase puede desconectarse el primer conmutador. En este caso la corriente de fase puede ser la corriente de la al menos una rama, aunque en particular la corriente de fase acumulada de varias ramas. Para evitar un deterioro duradero del motor, en particular de los imanes permanentes en el motor, se aplica limitar la corriente de cortocircuito. Esto ocurre en particular mediante la desconexión mencionada del primer conmutador. Como consecuencia de esta desconexión puede volver a aumentar la tensión en el circuito intermediario. Si la tensión en el circuito intermediario sobrepasa un segundo valor umbral predeterminado, entonces se activa el interruptor de frenado. El interruptor de frenado comprende preferiblemente una conexión en serie a partir de un conmutador y un consumidor, por ejemplo una resistencia óhmica, y se encuentra preferiblemente en paralelo a la disposición semipiente en el circuito intermediario. Ahora, es decir al alcanzar o superar el segundo valor umbral, el conmutador se abre y se cierra continuamente, se "corta" la tensión en el circuito intermediario y así se limita. En este caso, el consumidor, por ejemplo la resistencia óhmica mencionada, sirve por ejemplo para generar un momento de frenado, es decir la energía excesiva se convierte en calor.

Una configuración consiste en que está prevista una unidad de medición, que detecta valores de medición actuales y de este modo permite la realización de una comparación con los valores umbral primero y segundo. La comparación con los valores umbral puede realizarse por ejemplo en la unidad de medición o también en el módulo de protección. En particular, mediante la unidad de medición puede detectarse un denominado caso de fallo.

Un perfeccionamiento es que básicamente en lugar de o en combinación con la comparación del valor umbral puede realizarse un control del tiempo, por ejemplo del primer conmutador. Así es posible que al alcanzar y/o superar el primer valor umbral se abra el primer conmutador. Una apertura de este tipo también podría producirse un tiempo predeterminado después del cierre. Además es posible que tras esta apertura vuelva a esperarse un tiempo predeterminado antes de que el primer conmutador vuelva a cerrarse.

También es una configuración, que el primer conmutador y/o el segundo conmutador sean conmutadores electrónicos. En particular el primer conmutador y/o el segundo conmutador pueden comprender al menos uno de los siguientes elementos constructivos: un conmutador semiconductor, un tiristor, un IGBT y/o un transistor.

Otro perfeccionamiento consiste en que el primer conmutador está realizado paralelo a una segunda disposición semipiente. En este caso la segunda disposición semipiente puede estar prevista al menos parcialmente en el módulo de protección. En particular los elementos constructivos de la primera disposición semipiente también

pueden ser al menos parcialmente elementos constructivos de la segunda disposición semipunte.

Un caso de fallo puede comprender en particular uno de los siguientes casos:

- una caída o interrupción de la tensión de alimentación del motor;
- un fallo de cortocircuito, en particular en la zona del motor;
- 5 - una subida de una tensión en el circuito intermediario por encima de un valor límite predeterminado;
- fallos en la zona de la primera o la segunda disposición semipunte.

Para solucionar el objetivo se prevé además un procedimiento para controlar el sistema de control, que comprende las etapas siguientes:

- en un caso de fallo se conecta adicionalmente el módulo de protección mediante el primer conmutador;
- 10 - se mide una corriente de fase en la al menos una rama;
- si la corriente de fase supera el primer valor umbral predeterminado, entonces se desconecta el primer conmutador;
- si la tensión en el circuito intermediario alcanza un segundo valor umbral, entonces se reduce esta tensión por medio del interruptor de frenado.
- 15 En particular la supervisión de la tensión en el circuito intermediario puede producirse de manera paralela o independiente de la actividad en el módulo de protección. Además puede volver a cerrarse el primer conmutador tras un tiempo predeterminado y/o al volver a superar el primer valor umbral o un valor umbral adicional para la corriente de fase en la al menos una rama del motor eléctrico.

Ejemplos de realización de la invención se representan y explican a continuación mediante los dibujos. Muestran:

- 20 la figura 1, una configuración de conexión esquemática de un sistema de control en conexión con un motor eléctrico excitado de manera permanente trifásico,
- la figura 2, una configuración de conexión de un sistema de control de un motor eléctrico trifásico, que comprende un interruptor de frenado y un módulo de protección;
- la figura 3, una realización a modo de ejemplo del módulo VPM de protección;
- 25 la figura 4, una realización alternativa a modo de ejemplo del módulo VPM de protección;
- la figura 5, un diagrama de flujo para un procedimiento para controlar el sistema de control;
- la figura 6, un diagrama de señales, que muestra las corriente de fase con un control a través del sistema de control;
- la figura 7, otro diagrama de señales que ilustra que tanto las corrientes de fase como la tensión del circuito intermediario pueden limitarse a valores predeterminados.

- 30 La figura 2 muestra una configuración de conexión de un sistema de control de un motor 26 eléctrico. Para cada rama A, B y C está prevista en cada caso una disposición semipunte, es decir para la rama A el semipunte a partir de un conmutador T5 electrónico con un diodo D5 de circulación libre y un conmutador T6 electrónico con un diodo D6 de circulación libre, para la rama B el semipunte a partir de un conmutador T3 electrónico con un diodo D3 de circulación libre y un conmutador T4 electrónico con un diodo D4 de circulación libre y para una rama C el
- 35 semipunte a partir de un conmutador T1 electrónico con un diodo D1 de circulación libre y un conmutador T2 electrónico con un diodo D2 de circulación libre. El conmutador electrónico y el diodo de circulación libre correspondiente están conectados entre sí en cada caso en paralelo. Los conmutadores electrónicos T1 a T6 son en particular conmutadores semiconductores, por ejemplo transistores, Mosfet, tiristores, IGBT o similares.

Un módulo VPM de protección está unido con las ramas A, B y C.

- 40 En la figura 2 un control de motor (compárese con el control 34 de motor en la figura 1 con la descripción correspondiente) no está representado por separado. El control de motor controla las disposiciones semipunte, aplicándose en particular un potencial durante un tiempo predeterminado al semipunte respectivo.

- 45 Un circuito 28 intermediario une las disposiciones semipunte con una fuente E1 de tensión de alimentación del motor. El circuito 28 intermediario contiene un interruptor de frenado que comprende una conexión en serie a partir de un conmutador S1 electrónico, que en particular puede estar realizado como un IGBT, y un consumidor R1. Además, el circuito intermediario comprende un condensador C1, que está conectado en paralelo al interruptor de

frenado y en paralelo a las disposiciones semipunte.

Además en la figura 2 un diodo D7 está unido en el lado del ánodo con el polo positivo de la fuente E1 de tensión de alimentación del motor y en el lado del cátodo con una resistencia R2. El polo negativo de la fuente E1 de tensión de alimentación del motor y la conexión restante de la resistencia R2 se conectan en paralelo al condensador C1 o el interruptor de frenado y las disposiciones semipunte.

El módulo VPM de protección puede estar diseñado de diferentes maneras. Una posibilidad se representa en la figura 3. Un primer conmutador, en particular un conmutador 301 electrónico, por ejemplo un IGBT, se encuentra en paralelo a tres disposiciones semipunte adicionales, cuya derivación central está unida en cada caso con una rama del motor 26 eléctrico.

La rama A está unida con la disposición semipunte a partir de una conexión en serie de los dos diodos D1 y D4, estando unido el ánodo del diodo D1 con el cátodo del diodo D4 y con la rama A. Entre el cátodo del diodo D1 y el ánodo del diodo D4 se encuentra el primer conmutador 301. Las disposiciones semipunte para las ramas B y C están unidas de manera correspondiente con los diodos D2 y D5 (rama B) y D3 y D6 (rama C).

El conmutador 301 electrónico se controla preferiblemente (pero no obligatoriamente) mediante la unidad 46 de medición en caso de existir un fallo en la conexión, es decir por ejemplo si falla el convertidor. En tal caso se cierra el conmutador y así se recurre a un cortocircuito. Sin embargo, para que una corriente de cortocircuito no se vuelva demasiado grande y probablemente afecte al imán permanente del motor 26 eléctrico, vuelve a abrirse el conmutador 301 al alcanzar o superar una corriente de cortocircuito de magnitud predeterminada. Esto conduce a que a través de los diodos D1 a D6 de circulación libre (véase la figura 2) se cargue el condensador y así a que aumente la tensión en el circuito 28 intermediario. Si el circuito intermediario alcanza una tensión predeterminada o si la tensión en el circuito intermediario supera un valor umbral predeterminado, entonces esta tensión se reduce a través del interruptor de frenado.

Además se cierra el conmutador S1 electrónico en la figura 1, de modo que una corriente puede fluir a través de la resistencia R1. De este modo se convierte energía eléctrica en calor. Para reducir la alta tensión en el circuito intermediario, el conmutador S1 se cierra de manera pulsada y vuelve a abrirse con una duración de intervalo predeterminada, de modo que en este "modo de corte" la energía eléctrica sobrante se consume de manera iterativa.

Una forma de realización alternativa para el módulo VPM de protección se muestra en la figura 4. En este caso la rama A está unida con el ánodo de un diodo D10, la rama B con el ánodo de un diodo D9 y la rama C con el ánodo de un diodo D8. Los cátodos de los diodos D8 a D10 están unidos con un nodo 401, que a través de un conmutador S2 electrónico, en particular un IGBT, está unido a masa. La unidad 46 de medición, de manera similar a la descripción de la figura 3, proporciona señales, que pueden servir para el control del conmutador S2.

En relación con la conexión según la figura 2, los diodos D2 y D8, D4 y D9 y D6 y D10 representan a su vez en cada caso una disposición semipunte.

En particular, el hecho de alcanzar o sobrepasar las tensiones de fase en las ramas A, B y/o C conduce a la conexión del conmutador S2. En el nodo 401 se produce la medición de la corriente de fase. Al alcanzar/superar el valor umbral para la corriente de fase en el nodo 401 vuelve a abrirse el conmutador S2, así se cierra el módulo VPM de protección. La medición de corriente puede realizarse en las ramas A, B y/o C o fases individuales. Sin embargo también puede medirse y evaluarse la corriente que se acumula en el nodo 401.

Como se describió anteriormente, en particular de manera independiente a ello, se produce una supervisión de la tensión en el circuito intermediario.

El modo de funcionamiento del control se explica a continuación mediante el diagrama de flujo de la figura 5.

Partiendo de un caso 501 de fallo, por ejemplo la caída o la interrupción de la tensión de alimentación del motor, la avería del convertidor, la avería de una pieza en el convertidor, un cortocircuito en el motor o en el control de motor, la subida de la tensión en el circuito intermediario por encima de un valor umbral predeterminado o cualquier otro defecto, se conecta el módulo VPM de protección en una etapa 502. En una etapa 503 se produce una medición de la corriente de fase, dado el caso también de la tensión de fase. Alternativamente también puede medirse la corriente de fase de varias fases (tal como se representa y explica en la figura 4). En una etapa 504 se comprueba si la corriente de fase ha alcanzado un primer valor umbral o lo supera. En caso de que la corriente de fase se encuentre por debajo del primer valor umbral, se vuelve a la etapa 503, es decir se continúa la medición de la corriente de fase. En este caso se indica que en lugar de la corriente de fase siempre puede recurrirse también a la tensión de fase como base de la medición y de la conexión/desconexión del módulo de protección. Si la corriente de fase es mayor (igual) al primer valor umbral, se desconecta el módulo VPM de protección. La conexión o desconexión del módulo VPM de protección se realiza a través del conmutador 301 mostrado en la figura 3 o a través del conmutador S2 mostrado en la figura 4.

5 Como se mencionó, la desconexión del módulo VPM de protección (en la etapa 505) con un caso de fallo prolongado puede conducir no obstante a que el condensador C1 se cargue (véase la figura 2) o a que aumente la tensión en el circuito intermediario. Por tanto, en particular independientemente de la medición en el módulo VPM de protección, se mide la tensión en el circuito 28 intermediario en una etapa 506. En caso de que esta tensión supere un segundo valor umbral predeterminado (véase la etapa 507), se activa el interruptor de frenado en una etapa 508. En caso contrario, se vuelve a la etapa 506.

10 El modo de funcionamiento se ilustra en el diagrama de señales de la figura 6. Entre 60 ns y 61 ns se conecta el módulo VPM de protección (instante 601). La corriente aumenta hasta aproximadamente 400 A, a continuación se desconecta el módulo VPM de protección (instante 602). Ahora se carga el circuito intermediario. Si se alcanza un valor límite para la tensión en el circuito intermediario, el interruptor de frenado reduce la tensión en el circuito intermediario. Si la tensión de fase o la corriente de fase vuelven a ser demasiado elevadas, es decir, al alcanzar o superar el valor umbral predeterminado para ello), el módulo VPM de protección vuelve a conectarse.

15 En la figura 7 se muestra, que tanto las corrientes de motor como la tensión del circuito intermediario pueden limitarse a valores preseleccionados. Así el desarrollo 701 de la curva muestra una limitación de la tensión del circuito intermediario de manera correspondiente a la representación de la figura 6. Los dos desarrollos 702 y 703 de la curva muestran corrientes de fase que se limitan en las zonas 704 y 705.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de control para un motor (26) eléctrico excitado de manera permanente con al menos una rama (20, 22, 24; A, B, C), que comprende :
 - una primera disposición (14, 16, 18) semipunte para cada rama (20, 22, 24; A, B, C) del motor (26) eléctrico;
- 5 - un circuito (28) intermediario, que une la disposición (14, 16, 18) semipunte con una fuente (E1) de tensión de alimentación del motor;
 - un control (34) de motor para controlar la disposición (14, 16, 18) semipunte, pudiendo aplicar mediante el control (34) de motor a la rama (20, 22, 24; A, B, C) respectiva del motor (26) eléctrico, asociada a la disposición (14, 16, 18) semipunte un potencial de polaridad predeterminada durante un tiempo predeterminado;
- 10 - un módulo (VPM) de protección, que está unido con la al menos una rama (A, B, C) del motor (26) eléctrico, que comprende un primer conmutador (301, S2) mediante el que puede cortocircuitarse la al menos una rama (20, 22, 24; A, B, C) del motor (26) eléctrico,
 - caracterizado porque el circuito (28) intermediario comprende un interruptor (S1, R1) de frenado y
 - pudiendo desconectar el primer conmutador (301; S2) al superar al menos una primera corriente de fase predeterminada.
- 15 2. Sistema de control según la reivindicación 1, en el que en caso de fallo puede conectarse el primer conmutador (301).
3. Sistema de control según la reivindicación 1 ó 2, en el que al superar un segundo valor umbral predeterminado de una tensión en el circuito intermediario puede reducirse esta tensión a través del interruptor de frenado.
- 20 4. Sistema de control según una de las reivindicaciones anteriores, en el que está previsto una unidad (46) de medición, mediante la que pueden determinarse los valores de medición actuales para determinar que se alcanza el primer y/o el segundo valor umbral.
5. Sistema de control según la reivindicación 4, en el que mediante la unidad (46) de medición puede detectarse un caso de fallo.
- 25 6. Sistema de control según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el interruptor de frenado comprende un segundo conmutador (S1) y un consumidor (R1).
7. Sistema de control según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer y/o el segundo conmutador es un conmutador electrónico y comprende al menos uno de los siguientes elementos constructivos:
 - un conmutador semiconductor;
- 30 - un tiristor;
- un IGBT;
- un transistor.
8. Sistema de control según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer conmutador (301) está realizado paralelo a una segunda disposición (D31, D34; D32, D35; D33, D36) semipunte.
- 35 9. Sistema de control según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el caso de fallo comprende al menos uno de los siguientes casos:
 - una caída o una interrupción de la tensión de alimentación del motor;
 - un fallo de cortocircuito, en particular en la zona del motor;
 - una subida de una tensión en el circuito intermediario por encima de un valor límite predeterminado;
- 40 - fallos en la zona de la primera o segunda disposición semipunte.
10. Procedimiento para controlar el sistema de control según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende las etapas siguientes:
 - en un caso de fallo se conecta adicionalmente el módulo (VPM) de protección mediante el primer conmutador (301, S2);

- se mide una corriente de fase en la al menos una rama (A, B, C);
 - si la corriente de fase supera el primer valor umbral predeterminado, entonces se desconecta el primer conmutador (301, S2);
 - si la tensión en el circuito (28) intermediario alcanza un segundo valor umbral, entonces se reduce esta tensión por medio del interruptor (S1, R1) de frenado.
- 5

FIG 1 ESTADO DE LA TÉCNICA

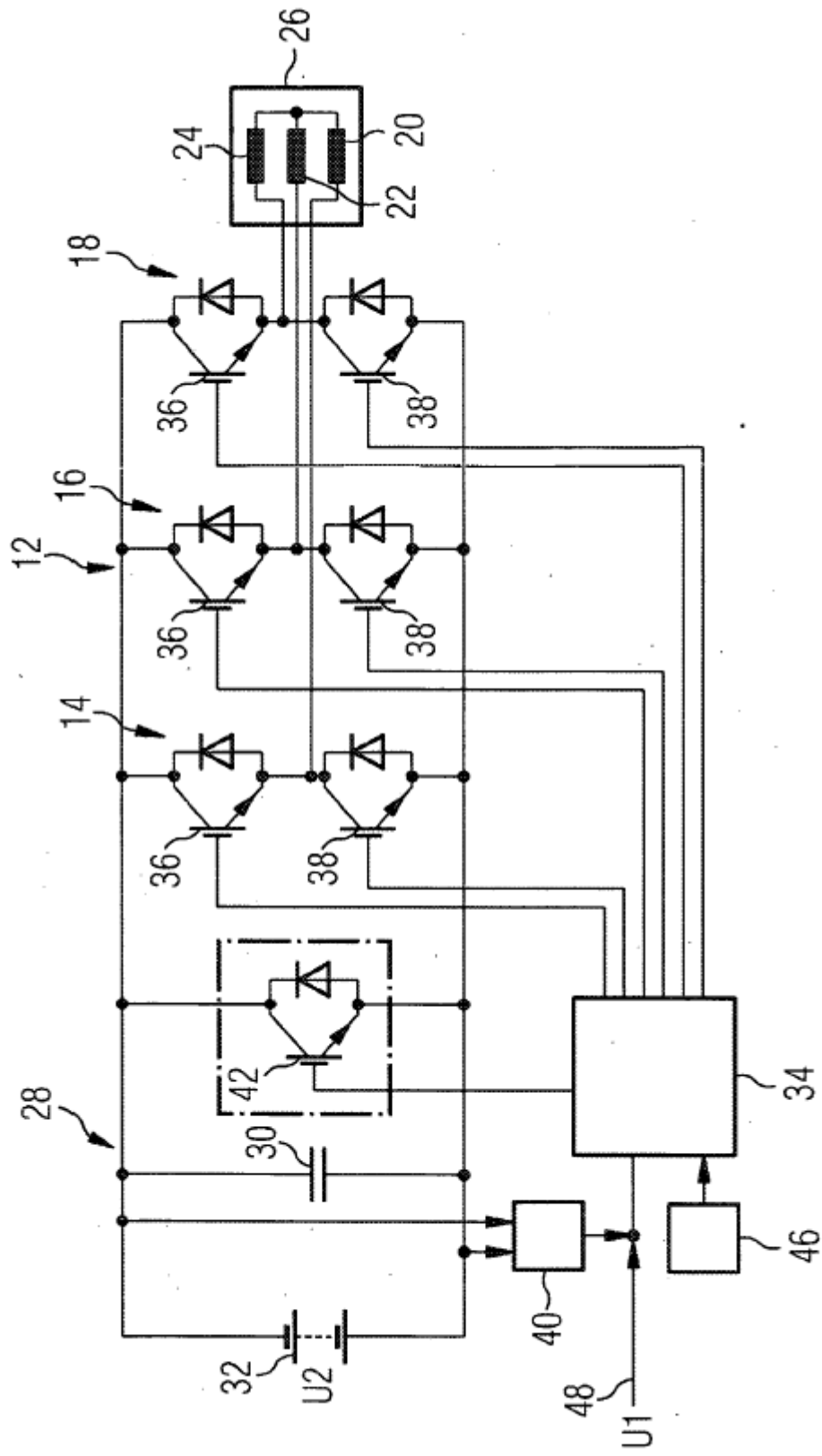


FIG 2

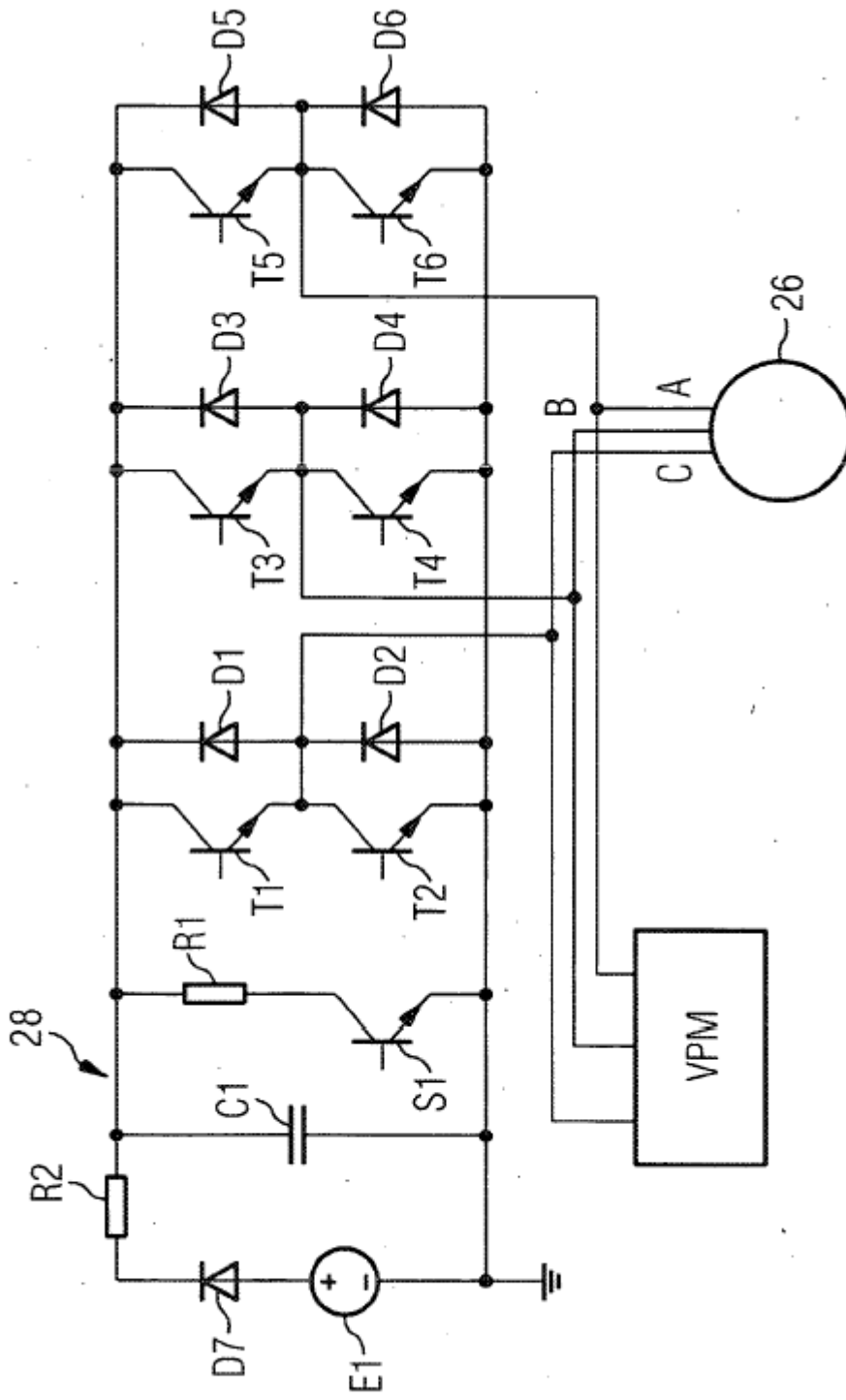


FIG 3

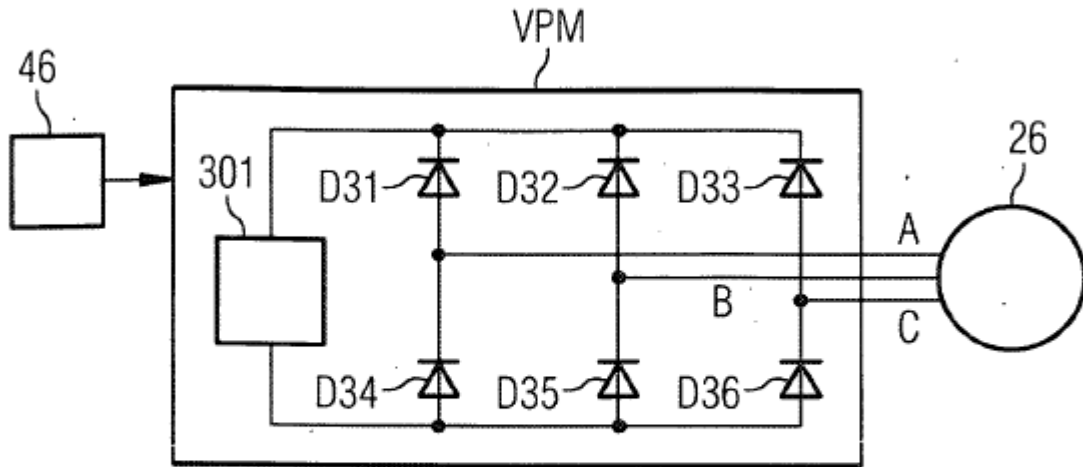


FIG 4

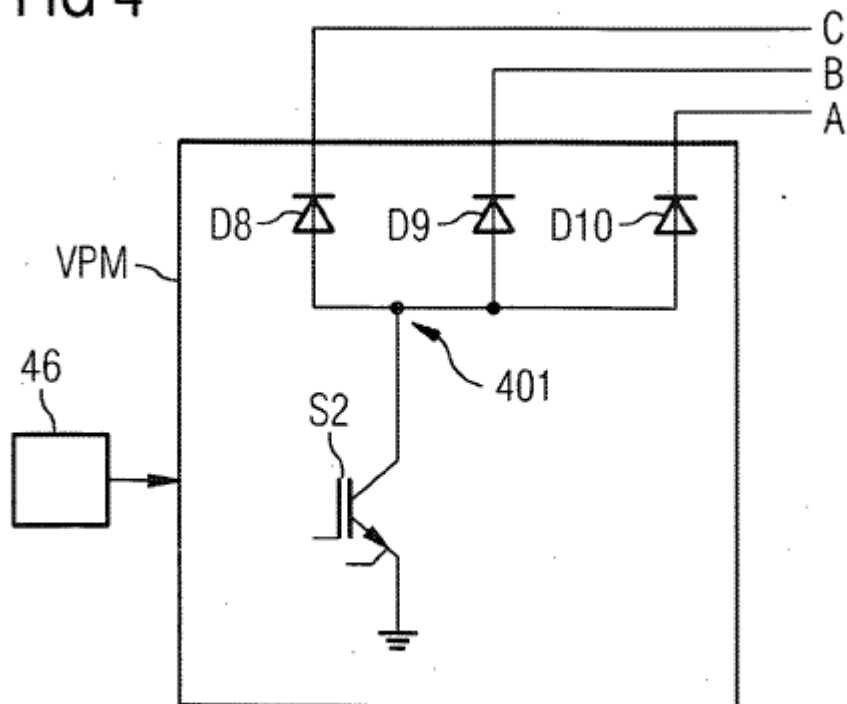


FIG 5

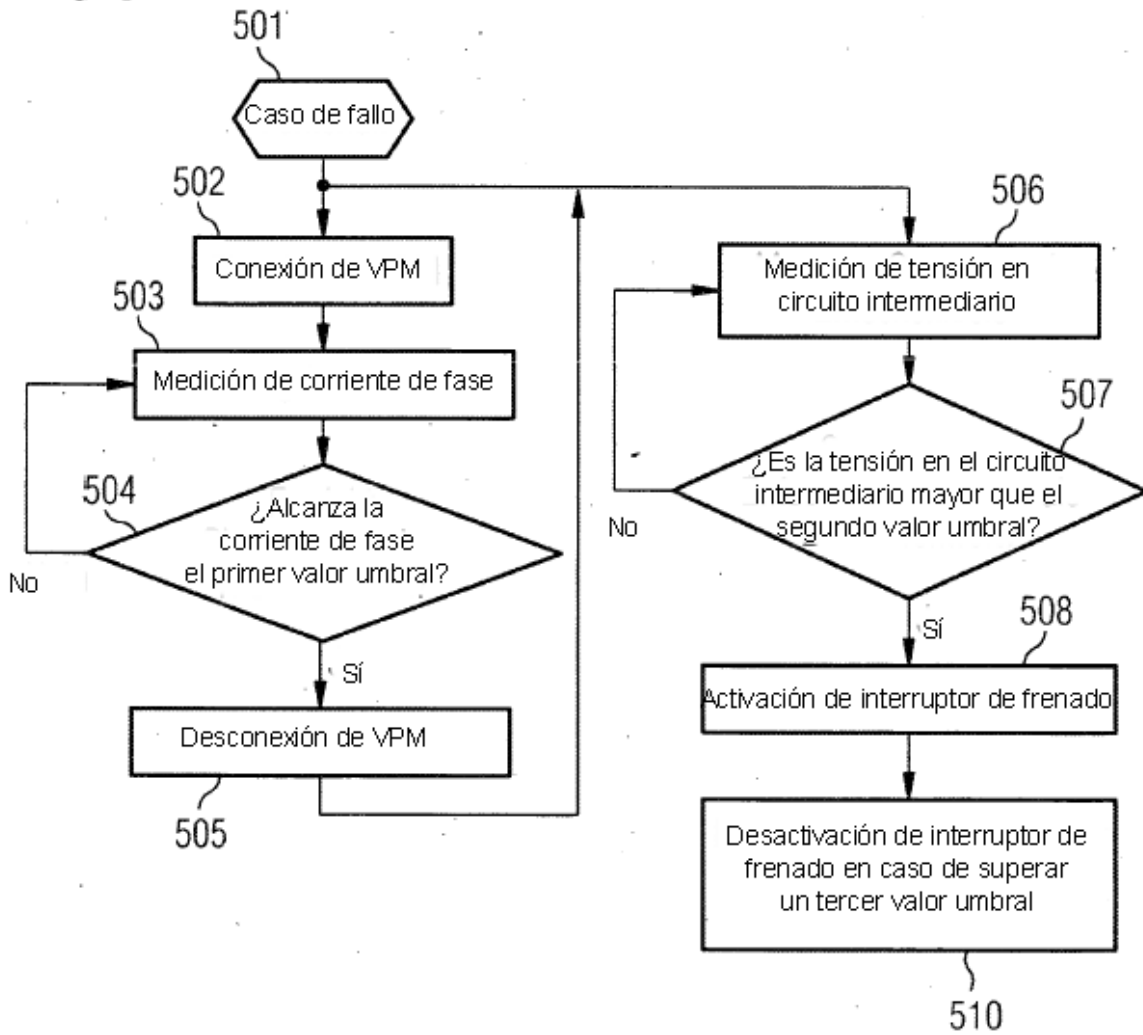


FIG 6

