

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 951 982**

51 Int. Cl.:

H02H 3/08 (2006.01)
H02H 3/44 (2006.01)
H02H 7/00 (2006.01)
H02H 7/122 (2006.01)
H02H 7/22 (2006.01)
H02H 3/05 (2006.01)
H02H 7/08 (2006.01)
H02H 7/085 (2006.01)
H02P 29/024 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.02.2020 PCT/EP2020/054538**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **27.08.2020 WO20169765**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.02.2020 E 20704925 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.07.2023 EP 3928425**

54 Título: **Método y aparato para controlar una alimentación de potencia a un motor eléctrico**

30 Prioridad:

22.02.2019 EP 19158869

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.10.2023

73 Titular/es:

**FUTURE SYSTEMS BESITZ GMBH (100.0%)
Mönchrödener Str. 10
96472 Rödental, DE**

72 Inventor/es:

**ZIMMERMANN, CHRISTIAN y
FÖRST, BERNHARD**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 951 982 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método y aparato para controlar una alimentación de potencia a un motor eléctrico

- 5 La invención se refiere a un aparato de control de motor para controlar una alimentación de potencia a un motor eléctrico de CA multifásica.

10 El documento DE 11 2014 006 358 T5 describe un circuito de conversión de potencia que comprende varios circuitos de control de puerta para controlar interruptores de semiconductores. Una salida de una inductividad proporciona una señal de medición de tensión para un circuito amplificador diferencial y un comparador. La señal de medición incluye una caída de tensión a lo largo de una bobina.

15 El documento US 2009/0310270 A1 describe un sistema de protección contra cortocircuitos de respuesta rápida con reinicio automático para usar en un circuito alimentado por una potencia de CC proporcionada por una batería.

El documento US 2005/0286181 A1 describe un aparato de alimentación de potencia que puede detectar una anomalía en una corriente eléctrica que fluye en un circuito excitador.

20 La mayoría de motores eléctricos funcionan a través de la interacción entre el campo magnético del motor y una corriente eléctrica en un bobinado de alambre para generar una fuerza mecánica en forma de rotación de un eje. En general, los motores eléctricos pueden alimentarse mediante fuentes de corriente continua tales como baterías o rectificadores o mediante fuentes de corriente alterna tales como una red eléctrica, un inversor o un generador eléctrico. Hay diferentes tipos de motores eléctricos, en particular motores asíncronos y motores síncronos. Las cargas, en particular los motores eléctricos, conectadas a un sistema de alimentación de potencia requieren protección contra sobrecarga y/o sobrecorriente. En un sistema eléctrico, se puede producir una situación en la que fluya una sobrecorriente a través de un conductor eléctrico, lo que conduce a una generación excesiva de calor y daña el equipo eléctrico o la carga. Puede haber muchas causas diferentes para causar una sobrecorriente, incluyendo los cortocircuitos, un diseño de circuito incorrecto o fallos en la puesta a tierra. Además, existe una diversidad de dispositivos convencionales de protección contra sobrecorriente, tales como fusibles, disyuntores electromecánicos o interruptores de potencia de estado sólido. Los fusibles se funden cuando se produce una sobrecorriente, lo que interrumpe por tanto la corriente eléctrica y, en consecuencia, protege la carga conectada. Sin embargo, los fusibles se funden solo a amplitudes de corriente relativamente altas, de modo que se puede transferir mucha energía eléctrica a la carga conectada, tal como un motor eléctrico, antes de que se funda el fusible. Esto aumenta el riesgo de dañar los componentes del motor eléctrico conectado. Además, después de que se haya eliminado la causa de la sobrecorriente, es necesario reemplazar el fusible afectado.

40 Un motor eléctrico puede comprender una potencia nominal. En ingeniería eléctrica, la potencia nominal de un equipo es la entrada de potencia más alta que se permite fluir a través del equipo respectivo. La protección contra sobrecorriente protege el equipo eléctrico contra corrientes excesivas o corrientes superiores a las corrientes nominales aceptables, que pueden provenir de cortocircuitos, fallos de puesta a tierra y condiciones de sobrecarga. En contraste, la protección contra sobrecarga protege frente a una situación donde la corriente de sobrecarga provoca el sobrecalentamiento del equipo eléctrico protegido.

45 Se puede usar un relé de sobrecorriente como protección contra sobrecarga (térmica) para proteger las cargas resistivas. Sin embargo, para cargas de motor, el relé de sobrecorriente no puede servir como protección contra sobrecarga. Los relés de sobrecarga normalmente tienen un ajuste de tiempo más largo que los relés de sobrecorriente.

50 Los dispositivos de protección eléctrica pueden emplear sensores de corriente para medir una corriente eléctrica que fluye hacia la carga conectada para detectar una situación crítica y activar automáticamente un interruptor electrónico o electromecánico en caso de que surja una situación crítica. Un elemento de medición de corriente, tal como un sensor Hall, puede medir la corriente eléctrica y suministrar los valores de medición a un controlador o lógica de control que puede desconectar el componente interruptor en caso de que la corriente medida supere un valor umbral predeterminado. Los sensores de protección convencionales usan interruptores de semiconductores tales como MOSFET para proteger las cargas conectadas contra sobrecorrientes. Con el aumento de las corrientes eléctricas que fluyen a través del interruptor de semiconductores conectado, la caída de tensión a lo largo del interruptor de semiconductores también aumenta, de modo que se produce una mayor pérdida de potencia en el interruptor de semiconductores. El aumento de la pérdida de potencia puede provocar daños e incluso la destrucción del interruptor de semiconductores y/o los componentes electrónicos dentro del motor eléctrico conectado. Por lo tanto, los circuitos de protección convencionales evalúan la caída de tensión a lo largo de su interruptor de semiconductores y pueden desconectar el interruptor de semiconductores tan pronto como la caída de tensión supere un valor umbral. Sin embargo, este mecanismo de desconexión convencional entra en funcionamiento sólo después de que la corriente eléctrica ya haya alcanzado una gran amplitud después de un período de desconexión relativamente largo. Estos circuitos de protección convencionales funcionan comparativamente lentos y requieren un alto nivel de corriente para activar el respectivo componente interruptor.

Un motor eléctrico recibe potencia eléctrica de un sistema de alimentación de tensión y la convierte en potencia mecánica, es decir, en velocidad y par motor. Si un motor eléctrico funcionara sin pérdidas, la potencia mecánica de salida correspondería a la potencia eléctrica de entrada. Además, los motores eléctricos pueden tener corrientes eléctricas de irrupción que exceden las corrientes operativas. En consecuencia, a menudo es necesario controlar la potencia eléctrica suministrada al motor eléctrico conectado para reducir temporalmente el pico de corriente eléctrica del equipo eléctrico durante el arranque del motor eléctrico. Esto reduce la tensión mecánica en el motor eléctrico y el eje, así como las tensiones electrodinámicas en los cables de alimentación conectados y las redes de distribución eléctrica, lo que prolonga la vida útil del sistema afectado.

Por consiguiente, un objetivo de la presente invención es proporcionar un aparato que esté adaptado para controlar una alimentación de potencia a un motor eléctrico y que proteja eficientemente el motor eléctrico conectado.

Este objetivo se logra mediante un aparato de control de motor que comprende las características de la reivindicación 1.

Las realizaciones del aparato de control de motor se definen en las reivindicaciones 2 a 25.

La invención proporciona, además, de acuerdo con un aspecto adicional, un sistema de automatización que comprende las características de la reivindicación 26.

A continuación, se describen en detalle posibles realizaciones de los diferentes aspectos de la presente invención con respecto a las figuras adjuntas.

La Fig. 1 muestra un diagrama de bloques de una posible realización ilustrativa de un aparato de control de motor de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención;

la Fig. 2 muestra un diagrama de bloques de una posible realización ilustrativa de un aparato de control de motor de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención;

la Fig. 3 muestra un diagrama de estado para ilustrar una posible implementación ilustrativa de un aparato de control de motor de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención;

la Fig. 4 muestra un diagrama de flujo para ilustrar una posible realización ilustrativa de un aparato de control de motor de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención;

la Fig. 5 ilustra esquemáticamente posibles características de funcionamiento de un motor eléctrico conectado a un aparato de control de motor de acuerdo con la presente invención;

las Figs. 6, 7 muestran características de funcionamiento de motor ilustrativas para ilustrar el funcionamiento de un aparato de control de motor de acuerdo con la presente invención;

la Fig. 8 muestra un diagrama de flujo para ilustrar el control de una alimentación de potencia a un motor eléctrico mediante un aparato de control de motor según la presente invención;

la Fig. 9 muestra un diagrama de circuito de una posible realización ilustrativa de un circuito de protección contra sobrecorriente que puede usarse en un aparato de control de motor de acuerdo con la presente invención;

la Fig. 10 muestra un diagrama de circuito para ilustrar una implementación ilustrativa de un circuito excitador usado en un aparato de control de motor de acuerdo con la presente invención;

la Fig. 11 muestra esquemáticamente diferentes posibles mecanismos redundantes de protección y medición empleados por un método y aparato de acuerdo con la presente invención.

Como se puede observar a partir del diagrama de bloques de la Fig. 1, un aparato de control de motor 1 de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención puede comprender varios circuitos principales que incluyen un circuito 1A de protección contra sobrecorriente, un circuito de protección contra sobrecarga 1B y un circuito de control de alimentación de potencia 1C. El aparato de control de motor 1 se puede proporcionar entre una red de alimentación de potencia PSN y un motor eléctrico como carga, según se ilustra en la Fig. 1. La motor eléctrico M está conectado a un terminal de salida 3 del aparato de control de motor 1. En una posible realización, el aparato de control de motor 1 comprende un circuito 1A de protección contra sobrecorriente y un circuito de control de alimentación de potencia 1C. En otra posible realización adicional, el aparato de control de motor 1 comprende un circuito 1A de protección contra sobrecorriente, un circuito de protección contra sobrecarga 1B y un circuito de control de alimentación de potencia 1C, como se muestra en la Fig. 1 y la Fig. 2.

La Fig. 2 muestra una posible realización de un aparato de control de motor 1 que incluye un circuito 1A de protección

contra sobrecorriente, un circuito de protección contra sobrecarga 1B y un circuito de control de alimentación de potencia 1C. El circuito 1A de protección contra sobrecorriente tiene un terminal de entrada 2 para recibir potencia eléctrica de la red de alimentación de potencia PSN mostrada en la Fig. 1. El aparato de control de motor 1 comprende además un terminal de salida 3 usado para conectar un motor eléctrico M al aparato de control de motor 1. Como se puede observar en la Fig. 2, un componente sensor 4 está conectado en serie con un interruptor de potencia 5. El componente sensor 4 está adaptado para generar directamente una caída de tensión ΔU_4 correspondiente a una velocidad de aumento de la corriente de carga eléctrica I_L que fluye desde el terminal de entrada 2 del aparato de control de motor 1, a través del componente sensor 4 y del interruptor de potencia 5, hasta el terminal de salida 3 del aparato de control de motor 1. El circuito 1A de protección contra sobrecorriente (OCPC) incluye el interruptor de potencia 5, a través del cual el motor eléctrico M recibe la corriente I_L de carga eléctrica, y el componente sensor 4 conectado en serie con el interruptor de potencia 5. En una posible realización, el componente sensor 4 del circuito 1A de protección contra sobrecorriente comprende una bobina que está adaptada para generar una caída de tensión de inducción ΔU_4 que depende de la velocidad de aumento de la corriente de carga I_L que fluye a través del componente sensor 4 del circuito 1A de protección contra sobrecorriente. El circuito 1A de protección contra sobrecorriente comprende además un circuito excitador 6 como se muestra en el diagrama de bloques de la Fig. 2. El circuito excitador 6 está adaptado para detectar una sobrecorriente que se produzca dependiendo de la caída de tensión ΔU_4 generada por el componente sensor 4 y una caída de tensión ΔU_5 a lo largo del interruptor de potencia 5. La caída de tensión ΔU_4 generada por el componente sensor 4 y la caída de tensión ΔU_5 a lo largo del interruptor de potencia 5 se aplican al circuito excitador 6 como una tensión sumada $U_{\Sigma} = \Delta U_4 + \Delta U_5$. El circuito excitador 6 predeterminado está adaptado para desconectar el interruptor de potencia 5 tras la detección de una sobrecorriente con un período de desconexión de menos de un milisegundo. En una realización preferida, el período de desconexión es inferior a 5 microsegundos. La caída de tensión ΔU_5 no lineal en el interruptor de potencia 5 se usa como un valor representativo de la corriente momentánea en la tensión sumada U_{Σ} . De acuerdo con la presente invención, la caída de tensión ΔU_5 en el interruptor de potencia 5 no es lineal. En un ejemplo que no está de acuerdo con la presente invención, la caída de tensión ΔU_5 también puede ser lineal.

La desconexión protegida responde a una combinación tanto del valor de la corriente como del valor de la tasa de cambio de la corriente.

El aparato de control de motor 1 de acuerdo con la presente invención comprende además, en la realización ilustrada en la Fig. 2, un circuito de control de alimentación de potencia 1C (PSCC). El circuito de control de alimentación de potencia 1C comprende al menos un componente sensor 9 adaptado para medir en el terminal de entrada 2 del aparato de control de motor 1 una tensión V_{in} de alimentación notificada a una unidad de control 8 del aparato de control de motor 1. La unidad de control 8 está adaptada para controlar la potencia eléctrica suministrada al motor eléctrico M dependiendo de un modo de funcionamiento del motor eléctrico M. En la realización ilustrada en la Fig. 2, el circuito de control de alimentación de potencia 1C tiene un componente sensor 9 formado por un divisor de tensión adaptado para suministrar una fracción de la tensión V_{in} de alimentación, en el terminal de entrada 2 del aparato de control de motor 1, a la unidad de control 8 del aparato de control de motor 1 para proporcionar un perfil de tensión de alimentación a lo largo del tiempo.

Además, en la realización de la Fig. 2, el aparato de control de motor 1 también comprende un circuito de protección contra sobrecarga 1B (OLPC) que tiene un componente sensor 7 adaptado para medir continuamente la corriente I_L de carga que fluye hasta el terminal de salida 3. La corriente I_L de carga medida es notificada por el componente sensor 7 a la unidad de control 8 del aparato de control de motor 1, que está adaptado para determinar un estado de sobrecarga del motor eléctrico M basándose en el perfil de corriente de carga medido. El componente sensor 7 también puede proporcionar mediciones al circuito excitador 6 para la detección de fallos. La unidad de control 8 del aparato de control de motor 1 está adaptada además para controlar el circuito excitador 6 para desconectar el interruptor de potencia 5 automáticamente si la unidad de control 8 ha determinado un estado de sobrecarga del motor eléctrico M. Como se puede observar en la Fig. 2, el componente sensor 7 del circuito de protección contra sobrecarga 1B y el componente sensor 9 del circuito de control de alimentación de potencia 1C están ambos conectados a unos correspondientes convertidores analógico-digital 10, 11. Los convertidores analógico-digital 10, 11 están adaptados para convertir el perfil analógico medido de corriente de carga recibido desde el componente sensor 7 y el perfil medido de tensión de alimentación, medido por el componente sensor 9, en valores de medición correspondientes (muestras). Los convertidores analógico-digital 10, 11 también pueden formar parte de un procesador 8A de la unidad de control 8. La frecuencia de muestreo puede ser, por ejemplo, de 4 kHz. La resolución puede comprender 12 o más bits. Los valores de medición proporcionados por los convertidores analógico-digital 10, 11 se almacenan como muestras de datos, en una memoria de datos de la unidad de control 8, como datos de perfil de corriente de carga y como datos de perfil de tensión de alimentación. En la realización ilustrada en la Fig. 2, la unidad de control 8 comprende un procesador o circuito FPGA 8A y una memoria de datos 8B para almacenar sobre la marcha, durante el funcionamiento, datos de perfil de corriente de carga y datos de perfil de tensión de alimentación. La unidad de control 8 puede comprender además una memoria 8C para almacenar diferentes características de funcionamiento del motor, es decir, características de funcionamiento para diferentes parámetros de funcionamiento y/o para diferentes tipos del motor M. En la realización mostrada en la Fig. 2, el componente sensor 7 comprende un sensor Hall. Son posibles otros componentes de medición de corriente, p. ej., un sensor GMR, una resistencia de derivación o un transformador.

La unidad de control 8 que tiene un procesador o FPGA 8A está adaptada para controlar la alimentación de potencia

eléctrica a la carga eléctrica conectada al terminal de salida 3 del aparato de control de motor 1 dependiendo de un tipo y/o modo de funcionamiento de la carga eléctrica y basándose en el perfil de corriente de carga medido por el componente sensor 7 del circuito de protección contra sobrecarga 1B y basándose en el perfil de tensión de alimentación medido por al menos un componente sensor 9 del circuito de control de alimentación de potencia 1C en el terminal de entrada 2 del aparato de control de motor 1. En una posible realización, el componente sensor 7 del circuito de protección contra sobrecarga 1B comprende un sensor Hall adaptado para medir continuamente la corriente I_L de carga que fluye hacia el terminal de salida 3 del aparato de control de motor 1 para proporcionar el perfil de corriente de carga. También se puede usar un transformador o una resistencia para proporcionar mediciones de corriente.

La alimentación de corriente de la unidad de control 8 puede ser proporcionado ya sea por una unidad integrada de alimentación de potencia que genera una tensión interna de alimentación de potencia a partir de la tensión V_{in} o V_{ra} de alimentación recibida a través de una interfaz de alimentación de potencia de CC del aparato de control de motor 1.

En una posible realización, el procesador o FPGA 8A de la unidad de control 8 está adaptado para calcular un factor de potencia $\cos\phi$ basándose en los datos del perfil de corriente de carga y los datos de perfil de tensión de alimentación almacenados en la memoria de datos 8B de la unidad de control 8. Los datos de perfil pueden almacenarse, durante una ventana de tiempo móvil predeterminada, en la memoria de datos 8B. El firmware del procesador puede programarse para diferentes casos de uso. Por ejemplo, se puede programar la protección contra sobrecarga proporcionada por el circuito de protección contra sobrecarga 1B. En contraste, la protección contra sobrecorriente proporcionada por el circuito 1A de protección contra sobrecorriente está predeterminada y es muy rápida ya que no implica al procesador 8A de la unidad de control 8.

El motor eléctrico M conectado al terminal de salida 3 puede comprender diferentes modos de funcionamiento. La Fig. 3 muestra un diagrama de estado para ilustrar los diferentes modos de funcionamiento posibles del motor eléctrico M conectado al terminal de salida 3 del aparato de control de motor 1. En el ejemplo ilustrado, el motor eléctrico M conectado comprende un modo de funcionamiento inactivo (modo 0), un modo de funcionamiento de arranque (modo 1), un modo de funcionamiento a régimen (modo 2) y un modo de funcionamiento de parada (modo 3). En el modo de funcionamiento inactivo (modo 0), el motor eléctrico M está desconectado y la velocidad de rotación del motor eléctrico M es cero. En respuesta a un comando de conexión, se lleva a cabo una transición desde el modo de funcionamiento inactivo al modo de funcionamiento de arranque (modo 1). En el modo de funcionamiento de arranque, se arranca el motor eléctrico M y se aumenta la velocidad de rotación del motor eléctrico M. En el modo de funcionamiento a régimen (modo 2) del motor M, la velocidad de rotación del motor eléctrico M se mantiene constante. Además, en un modo de funcionamiento de parada (modo 3), se para el motor eléctrico M y se reduce la velocidad de rotación del motor eléctrico M. En respuesta a un comando de desconexión, ya sea en el modo de funcionamiento de arranque o en el modo de funcionamiento a régimen, la unidad de control 8 pasa a un modo de funcionamiento de parada hasta que la velocidad de rotación del motor eléctrico M llega a ser cero.

El procesador o FPGA 8A de la unidad de control 8 está adaptado para determinar el modo de funcionamiento y/o un estado de funcionamiento específico del motor eléctrico M conectado procesando los datos de perfil de corriente de carga y/o los datos de perfil de tensión de alimentación disponibles en la memoria de datos 8B de la unidad de control 8.

Como también se ilustra en el diagrama de estado de la Fig. 3, la unidad de control 8 está adaptada para controlar el circuito excitador 6 del aparato de control de motor 1 al recibir un comando CMD de control, por lo que el interruptor de potencia 5 se conecta o desconecta de acuerdo con el comando CMD de control recibido. En una posible realización, la unidad de control 8 del aparato de control de motor 1 está adaptada para recibir el comando CMD de control desde una interfaz de usuario 15 o de datos del aparato de control de motor 1. En la realización ilustrativa mostrada en la Fig. 2, el aparato de control de motor 1 comprende una interfaz 12 de entrada y una interfaz de salida 13 que forman parte de una interfaz 15. En una realización alternativa, la unidad de control 8 del aparato de control de motor 1 también puede recibir un comando de control desde un ordenador conectado al aparato de control de motor 1 o desde un control de programa almacenado de un sistema de automatización. Una interfaz de usuario 15 puede integrarse ya sea en la carcasa del aparato 1 o conectarse a través de la interfaz de datos proporcionada en la caja del aparato 1.

En una posible realización, la unidad de control 8 del aparato de control de motor 1 está adaptada para derivar, basándose en al menos un parámetro de funcionamiento del motor eléctrico conectado y en los datos de perfil almacenados en la memoria de datos 8B, un correspondiente perfil de temperatura de los componentes del motor eléctrico M y/o de los componentes del propio aparato de control de motor 1, y está además adaptada para controlar el circuito excitador 6 para desconectar el interruptor de potencia 5 si se ha detectado una desviación con respecto a un intervalo de temperatura predeterminado. El interruptor de potencia 5 del aparato de control de motor 1, en una posible realización, también puede conectarse después de un período de espera configurable y/o después de eliminar con éxito una causa de desconexión y/o si se cumplen otras condiciones de conexión predeterminadas. El interruptor de potencia 5 puede comprender diferentes tipos de dispositivos de estado sólido que incluyen un IGBT o un MOSFET de potencia. El MOSFET de potencia puede comprender un MOSFET de SiC, un MOSFET de GaN o un MOSFET de

ScAIN. El motor eléctrico M conectado tal como se muestra en la Figura 2 puede comprender, en una posible realización, un motor multifásico que recibe a través del aparato de control de motor 1 varias fases L de corriente eléctrica tales como las corrientes I_L de carga de funcionamiento. En una posible implementación, el aparato de control de motor 1 comprende para cada fase L de corriente eléctrica un circuito 1A de protección contra sobrecorriente, un
 5 circuito de control de alimentación de potencia 1C y un circuito de protección contra sobrecarga 1B. En una posible realización, el motor eléctrico M puede comprender un motor eléctrico trifásico M. El motor eléctrico trifásico M puede comprender un motor de inducción trifásico, es decir, un motor asíncrono. El motor de inducción utiliza corriente eléctrica entregada en tres fases L en secuencia a las bobinas de un estátor para crear un campo magnético giratorio. Este campo magnético induce un campo eléctrico en una bobina o jaula de ardilla para accionar un rotor del motor M
 10 de inducción. La diferencia de velocidad entre el rotor, es decir, la velocidad sincrónica, y el campo magnético giratorio también se denomina deslizamiento. Un sistema de bobinado trifásico simétrico del estátor del motor de inducción M está conectado a una red trifásica de alimentación de potencia PSN con la tensión y la frecuencia apropiadas. En cada una de las tres fases L del bobinado pueden fluir corrientes sinusoidales de la misma amplitud. Cada una de las corrientes eléctricas está decaída temporalmente 120° con las otras. Dado que las fases L también están decaídas
 15 espacialmente 120° , el estátor del motor eléctrico M crea un campo magnético que gira con la frecuencia de la tensión aplicada. El campo magnético giratorio induce una tensión eléctrica en el bobinado del rotor o en las barras del rotor. Las corrientes de cortocircuito pueden fluir debido a que el bobinado está cortocircuitado por un anillo. Junto con el campo magnético giratorio, estas corrientes eléctricas crean fuerzas mecánicas y producen un par motor sobre el radio del rotor que puede acelerar la velocidad del rotor en la dirección del campo giratorio.

En el motor de inducción, la frecuencia de la tensión generada en el rotor del motor eléctrico M cae a medida que aumenta la velocidad del rotor. Esto se debe a que la diferencia entre la velocidad del campo giratorio y la velocidad del rotor se vuelve más pequeña. Si el rotor del motor eléctrico M girara a la misma velocidad que el campo magnético giratorio, giraría sincrónicamente y no se induciría tensión y, como resultado, el motor eléctrico M no podría desarrollar
 20 ningún par motor. Sin embargo, el par de carga y los pares de fricción en los cojinetes conducen a una diferencia entre la velocidad del rotor y la velocidad del campo magnético giratorio y esto da como resultado un equilibrio entre el par de aceleración y el par de carga. Como consecuencia, el motor eléctrico de inducción funciona de forma asíncrona y también se denomina motor asíncrono.

30 En una posible realización, se proporciona el aparato de control de motor 1 para un motor M de inducción asíncrono conectado al terminal de salida 3 del aparato de control de motor 1.

El aparato de control de motor 1 de acuerdo con la presente invención, como se ilustra en las Figs. 1, 2, también se puede proporcionar para otros tipos de motores eléctricos, en particular, también para un motor síncrono. En un motor
 35 síncrono, el campo magnético giratorio del estátor está sincronizado con el campo magnético del rotor.

El aparato de control de motor 1 de acuerdo con la presente invención también se puede utilizar para motores de CC o motores de CA con condensadores.

40 Como también se ilustra en la realización mostrada en la Fig. 9, para cada fase L de corriente eléctrica o para cada dirección de corriente de CC se proporciona un primer interruptor de potencia 5-1 para una semionda de corriente positiva de una corriente de CA o para una corriente positiva de CC. Además, se puede proporcionar un segundo interruptor de potencia 5-2 para una semionda de corriente negativa de una corriente de CA o para una corriente
 45 negativa de CC. Los interruptores de potencia 5 se pueden conectar, a través de circuitos rectificadores de medio puente o de puente completo, con los correspondientes circuitos driver 6 del aparato de control de motor 1. Como se ilustra en la Fig. 10, el circuito excitador 6 comprende un lado de baja tensión conectado a la unidad de control 8 y un lado de alta tensión conectado al interruptor de potencia 5. En una realización preferida, el lado de baja tensión y el lado de alta tensión del circuito excitador 6 están separados galvánicamente entre sí.

50 En una posible realización del aparato de control de motor 1 de acuerdo con la presente invención, un procesador 8A o una FPGA 8A de la unidad de control 8 están adaptados para realizar un control de ángulo de fase y/o para aplicar un patrón de interrupción predefinido al interruptor de potencia 5 a través del circuito excitador 6 en función del factor $\cos\phi$ de potencia calculado y un modo de funcionamiento de corriente del motor eléctrico M conectado al aparato de control de motor 1. Para este fin, el procesador o FPGA 8A de la unidad de control 8 tiene acceso a al menos una
 55 característica de funcionamiento de motor del motor eléctrico M que indica, para los parámetros de funcionamiento, al menos una zona de funcionamiento admisible, al menos una zona de funcionamiento crítica y/o al menos una zona de funcionamiento inadmisibles.

60 La Fig. 5 muestra esquemáticamente una característica de funcionamiento de motor para un motor eléctrico M para proporcionar protección. Las diferentes zonas de la característica de funcionamiento de motor pueden definirse por al menos dos parámetros P_A , P_B de funcionamiento como se muestra en la Fig. 5.

Las Figs. 6, 7 muestran ejemplos de una característica de funcionamiento de motor que puede almacenarse en una memoria 8C de la unidad de control 8 y usarse por el procesador o FPGA 8A para proporcionar la protección del motor
 65 M, en particular, protección contra sobrecarga. Como puede observarse en las Figs. 6, 7, el procesador o FPGA 8A de la unidad de control 8 está adaptado para evaluar los datos de perfil de corriente de carga y/o los datos de perfil de

tensión de alimentación, almacenados en la memoria de datos 8B de la unidad de control 8, con respecto a las características de funcionamiento de motor del motor eléctrico M almacenadas en la memoria 8C de características de motor para determinar si las combinaciones de los diferentes parámetros P de funcionamiento están en una zona de funcionamiento crítica o inadmisibles de la respectiva característica de funcionamiento de motor. En el ejemplo
5 mostrado en las Figs. 6, 7, se ilustra un parámetro P_B dado por la relación entre la corriente de carga y la corriente nominal a lo largo del tiempo t para mostrar dos escenarios diferentes. En el escenario ilustrado en la Fig. 6, la relación calculada entre la corriente de carga muestreada y la corriente nominal predefinida proporciona valores que están todos en la zona admisible de la característica de funcionamiento de motor. En contraste, en el escenario mostrado en la Fig. 7, los valores de la relación (primer parámetro P_B) están inicialmente en la zona admisible y a continuación
10 se mueven en el tiempo (segundo parámetro) hasta la zona crítica y, finalmente, hasta una zona inadmisibles como se muestra en la Fig. 7. Cuando el parámetro P_B alcanza la zona crítica, la unidad de control 8 puede activar una señal de aviso. Tan pronto como el parámetro P_B de funcionamiento alcanza la zona inadmisibles, el procesador 8A de la unidad de control 8 puede activar un modo de funcionamiento de desconexión, donde el circuito excitador 6 desconecta el interruptor de potencia 5 en respuesta a un comando de control recibido de la unidad de control 8. Como alternativa,
15 la unidad de control 8 puede controlar otro interruptor o relé conectado en serie al interruptor de potencia 5 para desconectar el motor M en caso de que se alcance una zona de funcionamiento inadmisibles. En una posible realización, la unidad de control 8 puede emitir una señal de aviso a través de una interfaz de salida 13 del aparato de control de motor 1, como se muestra en la Fig. 2, si se determina que una combinación de los parámetros de funcionamiento se encuentra en una zona de funcionamiento crítica de una característica de funcionamiento de motor del respectivo motor eléctrico M. Además, la unidad de control 8 puede generar automáticamente una señal de control de desconexión aplicada al interruptor de potencia 5 o a otro interruptor (por ejemplo, el relé 14 de circuito) para desconectar la corriente I_L de carga si se determina que una combinación de parámetros de funcionamiento está en una zona de funcionamiento inadmisibles de una característica de funcionamiento de motor del respectivo motor eléctrico M. En una posible realización, en la memoria 8C de la unidad de control 8 se pueden almacenar diferentes
20 características de funcionamiento de motor para diferentes combinaciones de parámetros de funcionamiento.

Cualquier acción desencadenada por la unidad de control 8 se basa en varios pares (o tripletes) de valores de los parámetros P de una característica de funcionamiento de motor, como se ilustra en las Figs. 6, 7.

30 En una posible realización, la unidad de control 8 del aparato de control de motor 1 está adaptada para determinar, basándose en los datos de perfil de tensión de alimentación almacenados en la memoria de datos 8B de la unidad de control 8, si las tensiones V_{in} de alimentación recibidas en diferentes terminales de entrada 2 provistos para diferentes fases L indican una alimentación de potencia simétrica por parte de la red de alimentación de potencia PSN conectada al terminal de entrada 2 del aparato de control de motor 1. La unidad de control 8 está adaptada para desconectar automáticamente los interruptores de potencia 5 de las diferentes fases si la unidad de control 8 reconoce una
35 alimentación de potencia asimétrica de la red de alimentación de potencia PSN.

La Fig. 4 muestra un diagrama de flujo para ilustrar una posible realización de ejemplo del funcionamiento de un aparato de control de motor 1 de acuerdo con la presente invención. En respuesta a un comando de conexión, en la etapa S_A se arranca el motor eléctrico M conectado y se realiza una transición desde el modo de funcionamiento inactivo al modo de funcionamiento de arranque.
40

En una primera etapa S_B , se realizan mediciones por parte de los componentes sensores. Para cada fase L, se puede medir la tensión U respectiva y una corriente I_L de carga eléctrica en la etapa S_B . La corriente I_L de carga es medida
45 por un componente sensor 7 y la tensión U de alimentación puede ser medida por el componente sensor 9 del aparato de control de motor 1.

En otra etapa S_C , el procesador o FPGA 8A de la unidad de control 8 realiza un cálculo del factor de potencia. El procesador o FPGA 8A de la unidad de control 8 está adaptado para calcular el factor de potencia $\cos\phi$ basándose en los datos de perfil de corriente de carga y los datos de perfil de tensión de alimentación almacenados en la memoria de datos 8B de la unidad de control 8. El factor de potencia se define como una relación entre la potencia real y la potencia aparente. A medida que se transfiere potencia a lo largo de una línea de transmisión, no consiste únicamente en una potencia real que pueda realizar trabajo una vez transferida al motor eléctrico M, sino que consiste en una combinación de potencia real y potencia reactiva denominada potencia aparente. El factor de potencia describe la
50 cantidad de potencia real, transmitida a lo largo de una línea de transmisión al motor eléctrico M conectado, en relación con la potencia aparente total que fluye por la línea de transmisión.

En una etapa adicional S_d , se observa el modo de funcionamiento actual del motor eléctrico M. Si el motor eléctrico M arrancado está en el modo de funcionamiento de arranque (modo 1), el procesador o FPGA 8A o controlador de la unidad de control 8 realiza un control de alimentación de potencia de arranque en la etapa S_E . Si el motor eléctrico M está en el modo de funcionamiento a régimen (modo 2), el procesador o FPGA 8A de la unidad de control 8 realiza un control de alimentación de potencia a régimen en la etapa S_F . Si el motor eléctrico M conectado está en el modo de funcionamiento de parada (modo 3), el procesador o FPGA 8A o controlador de la unidad de control 8 realiza un control de alimentación de potencia de parada en la etapa S_G como se ilustra en la Fig. 4. En una posible implementación, el
60 procesador o FPGA 8A de la unidad de control 8 puede realizar en las etapas S_E , S_F , S_G un control del ángulo de fase en función del factor de potencia $\cos\phi$ calculado en la etapa S_C y del modo de funcionamiento actual observado del

motor eléctrico M.

Se usa un control de ángulo de fase (también llamado control de fase activada PFC) para limitar la alimentación de la tensión de CA aplicada. En una posible realización, la unidad de control 8 opera el interruptor de potencia 5 para realizar el control de ángulo de fase. La unidad de control 8 puede variar la relación entre la corriente I_L de carga y la tensión de alimentación controlando la actuación del interruptor de potencia 5 a través del circuito excitador 6. En una posible realización, la unidad de control 8 puede realizar un procedimiento de arranque suave de motor para reducir temporalmente la carga y el par motor en el tren de potencia para minimizar el aumento brusco de corriente eléctrica en el motor eléctrico M durante un arranque. De esta forma, la unidad de control 8 reduce el esfuerzo mecánico del motor eléctrico M. La unidad de control 8 puede controlar la alimentación de tensión del motor trifásico durante la fase de arranque. De esta forma, el equipo del motor eléctrico M puede acelerarse suavemente. Esto alarga la vida útil del motor eléctrico M y mejora su comportamiento de funcionamiento. La unidad de control 8 puede usar el interruptor de potencia 5 de estado sólido para controlar el flujo de corriente eléctrica y, en consecuencia, la tensión aplicada al motor eléctrico M en función del factor de potencia calculado y el modo de funcionamiento y/o tipo de motor eléctrico M.

La Fig. 8 muestra un diagrama de flujo de una posible realización de ejemplo de un método para controlar una alimentación de potencia a un motor eléctrico M de acuerdo con un aspecto adicional de la presente invención.

En la realización ilustrada en la Fig. 8, el método comprende tres etapas principales S1, S2, S3. En una primera etapa S1, se genera una caída de tensión ΔU_4 en el componente sensor 4 correspondiente a una velocidad de aumento de una corriente I_L de carga eléctrica que fluye a través del componente sensor 4 y del interruptor de potencia 5 hasta un motor eléctrico M. En una posible implementación, la caída de tensión ΔU_4 es generada por una bobina correspondiendo a la velocidad de aumento de la corriente I_L de carga eléctrica.

En una etapa adicional S2, el interruptor de potencia 5 es desconectado automáticamente dentro de un período de desconexión inferior a un milisegundo si la caída de tensión ΔU_4 generada más una caída de tensión ΔU_5 a lo largo del interruptor de potencia 5 supera una tensión umbral para proporcionar protección contra una sobrecorriente, en particular, protección contra una corriente de cortocircuito. En una posible realización, se puede lograr un período de desconexión muy corto de menos de 5 microsegundos. En una posible implementación, el período de desconexión es ajustable en un intervalo predefinido de, p. ej., 2 microsegundos a 1 milisegundo.

En una etapa adicional S3, la potencia eléctrica aplicada al motor eléctrico M se controla en función del modo de funcionamiento del motor eléctrico M basándose en un perfil de corriente de carga medido y un perfil de tensión de alimentación medido. La potencia eléctrica aplicada al motor eléctrico M se puede controlar, en una posible realización, realizando un control de ángulo de fase. En una realización alternativa, el control de la alimentación de potencia se puede conseguir aplicando un patrón de interrupción predefinido al interruptor de potencia 5. El patrón de interrupción se puede almacenar en la memoria de datos 8B de la unidad de control 8. Se pueden seleccionar semiondas simples para emular una frecuencia de CA más baja del motor M conectado. Los patrones de interrupción se pueden usar para arrancar el motor M lentamente y/o para limitar la corriente de carga eléctrica.

Como se puede observar en la Fig. 2, el componente sensor 4 de hardware está conectado en serie con el interruptor de potencia 5. El componente sensor 4 de hardware, tal como una bobina, está adaptado para generar una tensión eléctrica correspondiente a una velocidad de aumento de la corriente eléctrica que fluye a través del componente sensor 4 y del interruptor de potencia 5 hasta el motor eléctrico M conectado al terminal de salida 3 del aparato de control de motor 1. El circuito excitador 6 está adaptado para detectar una sobrecorriente producida, en particular una corriente de cortocircuito, en función de la caída de tensión ΔU_4 generada directamente por el componente sensor 4 y desconectar el interruptor de potencia 5 automáticamente al detectar una sobrecorriente en un período de tiempo muy corto, para proteger el motor eléctrico M conectado. El componente sensor 4 comprende, en una posible implementación, una bobina que está adaptada para generar directamente una tensión de inducción U_L en función de un cambio de la corriente eléctrica I que fluye a través del componente sensor 4 y a través del interruptor de potencia 5 hasta el motor eléctrico M conectado. La tensión de inducción U_L generada por la bobina 4 corresponde a la velocidad dI/dt de aumento de corriente de una corriente eléctrica I que fluye a través del componente sensor 4 y a través del interruptor de potencia 5 hasta el respectivo motor eléctrico M.

De acuerdo con la presente invención, la caída de tensión ΔU_4 generada por el componente sensor 4 y la caída de tensión ΔU_5 a lo largo del interruptor de potencia 5 se aplican como una tensión sumada U_{Σ} al circuito excitador 6. En un ejemplo alternativo, la caída de tensión ΔU_4 generada por el componente sensor 4 y la caída de tensión ΔU_5 a lo largo del interruptor de potencia 5 se pueden alimentar en paralelo al circuito excitador 6. En caso de que el interruptor de potencia 5 se implemente por un MOSFET, la caída de tensión ΔU_5 a lo largo del interruptor de potencia 5 corresponde a la tensión drenaje-fuente U_{DS} . El componente sensor 4 no solo mide la velocidad dI/dt de aumento de corriente, sino que también proporciona protección al interruptor de potencia 5 limitando la caída de tensión ΔU_5 , por ejemplo, la tensión drenaje-fuente U_{DS} del MOSFET 5. El circuito excitador 6 está adaptado para determinar, basándose en la tensión sumada U_{Σ} aplicada, una corriente de cortocircuito que se produzca y/o una sobrecarga del interruptor de potencia 5 y/o una sobrecarga del motor eléctrico M y está adaptado para desconectar el interruptor de potencia 5 tras la detección de una sobrecorriente y/o tras la detección de una sobrecarga para proteger tanto el motor eléctrico M conectado como para proteger el interruptor de potencia 5 del aparato de control de motor 1 dentro de un

breve período de desconexión de menos de cinco microsegundos. En una realización preferida, el circuito excitador 6 puede desconectar el interruptor de potencia 5 dentro de un período de desconexión de menos de dos microsegundos si la tensión sumada U_{Σ} aplicada supera una tensión umbral U_{th} predeterminada. El período de desconexión puede estar en un intervalo de 2 microsegundos a 1 milisegundo. El período de desconexión está predefinido por la circuitería que conecta el componente sensor 4 al circuito excitador 6, como se muestra en la Fig. 9, y por los retardos de propagación internos causados por las puertas y los comparadores integrados en el circuito excitador 6, como se ilustra en la Fig. 10. En una posible implementación, la tensión umbral U_{th} puede ser configurable. Si la tensión sumada U_{Σ} aplicada supera la tensión umbral configurada U_{th} , el circuito excitador 6 del aparato de control de motor 1 desconecta automáticamente el interruptor de potencia 5 dentro de un breve período de desconexión de menos de cinco microsegundos, preferentemente con un período de menos de dos microsegundos. En otros casos de uso, el período de desconexión es menor de 1 milisegundo. La desconexión se realiza de manera predeterminada sin implicar a la unidad de control 8. En una posible realización, el componente sensor 4 comprende una bobina adaptada para medir la velocidad dl/dt de aumento de corriente de la corriente eléctrica I que fluye a través del componente sensor 4. El componente sensor 4 genera directamente una tensión de inducción U_L proporcional al cambio (dl/dt) de la corriente eléctrica que fluye a través de la bobina 4. En una posible realización, si la corriente eléctrica I tiene una velocidad de aumento de corriente de aproximadamente cinco Amperios por microsegundo, la tensión de inducción U_L generada que se aplica al circuito excitador 6 es suficiente para activar un funcionamiento de desconexión del interruptor de potencia 5 conectado en serie con el componente sensor 4. La inductividad L de la bobina 4 se puede adaptar individualmente a las limitaciones físicas del interruptor de potencia 5 usado. El componente sensor 4 de hardware es muy robusto frente a las influencias ambientales y no implica ningún circuito electrónico para generar la tensión ΔU_4 de detección. En consecuencia, la probabilidad de que el componente sensor 4 de hardware falle durante el funcionamiento del aparato de control de motor 1 es muy baja. A diferencia de los circuitos electrónicos, tales como los diferenciadores, el uso de un componente sensor de hardware, en particular una bobina, hace que el aparato de control de motor 1 sea extremadamente robusto y aumenta su vida útil operativa. Las operaciones de desconexión son realizadas por el circuito excitador 6 sin implicar a la unidad de control 8, relativamente lenta. Por consiguiente, el funcionamiento de desconexión activado por la tensión eléctrica ΔU_4 generada físicamente por el componente sensor 4 es realizado exclusivamente por el hardware del circuito excitador 6, como se ilustra también en el diagrama de circuito de la Fig. 10. El componente sensor 4 es muy sensible y genera una tensión de detección ΔU_4 incluso antes de que la corriente I_L de carga eléctrica que fluye hacia el motor eléctrico M alcance un alto nivel de corriente que potencialmente pueda dañar los componentes del motor eléctrico M conectado. Por consiguiente, el aparato de control de motor 1 comprende un mecanismo de protección que es más rápido, al menos en un factor de aproximadamente 50, que los dispositivos de protección convencionales. El funcionamiento de desconexión muy rápido proporcionado por el circuito excitador 6 de hardware garantiza que únicamente se transfiera una pequeña proporción de energía eléctrica al motor eléctrico M conectado en caso de un escenario de sobrecorriente o cortocircuito. Por consiguiente, incluso los componentes eléctricos sensibles del motor eléctrico M conectado están protegidos eficazmente por el mecanismo de protección del aparato de control de motor 1 de acuerdo con la presente invención. Los mecanismos de protección del aparato de control de motor 1, es decir, el circuito 1A de protección contra sobrecorriente y el circuito de protección contra sobrecarga 1B, no protegen únicamente los componentes eléctricos del motor eléctrico M conectado, sino también el interruptor de potencia 5 integrado en el aparato de control de motor 1. Por consiguiente, el aparato de control de motor 1 de acuerdo con la presente invención tiene un mecanismo de autoprotección integrado para proporcionar la autoprotección de los componentes integrados en el aparato de control de motor 1. La potencia eléctrica en el interruptor de potencia 5 está limitada, en una posible implementación, a aproximadamente el 80 % de una potencia de funcionamiento predeterminada.

Después de desconectar el interruptor de potencia 5, es posible conectar de nuevo el interruptor de potencia 5 en caso de que se hayan cumplido las condiciones de conexión predeterminadas. Después de eliminar con éxito la causa de la desconexión, el interruptor de potencia 5 se puede conectar de nuevo. En consecuencia, el aparato de control de motor 1 de acuerdo con la presente invención se puede usar de nuevo después de que se haya activado una desconexión. En una posible implementación, el interruptor de potencia 5 se puede conectar de nuevo después de que haya expirado un período de espera configurable y/o después de que se haya eliminado con éxito una causa de desconexión.

En una posible implementación, el microprocesador o procesador 8A de la unidad de control 8 puede calcular un estado de funcionamiento actual del interruptor de potencia 5, en particular, una potencia de disipación de corriente y/o una temperatura T de funcionamiento del interruptor de potencia 5. La unidad de control 8 puede emitir, en una posible implementación, una alarma preventiva en caso de que la potencia monitorizada del interruptor de potencia 5 o la temperatura T del interruptor de potencia 5 superen los límites admisibles. La unidad de control 8 puede observar un cambio de potencia y temperatura del interruptor de potencia 5 y puede activar una desconexión en caso de que se haya alcanzado un intervalo crítico.

La fase L de corriente aplicada puede comprender una frecuencia de, por ejemplo, 50 Hz o 60 Hz. En una posible realización, el componente sensor 4 puede comprender una bobina con una inductividad L de menos de 1 milihenrio.

En una posible realización, el procesador o FPGA 8A de la unidad de control 8 es programable y puede hacer uso de un modelo de programa de componentes implementado en el motor eléctrico M conectado y/o implementado en el propio aparato de control de motor 1. En una posible realización, se pueden configurar los parámetros del modelo

5 empleado. Estos parámetros pueden comprender, por ejemplo, la corriente de funcionamiento normal del motor eléctrico M conectado, así como la clase de disparo de la carga eléctrica conectada. En una posible realización, la unidad de control 8 está adaptada para derivar, basándose en los perfiles de corriente medidos por el componente 7 de medición de corriente y basándose en al menos un parámetro de la carga eléctrica conectada, un perfil de temperatura de los componentes del motor eléctrico M conectado y/o de los componentes del aparato de control de motor 1 y puede controlar el circuito excitador 6 para desconectar el interruptor de potencia 5 si se detecta una desviación con respecto a un intervalo de temperatura predeterminado. Un parámetro puede comprender, por ejemplo, una corriente establecida o una clase de disparo del motor eléctrico M conectado. Además, la unidad de control 8 se puede programar con un período de espera configurable. Por ejemplo, en función del perfil de temperatura, tiene que expirar un período de espera correspondiente antes de que el interruptor de potencia 5 pueda conectarse de nuevo. De acuerdo con la presente invención, el circuito excitador 6 funciona independientemente de la unidad de control 8 para desconectar el correspondiente interruptor de potencia 5 dentro de un breve tiempo de reacción en caso de que la tensión sumada U_{Σ} ($\Delta U_4 + \Delta U_5$) aplicada supere una tensión umbral configurable U_{th} . La caída de tensión ΔU_5 a lo largo del interruptor de potencia 5 corresponde a la amplitud o nivel de la corriente eléctrica que fluye. La caída de tensión ΔU_4 a lo largo del componente sensor 4 corresponde a la velocidad de aumento de la corriente eléctrica que fluye a través del componente sensor 4 y el interruptor de potencia 5 hasta el motor eléctrico M. En estados de funcionamiento críticos, ambas caídas de tensión ΔU_4 , ΔU_5 se añaden y aplican como una tensión sumada U_{Σ} al circuito excitador 6 de modo que un estado crítico de funcionamiento pueda ya detectarse en una fase inicial de su aparición. La aplicación de una tensión sumada U_{Σ} al chip 6 de circuito excitador integrado, ilustrado en el diagrama de circuito de las Fig. 9, 10, requiere solo una patilla de entrada de este chip, fomentando por lo tanto la miniaturización del aparato de control de motor 1. Las caídas de tensión ΔU_4 , ΔU_5 también se pueden suministrar alimentar en paralelo al circuito excitador 6.

25 El circuito excitador 6 puede controlar un correspondiente interruptor de potencia 5 que puede comprender, en una posible implementación, un MOSFET de nitruro de galio que tiene una resistencia a la alta tensión de al menos 800 voltios en el estado de desconexión y que tiene una baja impedancia en su estado de conexión. En posibles implementaciones adicionales, el interruptor de potencia 5 también puede comprender un MOSFET de potencia de SiC o un MOSFET de Si-AIN.

30 Como también se ilustra en la Fig. 11, el aparato de control de motor 1 puede comprender varios mecanismos de protección redundantes que usen diferentes técnicas de medición.

El aparato de control de motor 1 puede comprender varios mecanismos de protección, en particular, un primer mecanismo de protección proporcionado por la caída de tensión ΔU_4 a lo largo del componente sensor 4, un segundo mecanismo de protección proporcionado por la caída de tensión ΔU_5 a lo largo del interruptor de potencia 5 y un tercer mecanismo de protección proporcionado por el componente 7 de medición de corriente. En caso de una corriente de cortocircuito, el componente sensor 4 y el interruptor de potencia 5 activan el circuito excitador 6 para realizar un funcionamiento de desconexión muy rápido. El componente 7 de medición de corriente proporciona además protección en caso de sobrecarga. Por consiguiente, el aparato de control de motor 1 no solo proporciona el control de una alimentación de potencia para un motor eléctrico M, sino también una protección electrónica contra sobrecarga y sobrecorriente que se puede usar de nuevo después de que el interruptor de potencia 5 haya sido desconectado, en particular después de que se haya agotado un período de espera programable.

45 La Fig. 9 muestra un diagrama de circuito para ilustrar una posible implementación ilustrativa de un aparato de control de motor 1 que proporciona interrupción y/o protección de un motor eléctrico M conectado al aparato de control de motor 1.

El aparato de control de motor 1 comprende un terminal de entrada 2 para recibir una tensión U de alimentación de fase desde una red de alimentación de potencia PSN que tiene, por ejemplo, una tensión de 400 voltios. En la realización ilustrativa ilustrada, cada trayectoria de señal desde el terminal de entrada 2 hasta el terminal de salida 3 comprende pares de interruptores de potencia 5 y correspondientes componentes sensores 4. El circuito ilustrado en la Fig. 9 es simétrico para las semiondas de corriente positivas y las semiondas de corriente negativas de una corriente CA alimentada al aparato de control de motor 1. Entre el terminal de entrada 2 y el terminal de salida 3 del aparato de control de motor 1 se proporcionan una primera bobina 4-1 y una segunda bobina 4-2. Cada bobina 4-1, 4-2 comprende un correspondiente interruptor 5-1, de potencia 5-2, como se ilustra en el diagrama de circuito de la Fig. 9. En la implementación ilustrativa ilustrada, ambas bobinas 4-1, 4-2 tienen una inductividad L de 2,2 microhenrios. En la implementación ilustrada, los interruptores 5-1, de potencia 5-2 están implementados por MOSFET de potencia. En una posible implementación, se puede proporcionar un varistor VAR para eliminar las perturbaciones. En la implementación ilustrada, se pueden conectar unos diodos D en paralelo con cada bobina 4-1, 4-2 para reducir la autoinducción. Los interruptores 5-1, de potencia 5-2 están conectados a un circuito puente rectificador que comprende, en la implementación ilustrada, dos pares de transistores Q1 a Q4 complementarios. En el lado de salida del circuito puente rectificador, se pueden proporcionar unos condensadores C para proporcionar un retardo mínimo predeterminado. El retardo tiene una influencia sobre el tiempo de desconexión. En una posible implementación, el retardo se puede ajustar cambiando la capacidad del condensador C, ajustando así el período de desconexión a los requisitos del caso particular, por ejemplo.

en un intervalo de entre 2 microsegundos y 1 milisegundo. Ambas resistencias R1, R2 tienen una resistencia que se puede configurar para ajustar la sensibilidad del circuito ilustrado en la Fig. 9. Como se puede observar en la Fig. 9, el circuito excitador 6 está conectado a la salida del circuito puente rectificador para recibir la tensión sumada U_{Σ} del interruptor de potencia 5-1 o del interruptor de potencia 5-2, y del componente sensor 4-1 o del componente sensor 4-2, y para aplicar a su vez tensiones de control sobre las puertas de los dos interruptores 5-1, de potencia 5-2 ilustrados. El circuito excitador 6 está adaptado para detectar una sobrecorriente producida, en particular una corriente de cortocircuito, en función de las tensiones generadas directamente por el componente sensor 4-1 o el componente sensor 4-2 y para desconectar el correspondiente interruptor de potencia 5-1 o interruptor de potencia 5-2 tras la detección de una corriente de cortocircuito que fluya por la trayectoria de corriente entre el terminal de entrada 2 y el terminal de salida 3 dentro de un período de tiempo, en particular dentro de un período de desconexión muy corto de menos de dos a cinco microsegundos, para proteger el motor eléctrico M conectado al terminal de salida 3 del aparato de control de motor 1.

La Fig. 10 muestra un diagrama de bloques de una posible realización ilustrativa de un circuito excitador 6 que puede usarse en el aparato de control de motor 1 de acuerdo con la presente invención. En la realización ilustrativa ilustrada, el circuito excitador 6 comprende un solo driver IGBT tipo ICIED020/12-B2 fabricado por Infineon Technologies. También se pueden usar otros circuitos driver, en parte un ASIC. Como se puede observar en el diagrama de bloques de la Fig. 10, el circuito excitador 6 comprende dos mitades de circuito separadas galvánicamente por unos transformadores T1, T2. El lado izquierdo del circuito excitador 6 ilustrado en la Fig. 10 está conectado a la unidad de control 8 para recibir señales de control desde la unidad de control 8, en particular en respuesta a comandos de control o en función de los perfiles de corriente medidos. El lado de baja tensión, en el lado izquierdo del circuito excitador 6 del diagrama del circuito que se muestra en la Fig. 10, está conectado a través de transformadores al lado de alta tensión provisto en el lado derecho del circuito ilustrado en la Fig. 10. En la implementación ilustrada, la tensión sumada U_{Σ} , que consiste en la caída de tensión ΔU_4 a lo largo del componente sensor 4 y la caída de tensión ΔU_5 a lo largo del interruptor de potencia 5, es aplicada a la patilla de entrada DESAT del circuito excitador 6 y comparada mediante un comparador K3 del circuito excitador 6 con una tensión umbral configurable U_{th} de, por ejemplo, 9 voltios, como se ilustra en la Fig. 10. Si se supera la tensión umbral configurable U_{th} , una señal binaria viaja a través de varias puertas para accionar un amplificador operacional y generar una salida de señal de control de desconexión hacia las puertas de los MOSFET 5-1, de potencia 5-2 para desconectar ambos MOSFET de potencia dentro de un tiempo de reacción muy corto de menos de dos a cinco microsegundos. Los retardos en la propagación de la señal causados por las puertas y el comparador definen un período de desconexión mínimo. El circuito excitador 6 ilustrado en la Fig. 10 comprende dos partes separadas galvánicamente. El circuito excitador 6 se puede conectar a un DSP de 5 voltios convencional o a un microcontrolador 8A que forma parte de la unidad de control 8 en donde las entradas/salidas de CMOS están conectadas al lado de baja tensión. Como se puede ver a partir del diagrama de circuito de la Fig. 10, se proporciona, solo en el lado de alta tensión del circuito excitador 6, un bucle de desconexión que se usa para desconectar los interruptores 5-1, de potencia 5-2 en respuesta a la tensión sumada U_{Σ} aplicada, para que el tiempo de reacción sea muy corto debido a los pequeños tiempos de propagación de las señales lógicas que se propagan a través de las puertas lógicas de la parte de alta tensión del circuito excitador 6. El bucle de protección de desconexión no incluye la unidad de control 8, que se usa sobre todo para las operaciones normales de conexión y/o desconexión en respuesta a la recepción de comandos CMD de conexión/desconexión y también se usa para el control de alimentación de potencia de la potencia eléctrica que fluye hacia el motor eléctrico M conectado, en particular, durante un arranque suave. En una posible implementación, el componente sensor 4 y el interruptor de potencia 5, así como el circuito excitador 6, se pueden proporcionar en una placa de circuito impreso común.

En una posible implementación, el componente sensor 4 puede estar implementado por otro componente distinto de una bobina, en particular, por una resistencia con un correspondiente circuito de medición local adaptada para generar directamente una tensión eléctrica U correspondiente a la velocidad de aumento de la corriente eléctrica I que fluye a través de la respectiva resistencia sensora. La resistencia puede ser una resistencia NTC o PTC. En una posible realización, la resistencia de la resistencia 4 usada puede depender de la temperatura. También, la resistencia dependiente de la temperatura se puede configurar individualmente de acuerdo con las limitaciones físicas del interruptor de potencia 5 correspondiente.

En una realización adicional, un modelo de datos del motor eléctrico M conectado puede almacenarse en una memoria y evaluarse mediante el procesador o FPGA 8A de la unidad de control 8 para proporcionar protección contra sobrecarga y/o sobrecorriente al motor eléctrico M conectado. El aparato de control de motor 1 puede comprender una interfaz de salida 13 adaptada para señalar un estado de funcionamiento actual del aparato de control de motor 1, en particular, de sus interruptores de potencia 5 integrados. En una posible implementación, la interfaz de salida 13 también puede indicar qué mecanismo de seguridad o mecanismo de protección ha sido activado por la desconexión de los interruptores de potencia 5 integrados. En esta implementación, un usuario u operario de un sistema de automatización puede ser informado de si la desconexión del interruptor de potencia 5 fue causada por una alta velocidad detectada de aumento de la corriente eléctrica o debido a una sobrecarga determinada o detectada del interruptor de potencia 5 o a una sobrecarga detectada del motor eléctrico M conectado o fue causada por una detección de sobrecarga en vista de los perfiles de corriente medidos por el componente 7 de medición de corriente. En otra posible realización adicional, la información acerca de la causa de la desconexión del interruptor de potencia 5 también se puede enviar, a través de una interfaz de datos del aparato de control de motor 1, por ejemplo, a un controlador remoto de un sistema de automatización que incluya el motor eléctrico M protegido y conectado al terminal

de salida 3 del aparato de control de motor 1. En otra posible implementación adicional, el aparato de control de motor 1 puede comprender una memoria de datos local para almacenar datos de registro. Los datos de registro pueden comprender datos sobre operaciones de desconexión realizadas durante el funcionamiento del sistema de automatización o durante el funcionamiento del motor eléctrico M conectado. En una posible implementación, los datos de registro memorizados pueden evaluarse para analizar los estados de funcionamiento críticos que se han producido durante el funcionamiento del sistema de automatización.

En otra posible realización adicional, se puede conectar un circuito de relé 14 en serie con el interruptor de potencia 5. Los circuitos de relé para las diferentes fases pueden usar el cambio o secuencia de fases de alimentación de potencia y/o proporcionar una separación galvánica. Durante un funcionamiento de desconexión controlado por el circuito excitador 6 o por la unidad de control 8, el interruptor de potencia 5 se puede desconectar antes que el circuito de relé 14 asociado, mientras que durante un funcionamiento de conexión bajo el control del circuito excitador 6 o bajo el control de la unidad de control 8, el circuito de relé 14 se conecta antes que el interruptor de potencia 5 asociado. Esto minimiza el desgaste de los contactos del circuito de relé 14 y aumenta la seguridad contra fallos del interruptor de potencia 5. Además, las secuencias de conexión y desconexión hacen posible detectar fallos del interruptor de potencia 5.

En una posible realización adicional más del aparato de control de motor 1, de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención, diferentes modelos y/o características de funcionamiento de motor para diferentes cargas eléctricas se pueden cargar en una memoria de configuración de la unidad de control 8 para proporcionar protección de carga adaptada para el motor eléctrico M respectivo en función de los perfiles de corriente y/o los perfiles de tensión medidos y en función de al menos un parámetro del motor eléctrico M conectado. En una posible implementación, estos modelos de datos pueden descargarse desde una base de datos central conectada a la unidad de control 8 a través de una red de datos. Según el tipo de motor eléctrico conectado M, pueden cargarse diferentes modelos de datos y/o características de funcionamiento de motor correspondientes en la memoria de configuración de la unidad de control 8 y pueden evaluarse a la vista de los perfiles de corriente y/o tensión medidos proporcionados por los componentes de medición.

La Fig. 11 muestra esquemáticamente la arquitectura de funcionamiento del aparato de control de motor 1 que comprende mecanismos de protección redundantes y diferentes técnicas de medición para proporcionar protección contra sobrecarga y/o sobrecorriente al propio aparato de control de motor 1, en particular a sus interruptores de potencia 5, y también al motor eléctrico M conectado al aparato de control de motor 1. Los diferentes mecanismos de protección redundantes difieren en lo que detectan (di/dt , $I_{m\acute{a}x}$, $I_{l\acute{i}mite}$, $I_{continua}$), en sus respectivos tiempos de reacción y en la precisión de la medición, como también se ilustra en la Fig. 11. Incluso si un mecanismo de protección puede fallar, todavía se puede aplicar otro mecanismo de protección al aparato de control de motor 1.

El aparato de control de motor 1 de acuerdo con la presente invención proporciona un funcionamiento de arranque y desconexión optimizado de un motor eléctrico M conectado. Además, el desgaste del motor eléctrico M conectado durante las diferentes fases o estados de funcionamiento se minimiza para maximizar la vida útil de funcionamiento del motor eléctrico M.

En una posible realización, el aparato de control de motor 1 se puede integrar en una caja que tiene un contacto eléctrico proporcionado para la conexión del al menos un terminal de entrada 2 con una barra colectora de un sistema de barras colectoras.

En otra posible realización más, el aparato de control de motor 1 puede integrarse en una caja de fusibles y usarse para sustituir un fusible convencional alojado en un portafusibles de un circuito electrónico. En una posible implementación, el aparato de control de motor 1 está integrado en una caja de fusibles NH.

En una posible realización, el período de desconexión del aparato de control de motor 1 se puede ajustar en un intervalo de entre 2 microsegundos y 1 milisegundo. Este período de desconexión puede predefinirse por la circuitería de hardware. En una posible realización, el período de desconexión se puede ajustar en respuesta a un comando de entrada de usuario en la interfaz 12 de entrada de la interfaz de usuario 15 que puede cambiar, por ejemplo, la capacitancia del condensador C de la Fig. 9 para provocar un cambio en el retardo de propagación de la señal suministrada al circuito excitador 6.

Son posibles realizaciones adicionales. La memoria 8C de características de motor se puede integrar en un soporte de datos intercambiable, como una tarjeta de memoria o una memoria USB insertadas en una ranura de recepción en la caja del aparato de control de motor 1.

La secuencia de los componentes 4, 5, 7, 11 en la trayectoria de señal mostrada en el diagrama de bloques de la Fig. 2 puede variar. Se pueden proporcionar más componentes redundantes, por ejemplo, al menos dos bobinas 4 y/o dos interruptores de potencia 5 conectados en paralelo. También, algunos componentes pueden no estar integrados en la caja del aparato de control de motor 1, sino que pueden formar componentes externos.

La unidad de control 8 puede determinar, en una posible realización, una asimetría de las fases de tensión de

- alimentación aplicadas al terminal de entrada 2. Si la diferencia detectada entre las tensiones L1, L2, L3 de alimentación supera un cierto umbral, a través de la interfaz de salida 13 se puede emitir una señal de aviso y/o la unidad de control 8 puede activar una desconexión. Además, se puede usar el componente sensor 9 para detectar una tensión de alimentación demasiado baja o demasiado alta para el motor eléctrico M, lo que activa automáticamente una desconexión por parte de la unidad de control 8. Los componentes sensores también se pueden usar para realizar una medición del aislamiento del motor M (por ejemplo, entre el bobinado y la carcasa) o de si un elemento del aparato de control de motor 1 está defectuoso (por ejemplo, el interruptor de potencia 5).
- 5
- 10 El aparato de control de motor 1 puede ser un dispositivo independiente o integrado en otras entidades. En posibles realizaciones, el aparato de control de motor está integrado en la carcasa del motor M. El aparato de control de motor 1 también puede estar integrado en un dispositivo de enchufe que puede enchufarse en una base de enchufe de la carcasa del motor. También puede estar integrado en un dispositivo intermedio, tal como un controlador de frecuencia variable, proporcionado entre la red de alimentación de potencia PSN y el motor M. El aparato de control de motor 1 puede conectarse directa o indirectamente por medio de un adaptador a una barra colectora de un sistema de barras colectoras. El aparato de control de motor 1 también se puede montar directa o indirectamente por medio de un adaptador a un carril DIN o a un carril de sombrero de copa.
- 15

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de control de motor, para controlar una alimentación de potencia a un motor eléctrico de CA multifásica (M) conectado a un terminal de salida (3) del aparato de control de motor (1), que comprende:
- 5 un circuito de protección de sobrecorriente (1A) que tiene al menos un terminal de entrada (2) adaptado para recibir una tensión de alimentación de fase desde una red de alimentación de potencia (PSN) y que tiene un interruptor de potencia (5) a través del cual el motor eléctrico de CA multifásica (M) está adaptado para recibir una corriente de carga eléctrica (I_L) y que tiene un componente sensor de velocidad de aumento de corriente (4) conectado en serie con el interruptor de potencia (5) del circuito de protección de sobrecorriente (1A), en donde el componente sensor de
- 10 velocidad de aumento de corriente (4) del circuito de protección de sobrecorriente (1A) está adaptado para generar (S1) directamente una caída de tensión de inducción (ΔU_4) correspondiente a la velocidad de aumento de corriente de la corriente de carga eléctrica (I_L) que fluye desde el terminal de entrada (2) del aparato de control de motor (1), a través del componente sensor de velocidad de aumento de corriente (4) y del interruptor de potencia (5), hasta el terminal de salida (3), teniendo además dicho circuito de protección de sobrecorriente (1A) un circuito excitador (6)
- 15 que está adaptado para detectar una sobrecorriente producida en función de la caída de tensión de inducción (ΔU_4) generada por el componente sensor de velocidad de aumento de corriente (4) y en función de una caída de tensión de inducción (ΔU_5) no lineal a lo largo del interruptor de potencia (5), y que está adaptado para desconectar (S2) dicho interruptor de potencia (5) al detectar una sobrecorriente dentro de un período de desconexión de menos de un milisegundo, en donde el circuito excitador (6) está adaptado para operar independientemente de una unidad de
- 20 control (8) de dicho aparato de control de motor (1) para brindar protección contra una sobrecorriente al desconectar el interruptor de potencia (5) si la caída de tensión de inducción (ΔU_4) generada más la caída de tensión de inducción (ΔU_5) a lo largo del interruptor de potencia (5) aplicada como una tensión sumada (U_Σ) a una entrada del circuito excitador (6) supera una tensión umbral configurable (U_{th}); comprendiendo además dicho aparato de control de motor (1)
- 25 un circuito de control de alimentación de potencia (1C) que tiene un componente sensor de tensión (9) adaptado para medir en el terminal de entrada (2) una tensión de alimentación de fase notificada a la unidad de control (8) del aparato de control de motor (1) para proporcionar un perfil de tensión de alimentación, en donde la unidad de control (8) está adaptada para controlar (S3) una potencia eléctrica alimentada al motor eléctrico de CA multifásica (M) en función de un modo de funcionamiento del motor eléctrico de CA multifásica (M), en donde el modo de funcionamiento del motor
- 30 eléctrico de CA multifásica (M) es determinado por un procesador o un circuito FPGA (8A) de la unidad de control (8) al procesar el perfil de tensión de alimentación y un perfil de corriente de carga.
2. El aparato de control de motor de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el período de desconexión de menos de 1 milisegundo está predefinido por un circuito de hardware que conecta el componente sensor de velocidad de
- 35 aumento de corriente (4) al circuito excitador (6) y por unos retardos de propagación internos causados por las puertas y los comparadores integrados en el circuito excitador (6).
3. El aparato de control de motor de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además:
- 40 un circuito de protección contra sobrecarga (1B) que tiene un componente sensor de corriente de carga (7) adaptado para medir continuamente la corriente de carga eléctrica (I_L), que fluye hacia el terminal de salida (3), notificada a la unidad de control (8) del aparato de control de motor (1) para proporcionar un perfil de corriente de carga, en donde la unidad de control (8) está adaptada para determinar un estado de sobrecarga del motor eléctrico de CA multifásica (M) sobre la base del perfil de corriente de carga medido y en donde la unidad de control (8) está adaptada para controlar el circuito excitador (6) para desconectar el interruptor de potencia (5) si la unidad de control (8) determina
- 45 un estado de sobrecarga del motor eléctrico de CA multifásica (M).
4. El aparato de control de motor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 3, en donde la unidad de control (8) está adaptada para realizar un control del ángulo de fase de la potencia eléctrica alimentada al motor eléctrico de CA multifásica (M) en función del modo de funcionamiento determinado del motor eléctrico de CA multifásica (M) y en función de un factor de potencia ($\cos\phi$) calculado sobre la base del perfil de corriente de carga medido por el componente sensor de corriente de carga (7) del circuito de protección de sobrecarga (1B) y sobre la base del perfil de tensión de alimentación medido por el componente sensor de tensión (9) del circuito de control de
- 50 alimentación de potencia (1C) en el terminal de entrada (2) del aparato de control de motor (1).
5. El aparato de control de motor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 4, en donde el componente sensor de velocidad de aumento de corriente (4) del circuito de protección de sobrecorriente (1A) comprende una bobina que está adaptada para generar una caída de tensión de inducción (ΔU_4) en función de la velocidad de aumento de corriente de la corriente de carga (I_L) que fluye a través del componente sensor de velocidad de aumento de corriente (4) del circuito de protección de sobrecorriente (1A) o en donde el sensor de velocidad de
- 60 aumento de corriente (4) comprende una resistencia que tiene una resistencia dependiente de la temperatura configurada para las limitaciones físicas del correspondiente interruptor de potencia (5).
6. El aparato de control de motor de acuerdo con cualquiera de las anteriores reivindicaciones 3 a 5, en donde el componente sensor de corriente de carga (7) del circuito de protección contra sobrecarga (1B) comprende un sensor Hall, un sensor GMR, una resistencia de derivación o un transformador adaptado para medir continuamente la corriente de carga eléctrica (I_L) que fluye hacia el terminal de salida (3) del aparato de control de motor (1) para proporcionar el
- 65

perfil de corriente de carga.

7. El aparato de control de motor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 6, en donde el componente sensor de tensión (9) del circuito de control de alimentación de potencia (1C) está adaptado para suministrar una fracción de la tensión de alimentación (V_{in}), en el terminal de entrada (2), a la unidad de control (8) del aparato de control de motor (1) para proporcionar el perfil de tensión de alimentación.
8. El aparato de control de motor de acuerdo con cualquiera de las anteriores reivindicaciones 1 a 7, en donde el componente sensor de corriente de carga (7) del circuito de protección contra sobrecarga (1B) y el componente sensor de tensión (9) del circuito de control de alimentación de potencia (1C) están conectados a unos correspondientes convertidores analógico-digital (10, 11) adaptados para convertir el perfil analógico de corriente de carga medido y el perfil de tensión de alimentación medido en valores de medición correspondientes almacenados en la memoria de datos (8B) de la unidad de control (8) como datos de perfil de corriente de carga y datos de perfil de tensión de alimentación, en donde un procesador o un FPGA (8A) de la unidad de control (8) están adaptados para calcular un factor de potencia ($\cos\phi$) basándose en los datos de perfil de corriente de carga y los datos de perfil de tensión de alimentación almacenados en la memoria de datos (8B) de la unidad de control (8).
9. El aparato de control de motor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 8, en donde el motor eléctrico de CA multifásica (M) comprende como modos de funcionamiento: un modo de funcionamiento inactivo (modo 0) en donde el motor eléctrico de CA multifásica (M) está desconectado y la velocidad de rotación del motor eléctrico de CA multifásica (M) es cero, un modo de funcionamiento de arranque (modo 1) en donde se arranca el motor eléctrico de CA multifásica (M) y se aumenta la velocidad de rotación del motor eléctrico de CA multifásica (M), un modo de funcionamiento a régimen (modo 2) en donde la velocidad de rotación del motor eléctrico de CA multifásica (M) se mantiene constante, y un modo de funcionamiento de parada (modo 3) en donde se para el motor eléctrico de CA multifásica (M) y la velocidad de rotación del motor eléctrico de CA multifásica (M) se reduce.
10. El aparato de control de motor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 8 a 9, en donde el procesador o el FPGA (8A) de la unidad de control (8) está adaptado para determinar un modo de funcionamiento del motor eléctrico de CA multifásica (M) conectado al procesar los datos de perfil de corriente de carga y los datos de perfil de tensión de alimentación almacenados en la memoria de datos (8B) de la unidad de control (8).
11. El aparato de control de motor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 10, en donde el interruptor de potencia (5) comprende un IGBT o un MOSFET de potencia, en particular un MOSFET de SiC, un MOSFET de GaN o un MOSFET de ScAlN.
12. El aparato de control de motor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 8 a 11, en donde la unidad de control (8) del aparato de control de motor (1) está adaptada para derivar, basándose en al menos un parámetro de funcionamiento del motor eléctrico de CA multifásica (M) conectado y los datos de perfil almacenados, un perfil de temperatura de los componentes del motor eléctrico de CA multifásica (M), y está adaptada para controlar el circuito excitador (6) para desconectar el interruptor de potencia (5) si se produce una desviación del perfil derivado de temperatura con respecto a un intervalo predeterminado de temperatura.
13. El aparato de control de motor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 12, en donde el interruptor de potencia (5) se conecta después de un período de espera configurable o después de eliminar con éxito una causa de desconexión o si se cumplen otras condiciones de conexión predeterminadas.
14. El aparato de control de motor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 13, que comprende diferentes terminales de entrada (2) provistos para diferentes tensiones de alimentación de fase de la red de alimentación de potencia (PSN), en donde cada terminal de entrada (2) está conectado a través de una trayectoria de señal a un terminal de salida (3), en donde cada trayectoria de señal comprende unos pares de interruptores de potencia (5) y de correspondientes componentes sensores de velocidad de aumento de corriente (4), en donde el par de interruptores de potencia (5) proporcionados en la trayectoria de señal entre el terminal de entrada (2) y el terminal de salida (3) comprende un primer interruptor de potencia (5-1), proporcionado para una semionda de corriente positiva de una corriente CA y un segundo interruptor de potencia (5-2) proporcionado para una semionda de corriente negativa de una corriente CA.
15. El aparato de control de motor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 14, en donde el circuito excitador (6) comprende un lado de baja tensión conectado a la unidad de control (8) y un lado de alta tensión conectado al interruptor de potencia (5), en donde el lado de baja tensión y el lado de alta tensión del circuito excitador (6) están separados galvánicamente entre sí.
16. El aparato de control de motor de acuerdo con cualquiera de las anteriores reivindicaciones 9 a 15, en donde la unidad de control (8) está adaptada para realizar un control de ángulo de fase o para aplicar un patrón de interrupción

predefinido al interruptor de potencia (5) en función del factor de potencia calculado ($\cos\phi$) y en función de un modo de funcionamiento del motor eléctrico de CA multifásica (M) conectado.

5 17. El aparato de control de motor de acuerdo con cualquiera de las anteriores reivindicaciones 1 a 16, en donde el procesador o el FPGA (8A) de la unidad de control (8) tienen acceso a al menos una característica de funcionamiento de motor del motor eléctrico de CA multifásica (M) conectado, almacenada en una memoria de características de carga (8C) de la unidad de control (8), que indica, para los parámetros de funcionamiento (P_A , P_B) al menos una zona de operación admisible, al menos una zona de funcionamiento crítica y/o al menos una zona de funcionamiento inadmisibles,
10 en donde los parámetros de funcionamiento (P_A , P_B) comprenden, como primer parámetro de funcionamiento, una relación entre una corriente de carga y una corriente nominal del motor eléctrico de CA multifásica (M) y, como segundo parámetro de funcionamiento, el tiempo.

15 18. El aparato de control de motor de acuerdo con la reivindicación 17, en donde el procesador o el FPGA (8A) de la unidad de control (8) están adaptados para evaluar los datos de perfil de corriente de carga y/o los datos de perfil de tensión de alimentación almacenados en la memoria de datos (8B) de la unidad de control (8) con respecto a las características de funcionamiento de motor del motor eléctrico de CA multifásica (M) almacenadas en la memoria de característica de carga (8C) para determinar si las combinaciones de parámetros de funcionamiento de diferentes parámetros de funcionamiento (P_A , P_B) se encuentran en una zona de funcionamiento crítica o inadmisibles de la característica de funcionamiento de motor.
20

25 19. El aparato de control de motor de acuerdo con la reivindicación 18, en donde la unidad de control (8) está adaptada para emitir una señal de aviso a través de una interfaz de salida (13) del usuario o una interfaz de datos (15) del aparato de control de motor (1) si se determina que una combinación de parámetros de funcionamiento de los parámetros de funcionamiento (P_A , P_B) se encuentra en una zona de funcionamiento crítica de la característica de funcionamiento del motor eléctrico de CA multifásica (M) almacenada en la memoria de características de carga (8C) de la unidad de control (8).
30

35 20. El aparato de control de motor de acuerdo con las reivindicaciones 18 o 19, en donde la unidad de control (8) está adaptada para generar automáticamente una señal de control de desconexión aplicada al interruptor de potencia (5) para desconectar la corriente de carga (I_L) si se determina que una combinación de parámetros de funcionamiento de los parámetros de funcionamiento (P_A , P_B) se encuentra en una zona de funcionamiento inadmisibles de la característica de funcionamiento del motor eléctrico de CA multifásica (M) almacenada en la memoria de características de carga (8C) de la unidad de control (8).
40

45 21. El aparato de control de motor de acuerdo con cualquiera de las anteriores reivindicaciones 14 a 20, en donde la unidad de control (8) del aparato de control de motor (1) está adaptada para determinar si las tensiones de alimentación (V_{in}) recibidas en los diferentes terminales de entrada (2) o las corrientes (I_L) proporcionadas para diferentes fases, L, en diferentes terminales de salida (3), indican una alimentación de potencia simétrica del motor eléctrico de CA multifásica (M) conectado, por parte de la red de alimentación de potencia (PSN) conectada a los terminales de entrada (2) del aparato de control de motor (1), basándose en los datos de perfil de tensión de alimentación almacenados en la memoria de datos (8B) de la unidad de control (8), y en donde la unidad de control (8) del aparato de control de motor (1) está adaptada para determinar si un motor eléctrico de CA multifásica (M) está conectado al terminal de salida (3) basándose en los datos de perfil almacenados en la memoria de datos (8B) de la unidad de control (8).
50

55 22. El aparato de control de motor de acuerdo con la reivindicación 21, en donde la unidad de control (8) está adaptada para desconectar automáticamente los interruptores de potencia (5) si se produce una alimentación de potencia asimétrica del aparato de control de motor (1) por parte de la red de alimentación de potencia (PSN) o si la unidad de control (8) reconoce una alimentación de potencia asimétrica del motor eléctrico de CA multifásica (M) por parte del aparato de control de motor (1).
60

65 23. El aparato de control de motor de acuerdo con cualquiera de las anteriores reivindicaciones 1 a 22, en donde la tensión de umbral configurable (U_{th}) del circuito excitador (6) es de 9 voltios.

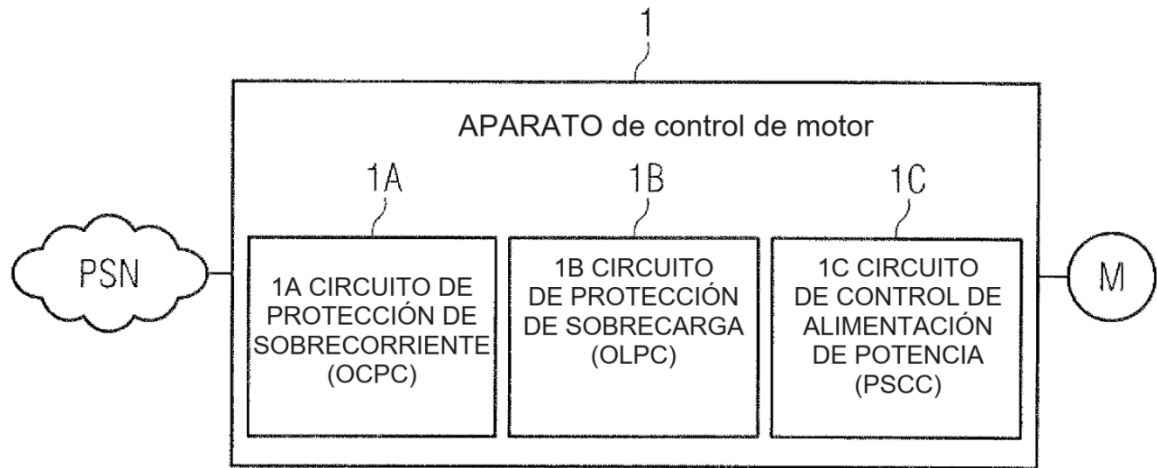
24. El aparato de control de motor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 23, en donde el circuito excitador (6) es un chip de circuito integrado, en donde la tensión sumada (U_{Σ}) se aplica a un solo pin de dicho chip de circuito integrado.

25. El aparato de control de motor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 24, en donde un circuito de relé (14) está conectado en serie con el interruptor de potencia (5).

26. Un sistema de automatización que comprende un aparato de control de motor (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 24 y un motor eléctrico de CA multifásica (M) conectado a los terminales de salida (3) de dicho aparato de control de motor (1).

27. Un motor eléctrico de CA multifásica (M) que comprende un aparato de control de motor (1) según cualquiera de las anteriores reivindicaciones 1 a 25.
- 5 28. Un sistema de barras colectoras que comprende barras colectoras y que comprende un aparato de control de motor (1) de acuerdo con cualquiera de las anteriores reivindicaciones 1 a 25, en donde al menos un terminal de entrada (2) del aparato de control de motor (1) está conectado a una barra colectora de dicho sistema de barras colectoras.
- 10 29. Una caja de fusibles, en particular, una caja de fusibles NH, que comprende un aparato de control de motor (1) integrado de acuerdo con cualquiera de las anteriores reivindicaciones 1 a 25.
- 15 30. Un dispositivo de enchufe que comprende un aparato de control de motor (1) integrado de acuerdo con cualquiera de las anteriores reivindicaciones 1 a 25, en donde el dispositivo de enchufe se puede enchufar en un enchufe de una carcasa del motor eléctrico de CA multifásica.

FIG 1



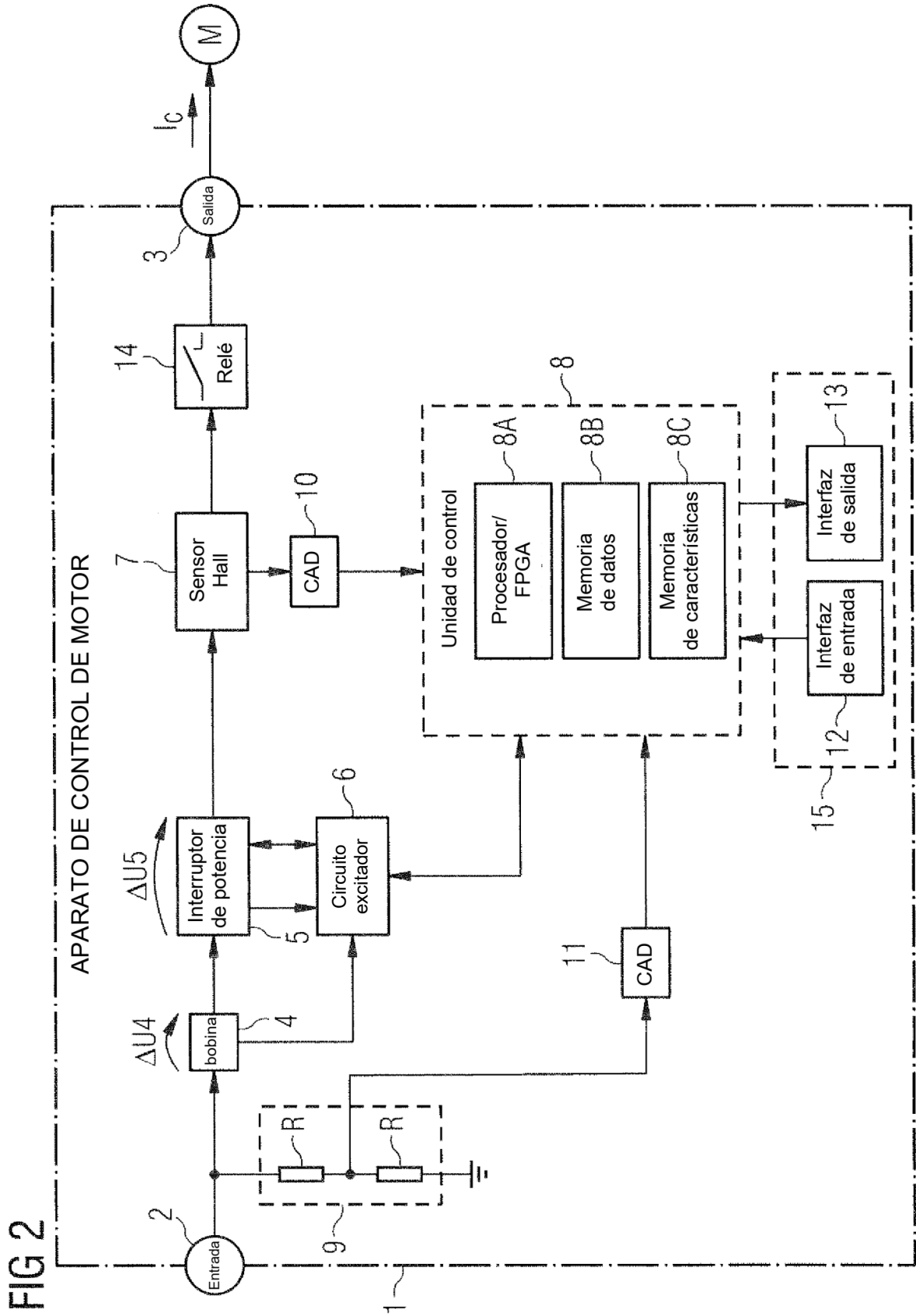


FIG 3

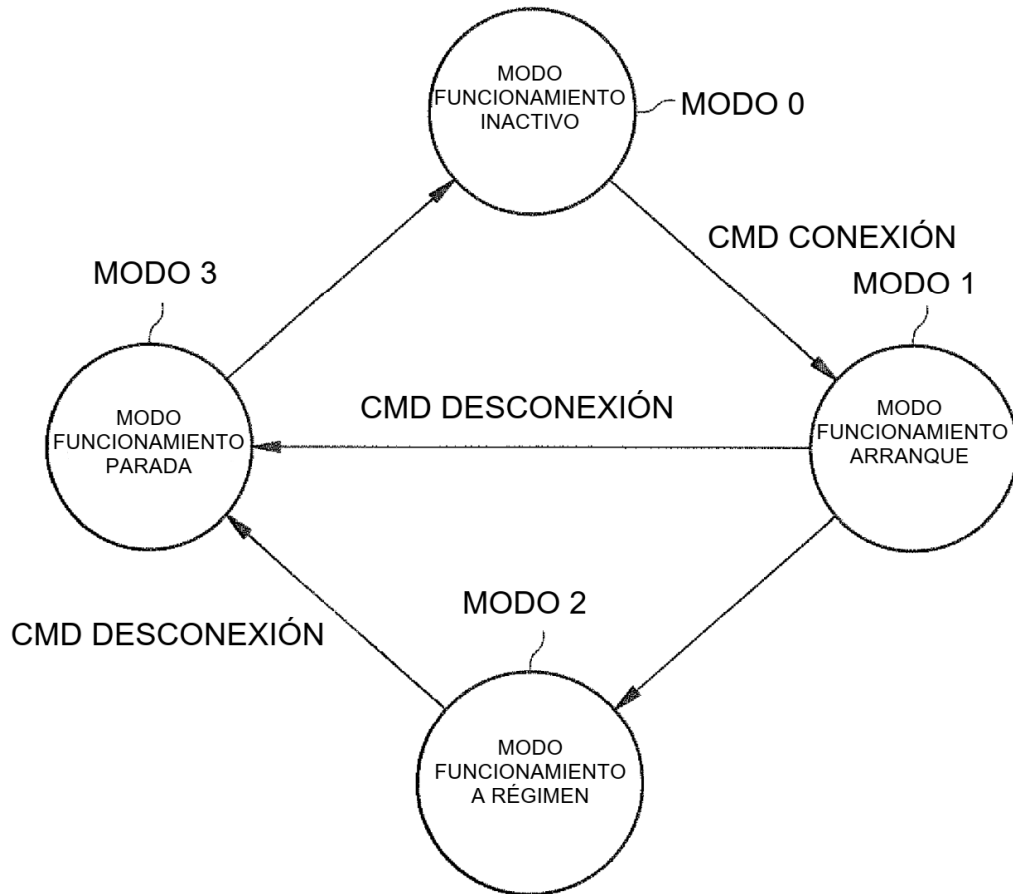


FIG 4

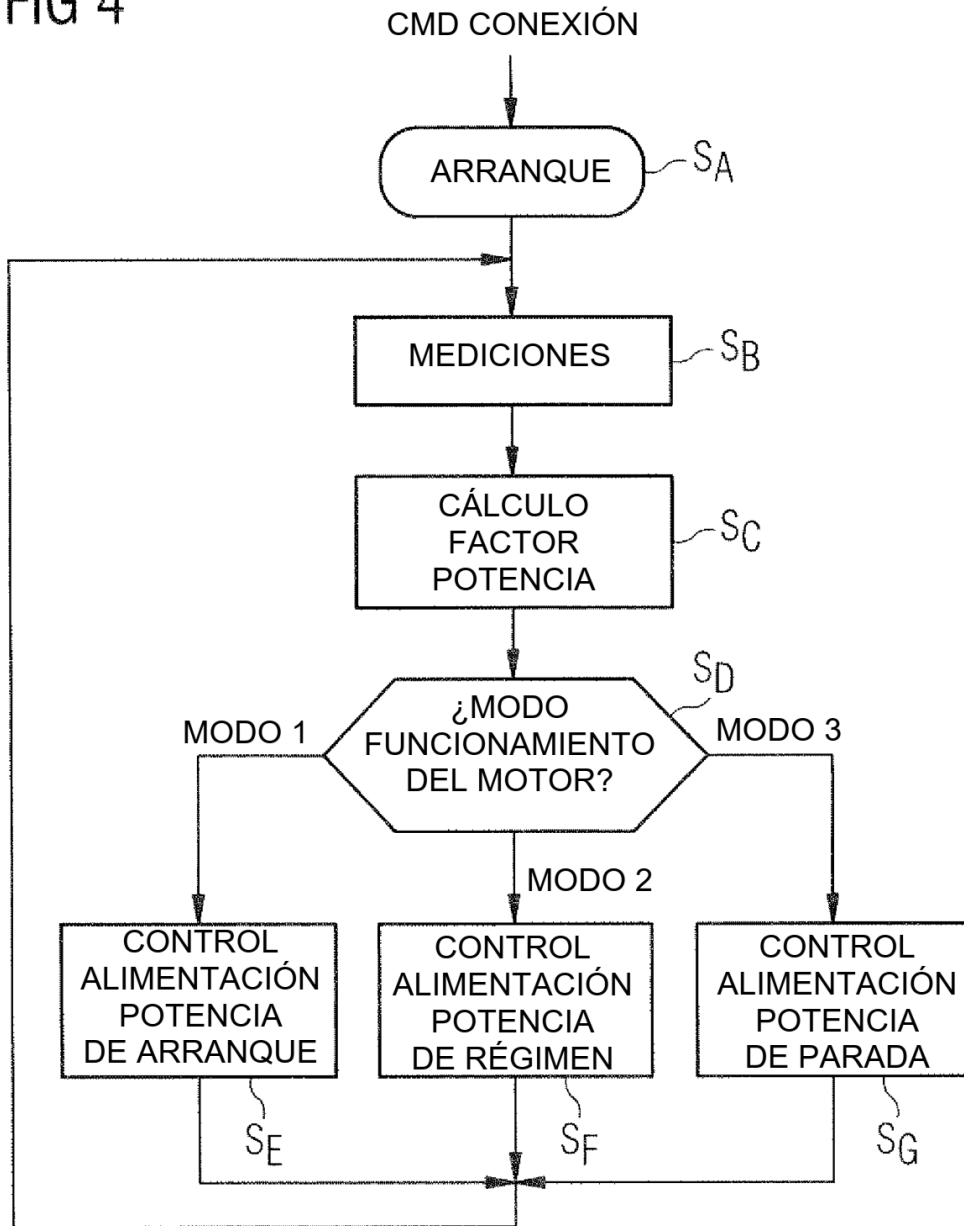


FIG 5

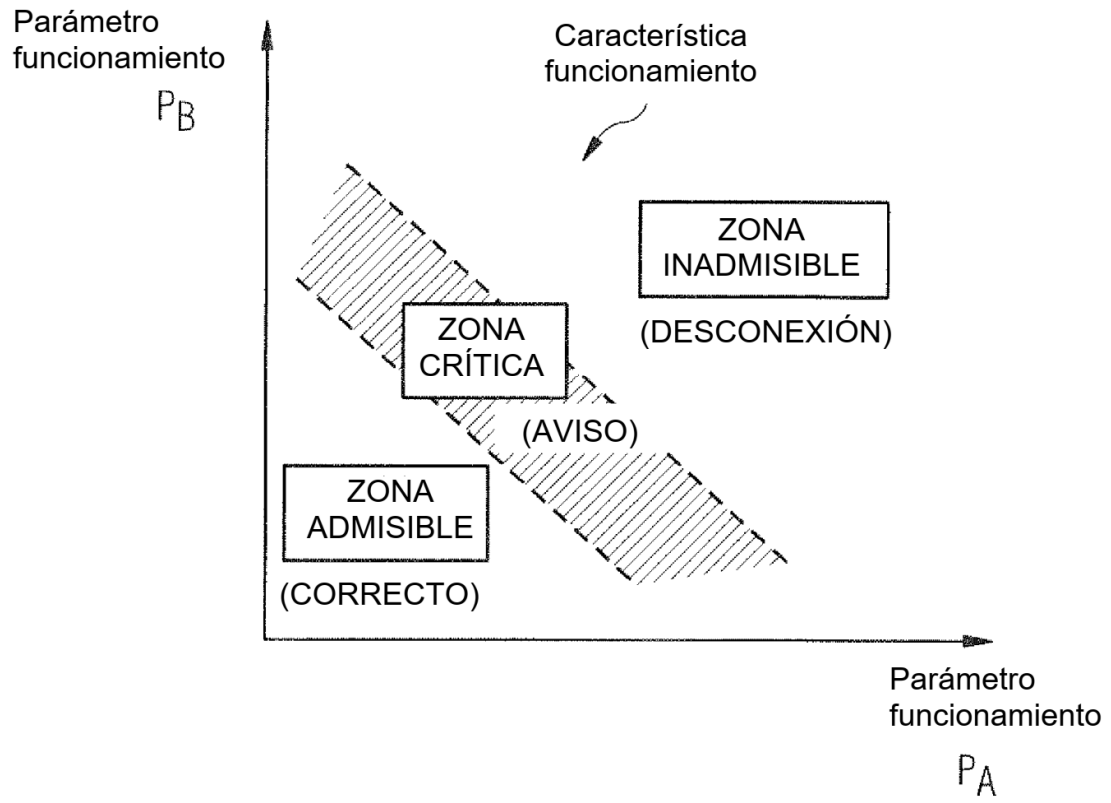


FIG 6

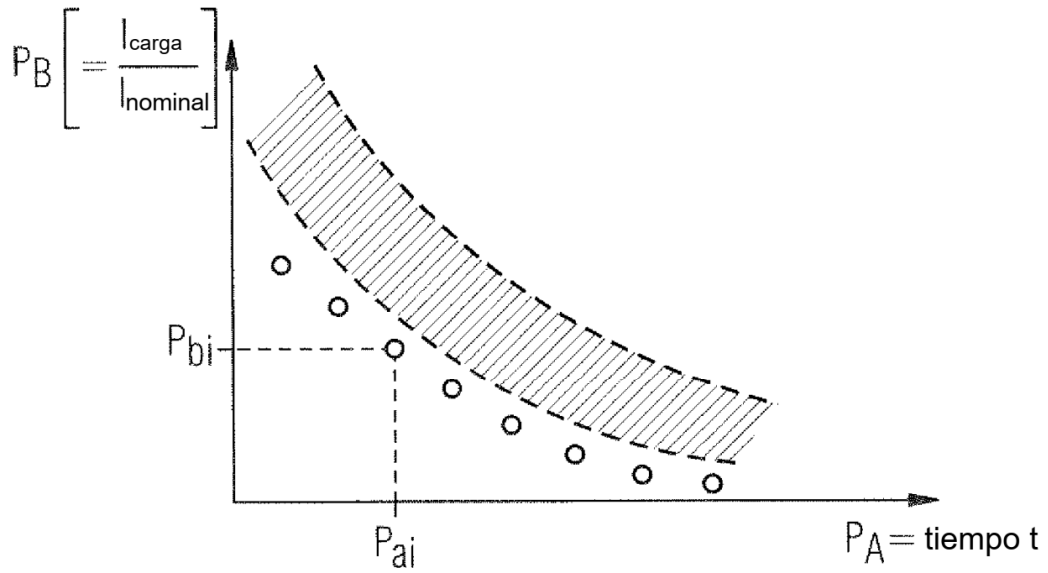


FIG 7

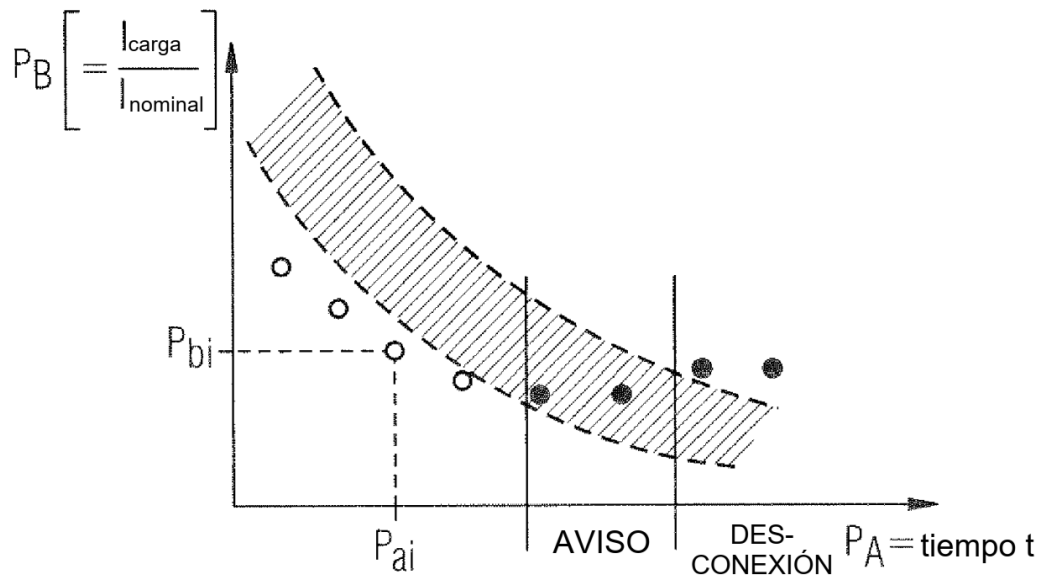
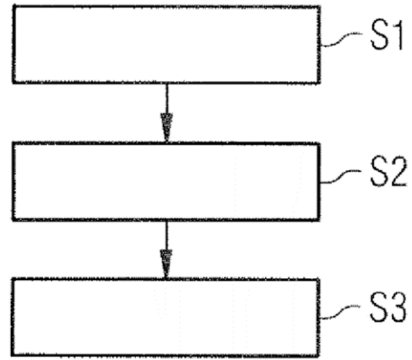


FIG 8



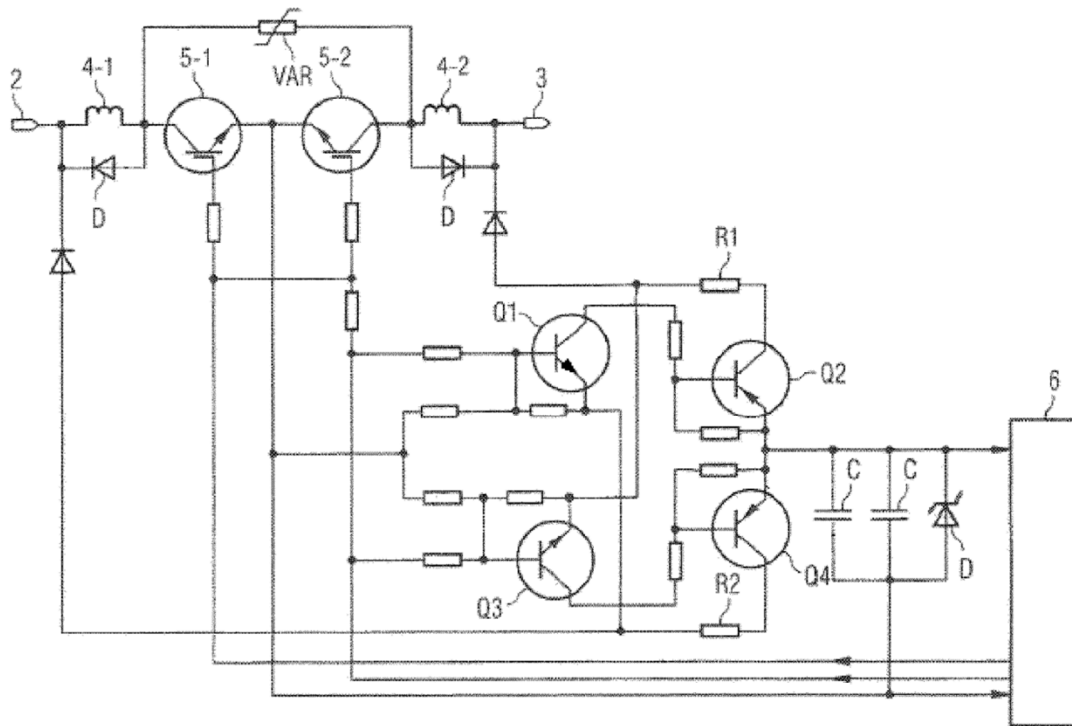


Fig.9

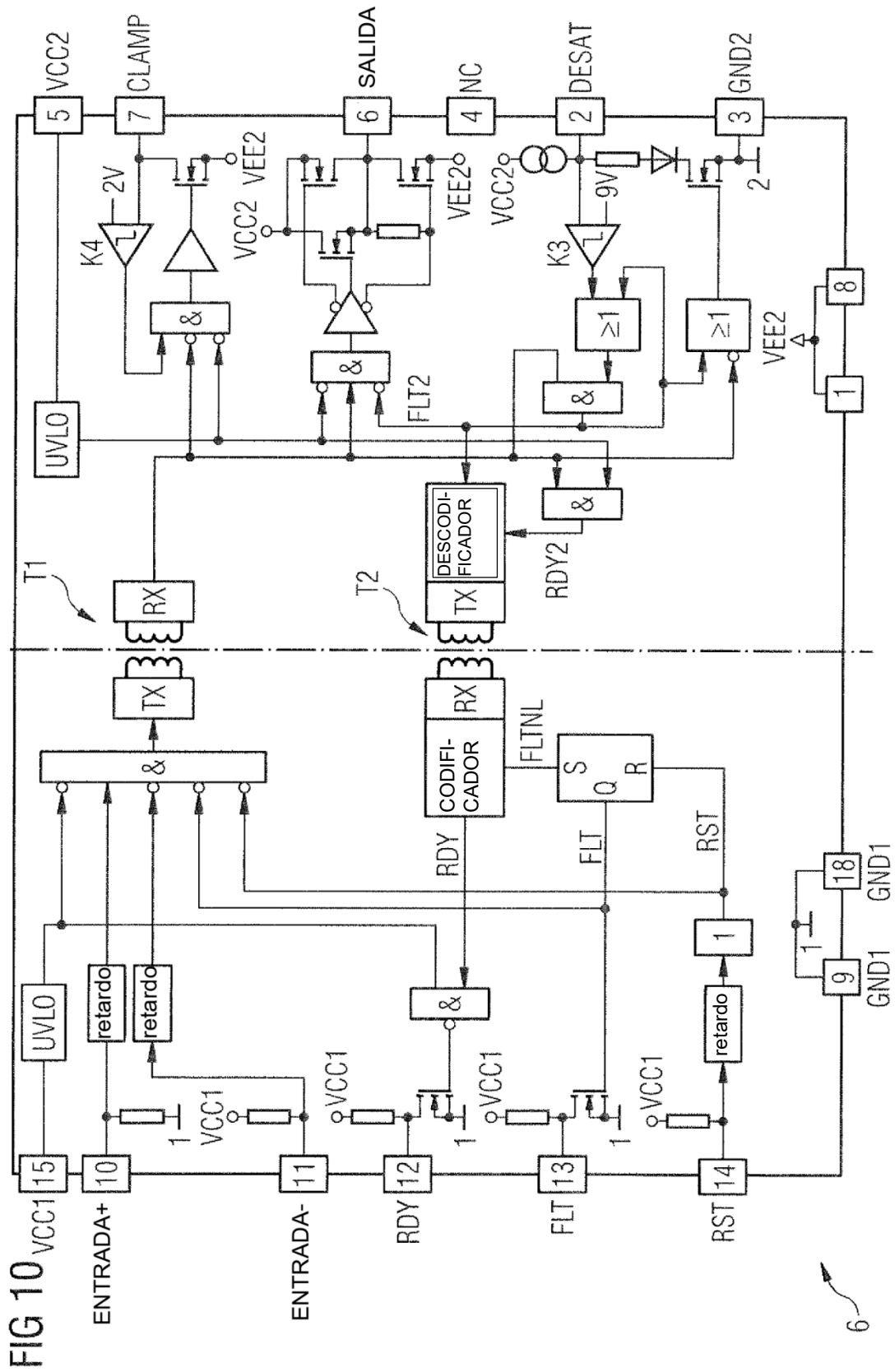


FIG 10

FIG 11

