

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 633 300**

51 Int. Cl.:

**H02H 7/085** (2006.01)

**H02M 7/5387** (2007.01)

**H02P 6/00** (2006.01)

**H02P 29/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.11.2012** **E 12401222 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.03.2017** **EP 2731218**

54 Título: **Convertidor de frecuencia para operar un motor eléctrico, sistema mecatrónico y aparato eléctrico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**20.09.2017**

73 Titular/es:  
**MIELE & CIE. KG (100.0%)**  
**Carl-Miele-Strasse 29**  
**33332 Gütersloh, DE**

72 Inventor/es:  
**FEMMER, UWE y**  
**NEUFELD, ALEXANDER**

74 Agente/Representante:  
**LOZANO GANDIA, José**

ES 2 633 300 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).

**CONVERTIDOR DE FRECUENCIA PARA OPERAR UN MOTOR ELÉCTRICO, SISTEMA MECATRÓNICO Y APARATO ELÉCTRICO**

**DESCRIPCIÓN**

- 5 La invención se refiere a un convertidor de frecuencia para operar un motor eléctrico, que incluye un rectificador, un ondulator con semipuentes controlados, para conectar y desconectar el suministro de corriente a al menos un devanado de un motor eléctrico monofásico o polifásico y a un equipo de control para controlar los semipuentes y captar la corriente aportada a los distintos devanados.
- 10 Por el documento EP 0 247 996 A2 se conoce un equipo para vigilar la corriente en un motor de corriente trifásica. Allí se capta la señal de corriente en un polo común del circuito intermedio de tensión continua mediante una resistencia de medida en la línea, integrándose la señal de corriente y desconectándose en función de este resultado el suministro de corriente al convertidor y con ello al motor. No obstante, entonces no queda asegurado que se detecten todos los estados de servicio inadmisibles que podrían originar un sobrecalentamiento. Además se necesitan numerosos componentes estructurales para el equipo destinado a captar la corriente en un polo común del circuito intermedio de tensión continua, que exigen un calibrado bastante delicado.
- 15 Otro estado de la técnica se conoce por los documentos WO 2005/10952A1, EP 2 409 630 A2 y US 6 992 448 B2.
- 20 La invención tiene así como objetivo básico proporcionar de manera sencilla un convertidor de frecuencia en el que de manera sencilla se vigile con fiabilidad la carga térmica individual de componentes del convertidor de frecuencia y/o en el motor para evitar sobrecargas térmicas.
- 25 Según la invención se logra el objetivo mediante un sistema mecatrónico de acuerdo con la reivindicación 1 y mediante un aparato eléctrico de acuerdo con la reivindicación 14. Ventajosas mejoras y perfeccionamientos de la invención resultan de las correspondientes reivindicaciones dependientes que siguen a continuación.
- 30 Las ventajas que pueden lograrse con la invención consisten, además de en la vigilancia fiable del calentamiento del convertidor y/o del motor, en que no se necesita ningún medio de captación complicado, con lo que se logra una estructura muy sencilla y económica para el convertidor de frecuencia. Para ello se forma el equipo para captar la corriente total tal que se determina una corriente sumatoria mediante las corrientes de fase que de todos modos se captan por medio del equipo de control, con lo que el equipo de control ya existente, en conexión operativa, teniendo en cuenta correspondientemente las intensidades captadas, aportadas a los correspondientes devanados del motor, puede determinar una medida del calentamiento del convertidor de frecuencia, de componentes individuales del mismo y/o del motor.
- 35 Al respecto está dispuesto al menos en una de las líneas de entrada para la alimentación eléctrica del convertidor de frecuencia un elemento amortiguador para amortiguar los armónicos retroindexados en la línea. Al respecto puede utilizarse como elemento amortiguador una reactancia o bobina conectada en la línea de alimentación. Una medida del calentamiento de este elemento amortiguador o de la bobina se determina entonces en base a la prueba de plausibilidad antes citada, quedando fijado el valor límite en base a la estabilidad frente a la temperatura y a otros parámetros, como resistencia y capacidad de irradiación del calor del elemento amortiguador.
- 40 El equipo está entonces equipado convenientemente para determinar en base a la corriente sumatoria averiguada una potencia generada en el elemento amortiguador o reactancia. Puesto que en base a la vigilancia puede evitarse un calentamiento inadmisibles del elemento amortiguador, es suficiente que el elemento amortiguador esté dimensionado para el servicio nominal del motor. Un llamado sobredimensionado del componente estructural debido a posibles casos de sobrecarga en situaciones de falta, no es aquí necesario.
- 45 En una realización ventajosa está preparado el equipo además para determinar la magnitud de una carga térmica del elemento amortiguador en base a una prueba de plausibilidad a partir de la corriente determinada en la línea de alimentación o en la potencia generada en el elemento amortiguador en la evolución en el tiempo. De esta manera se determina con mucha fiabilidad la energía aportada al elemento amortiguador y se incluye también la capacidad de cesión de energía. Esto significa que mientras la energía aportada sea mayor que la cedida, resulta un calentamiento creciente del componente. La energía aportada resulta aquí de la corriente aportada al componente y de la resistencia activa o resistencia que provoca el calor. El calentamiento máximo se define entonces como valor límite que aún no origina un deterioro inadmisibles o un peligro de incendio por causa del componente.
- 50 En otra realización está preparado el equipo además para determinar la magnitud de la carga térmica del elemento amortiguador o del motor o del convertidor en base a un modelo matemático del comportamiento térmico del convertidor de un componente estructural y/o del motor a partir de la corriente determinada en la línea de alimentación o en la potencia generada en el elemento amortiguador en la evolución en el tiempo. El modelo puede estar memorizado como lista de valores en la memoria del equipo de control, con lo que mediante operaciones de cálculo sencillas y rápidas o bien comparaciones de valores, puede realizarse una prueba de plausibilidad fiable.
- 55 En una realización ventajosa está configurado el equipo para realizar como prueba de plausibilidad una suma de valores de potencia o valores de intensidad de la corriente individuales, que se forman a partir de la diferencia entre cada valor de potencia o valor de la intensidad de la corriente captado y un valor límite predeterminado. De esta
- 60
- 65

manera se logra mediante operaciones de cálculo muy sencillas un comportamiento fiable del calentamiento del convertidor de frecuencia o del elemento amortiguador en la línea de alimentación y/o los devanados del motor.

5 En otra realización está configurado el equipo para realizar, como prueba de plausibilidad, una operación matemática formando la integral de distintos valores de potencia o valores de la intensidad de corriente que están formados por la diferencia entre el valor de potencia o el valor de la intensidad de corriente captado en cada caso y un valor límite predeterminado. Esta operación de cálculo se realiza con bastante facilidad.

10 En una realización ventajosa en su conjunto está configurado el equipo para impedir o interrumpir la aportación de la corriente a los distintos devanados desconectando los semipuentes, cuando se alcanza o sobrepasa un valor límite predeterminado para la suma o la integral del valor de potencia o del valor de la intensidad de la corriente. Así no se necesitan otros componentes estructurales, como interruptores electromecánicos o interruptores electrónicos. Los interruptores electrónicos que de todos modos existen en los semipuentes se utilizan para desconectar el motor y con ello para interrumpir o bien reducir claramente el suministro de corriente al convertidor de frecuencia cuando se presenta una falta que originaría una sobrecarga de los componentes estructurales. Alternativamente puede interrumpirse también el suministro de corriente completo a la entrada del convertidor de frecuencia o del circuito intermedio de tensión continua mediante un interruptor electromecánico controlado, por ejemplo un relé.

15 En una realización conveniente en su conjunto incluye el equipo de control del convertidor de frecuencia un microcontrolador, que además interactúa con distintos medios de captación para captar las distintas corrientes de fase, para determinar la corriente total. Así es posible una estructura muy sencilla.

20 Para proporcionar de manera sencilla señales de entrada que puedan procesarse en el microcontrolador, incluyen los medios de captación para captar las correspondientes intensidades de fase individuales un divisor de tensión y/o adicionalmente un amplificador para acondicionar la señal medida para el microcontrolador.

25 En una realización conveniente en su conjunto incluye el microcontrolador o bien el equipo de control una memoria, que contiene un programa de computadora para el tratamiento o la realización de la secuencia mediante el microcontrolador, para proporcionar el funcionamiento del equipo para determinar la intensidad de corriente en al menos una línea de alimentación en función de una de las descripciones anteriores.

30 La invención se refiere a un sistema mecatrónico que incluye un convertidor de frecuencia de una ejecución tal como antes se ha descrito y un motor alimentado eléctricamente por el convertidor de frecuencia. El sistema mecatrónico ha de considerarse entonces como unidad funcional, en la que se conocen los parámetros para los componentes estructurales, las cargas del motor y las exigencias a las actividades del motor y se utilizan para fijar los valores límite y como magnitudes el cálculo para calcular o determinar la temperatura del convertidor de frecuencia, del motor y/o de los devanados del motor y/o de distintos componentes estructurales, como por ejemplo el elemento amortiguador en la línea de alimentación hacia el convertidor de frecuencia. Es conveniente en conjunto que el convertidor de frecuencia reciba mediante una introducción de datos o introducción de señales las prescripciones o valores de consigna para accionar el motor.

35 La invención se refiere además a un aparato eléctrico, como máquina lavadora, secadora, lavavajillas, armario frigorífico, campana extractora de vapores o aparato para cocinar, que incluye al menos un accionamiento motorizado, incluyendo el accionamiento motorizado el correspondiente sistema mecatrónico. Al respecto transmite el equipo de control del aparato doméstico señales o datos al convertidor de frecuencia, que contienen las prescripciones para la actividad del motor. Las prescripciones vienen determinadas por lo general por la secuencia de un programa del aparato doméstico.

40 Un ejemplo de realización de la invención se representa de manera simplemente esquemática en los dibujos y se describirá a continuación más en detalle. Se muestra en:

figura 1: una máquina lavadora como aparato eléctrico;  
 figura 2: esquemáticamente, una configuración de circuitos de un convertidor de frecuencia con el motor y  
 figura 3: tres diagramas para visualizar la forma de actuación de la función de vigilancia

55 En la figura 1 se representa esquemáticamente una máquina lavadora 1 en una representación en sección en la posición de funcionamiento. La máquina lavadora 1 incluye una cubeta para la colada 19, en la que está dispuesto un tambor 18 que gira esencialmente en horizontal. El tambor 18 o bien el eje del tambor 18a se acciona con ayuda de un motor 3 y un sistema de accionamiento 2. El motor 3 se controla mediante un convertidor de frecuencia 4 y está conectado mediante un cable 25 al convertidor de frecuencia 4. En este ejemplo se utiliza un motor síncrono sin escobillas, aquí un llamado motor sin escobillas con rotor excitado por imán permanente (BLPM), proporcionando el convertidor de frecuencia 4 la potencia o suministro de corriente para el motor 3. Los órdenes de control las recibe el convertidor de frecuencia 4 del sistema de control del programa 10, que mediante una línea de datos 10a está conectado con el convertidor de frecuencia 4. La máquina lavadora 1 incluye además un cable de alimentación 5, que cuando el sistema está preparado para el funcionamiento está conectado mediante un conector 5a a la red de suministro de la vivienda, en Europa predominantemente de aprox. 230 V. El cable de alimentación 5 se conduce por el interior del aparato 1, conduciéndose la alimentación mediante interruptores o distribuidores a los distintos consumidores, como elemento calentador 56, bomba de desagüe 27 y/o el convertidor de frecuencia 4 para el motor de accionamiento 3.

En la figura 2 se dibuja esquemáticamente la configuración del convertidor de frecuencia 4 para alimentar eléctricamente el motor 3. Puesto que convertidor de frecuencia está dimensionado coordinadamente con el motor 3 o bien con los parámetros de los devanados, puede denominarse esta combinación sistema mecatrónico. La tensión de alimentación 5 aplicada a la entrada del convertidor 4 (por ejemplo 230 c.a.) se rectifica en un rectificador 6 para formar una tensión continua con un polo positivo 9 y un polo negativo 8. La tensión continua en el circuito intermedio de tensión continua 7 se encuentra aquí en la gama de 230V a 325 V, resultando en el circuito intermedio de tensión continua 7 la intensidad de corriente IDC. Para otros valores de la tensión de alimentación 5 aportada, resultarían correspondientemente otros valores para la tensión rectificada en el circuito intermedio de tensión continua 7. En el circuito intermedio de tensión continua 7 está conectado el ondulator 12, que para cada fase U, V, W del motor posee el respectivo semipunto 14u, 14v, 14w. Los semipuntos 14u, 14v, 14w conectan con ayuda de transistores T1 a T6 la corriente del motor IU, IV, IW en las fases U, V, W, utilizándose una modulación en anchura de impulso, que sirve para proporcionar corrientes sinusoidales IU, IV, IW o corrientes continuas en las fases U, V, W. Como motor 3 se utiliza en este ejemplo un motor trifásico con un devanado estatórico 16 de tres ramales, que está realizado con forma de estrella. En el circuito intermedio de tensión continua 7 se encuentra el controlador por microprocesador 11, que está configurado para controlar los semipuntos 14u, 14v, 14w en función de los valores captados, para alimentar eléctricamente los distintos devanados 16u, 16v, 16w para el funcionamiento del motor 3. El convertidor de frecuencia 4 incluye además para las distintas intensidades de fase IU, IV, IW respectivos dispositivos detectores 15u, 15v, 15w, que retransmiten las intensidades de fase como señal al controlador de microprocesador 11, para que el mismo pueda realizar el control de los semipuntos 14u, 14v, 14w correspondientemente en base a los valores captados. Los dispositivos detectores 15u, 15v, 15w están además preparados para llevar una magnitud relativa a la potencia o bien la intensidad IU, IV, IW llevada los distintos devanados 16u, 16v, 16w como señal MU, MV, MW al microcontrolador 11.

Los correspondientes dispositivos detectores 15u, 15v, 15w incluyen en una realización sencilla un divisor de tensión, para generar junto con un amplificador o bien amplificador operacional una señal MU, MV, MW que puede evaluar el microcontrolador 11. El microcontrolador 11 incluye además una memoria 11a o bien interactúa con la misma, la cual contiene un programa de computadora Prog para procesarlo mediante el microcontrolador 11, para realizar el funcionamiento del convertidor de frecuencia 4 mediante el correspondiente control de los semipuntos 14u, 14v, 14w y el funcionamiento del dispositivo para detectar la corriente de alimentación llevada al convertidor de frecuencia 4 y/o un posible calentamiento. En la figura 2 puede verse además que al menos en una fase de la línea de alimentación 5 está dispuesto un elemento amortiguador 17, que impide la propagación de armónicos de la red a la red de alimentación hasta un grado predeterminado. En una realización sencilla está compuesto el elemento 5a por una bobina o reactancia correspondientemente dimensionada.

En conjunto resulta la siguiente forma de funcionamiento: El elemento amortiguador 17 se sitúa en la entrada de red 5 del convertidor de frecuencia 4. Pero también puede estar dispuesto a elección detrás del rectificador 6 en el circuito intermedio de tensión continua 9. El elemento amortiguador 17 o la reactancia de repercusión en la red está diseñado/a usualmente tal que no se calienta demasiado con la máxima potencia permanente del motor. Pero cuando el motor 3, debido por ejemplo a una sobrecarga, absorbe una potencia claramente superior, puede llegarse a un sobrecalentamiento del elemento amortiguador 17. Es decisiva para el calentamiento del elemento amortiguador 17 la intensidad que fluye a través del elemento amortiguador 17. La intensidad que fluye a través del elemento amortiguador 17 puede calcularse con relativa sencillez a partir de la potencia cedida por el motor y de la tensión en el circuito intermedio UDC.

La potencia absorbida por el motor o bien la potencia del motor proporcionada por el convertidor de frecuencia 4 se calcula en una realización preferente o conveniente como sigue:

$$P_{Motor} = I_u \cdot U_u + I_v \cdot U_v + I_w \cdot U_w$$

PMotor potencia absorbida por el motor  
 IU intensidad en la fase U  
 UU tensión de la fase U

Las tres intensidades de fase IU, IV, IW se miden directamente, tal como puede verse en la figura 2. La correspondiente tensión de fase no se mide directamente, sino que se calcula a partir de la tensión del circuito intermedio y del tiempo de conexión de la modulación en anchura de impulso para el control de los transistores T1 a T6 de los semipuntos 14u, 14v, 14w en la correspondiente fase. Así resulta para la tensión de fase Uu la siguiente relación:

$$U_u = UDC \cdot D_U,$$

en la que UDC es la tensión del circuito intermedio y Du el llamado "duty cycle" (ciclo de trabajo) de la fase U, es decir, la duración de la conexión de la tensión o bien de la corriente Iu para un devanado o fase Uu. Lo correspondiente es válido también para las fases v y w. La tensión UDC no se conecta por completo a la fase U, sino a través de una modulación en anchura de impulso (PWM), que se proporciona mediante la evolución en el tiempo del control de los semipuntos 14u, 14v, 14w mediante el microcontrolador 11. De esta manera puede someterse la fase U a una tensión entre cero y UDC. Con ayuda de los parámetros conocidos para el devanado del motor 16u, dado el caso otros parámetros del motor y la potencia que de ello resulta, puede calcularse ahora mediante la siguiente fórmula la intensidad de corriente Iu que fluye a través del elemento amortiguador 5a:

$$I_e = K \cdot I_{DC} = K \cdot P_{Motor} / U_{DC}$$

- 5  $I_e$  intensidad de corriente a través de la etapa de amortiguación
- $I_{DC}$  intensidad de corriente en el circuito intermedio
- $P_{Motor}$  potencia absorbida por el motor
- $U_{DC}$  tensión en el circuito intermedio de corriente continua
- $K = f(I_{DC})$  factor de corrección: corriente en el circuito intermedio - corriente a la entrada de la red.

10 El factor de corrección K no es un valor fijo, sino que representa una curva característica no lineal, que describe la relación entre  $I_{DC}$  e  $I_e$ . La relación entre  $I_{DC}$  e  $I_e$  (efectiva) puede tener un aspecto, para una tensión de red constante, por ejemplo tal como se ve esquemáticamente en la figura 4.

15 La influencia de la tensión de red en la línea 5 sobre el factor de corrección K es relativamente pequeña y puede despreciarse en la mayoría de los casos, ya que la tensión de red, por ejemplo 230 V efectivos, varía normalmente muy poco. También el factor de corrección K puede eliminarse en algunos casos. En función de la aplicación y de las exigencias de exactitud, ha de decidirse cuando se tiene en cuenta este factor K o no. En las consideraciones que van a continuación se desprecia el factor de corrección K, con lo que la corriente  $I_e$  que fluye a través del elemento amortiguador 17 puede igualarse a  $I_{DC}$ . Si se incluye ahora en la fórmula para calcular la corriente de entrada  $I_e$  la potencia del motor o bien la potencia absorbida por el convertidor 4, entonces resulta como tensión del circuito intermedio abreviadamente:

$$I_{DC} = P_{Motor} / U_{DC} = (I_u \times U_u + I_v \times U_v + I_w \times U_w) / U_{DC} = (U_{DC} \times (I_u \times D_u + I_v \times D_v + I_w \times D_w)) / U_{DC}$$

25 con lo que resulta

$$I_{DC} = I_u \times D_u + I_v \times D_v + I_w \times D_w$$

30 Así puede calcularse la intensidad  $I_e$  a través del elemento amortiguador 17 con ayuda de las intensidades de fase medidas  $I_u$ ,  $I_v$ ,  $I_w$  y de los tiempos de conexión conocidos.

35 Con ayuda de la corriente  $I_e$  que fluye a través del elemento amortiguador 17, puede calcularse y vigilarse ahora la temperatura del elemento amortiguador 17, del convertidor de frecuencia 4 o del motor 3. En este ejemplo se vigila la temperatura del elemento amortiguador 17 relevante para la seguridad. Para determinar la temperatura se utiliza un modelo  $I^2t$  sencillo. El modelo  $I^2t$  es un procedimiento usual en la técnica y significa que el valor instantáneo de la intensidad  $I_e$  se eleva al cuadrado y se integra a lo largo del tiempo. La potencia de pérdidas PNRD del elemento amortiguador 17 se calcula como sigue:

$$PNRD = \int I_e^2 dt \times R_{nrd}$$

- 40 PNRD potencia de pérdidas del elemento amortiguador
- $I_e$  intensidad de corriente a través del elemento amortiguador
- $R_{nrd}$  resistencia activa del elemento amortiguador o reactancia 17.

45 La evolución en el tiempo de la potencia de pérdidas PNRD corresponde, al menos aproximadamente, a la evolución en el tiempo de la temperatura. Así puede calcularse la evolución de la temperatura del elemento amortiguador 17 con el modelo  $I^2t$ . Primeramente se calcula la proporción de potencia de pérdidas por encima de la intensidad de corriente permanente admisible:

$$\Delta I_{DC}^2 = I_{DC}^2 - I_{DCmax}^2$$

- 50  $I_{DC}$  intensidad de corriente en el circuito intermedio
- $I_{DCmax}$  valor calculado para una corriente máxima admisible, al sobrepasarse la cual se origina un sobrecalentamiento inadmisibles del elemento amortiguador 17.

55 La intensidad de corriente permanente permitida se define tal que para dicha intensidad de corriente el elemento amortiguador 17 se encontraría ligeramente por debajo del límite de temperatura admisible. El valor ahora calculado  $\Delta I_{DC}^2$  se integra a continuación en función del signo que resulta a partir de la diferencia antes citada:

$$60 (I_{DC} Integral)^2(t) = \left\{ \int [\Delta I_{DC}^2 dt] \text{ para } \Delta I_{DC}^2 > 0 \text{ y } \left( \int [\Delta I_{DC}^2 / d dt] \text{ para } \Delta I_{DC}^2 \leq 0 \right) \right.$$

65 Mediante la escalación adicional con d ( $d > 1$ ) para un valor  $\Delta I_{DC}^2$  negativo, se realiza el decremento más lentamente que el incremento. El valor de la integral  $(I_{DC} Integral)^2(t)$  se limita a como mínimo 0. Cuando sobrepasa  $(I_{DC} Integral(t))^2$  un valor límite superior, se desconecta el motor 3 bloqueando los semipuentes 14u, 14v, 14w, hasta que el valor  $(I_{DC} Integral(t))^2$  haya caído por debajo de un valor límite inferior. El diagrama de la figura 3 muestra las circunstancias aquí descritas. Tal como ya se ha mencionado antes, puede realizarse la

## ES 2 633 300 T3

desconexión también centralmente mediante un relé en el cable de alimentación o la línea 5 del convertidor de frecuencia 4 o mediante interrupción en el circuito intermedio 9.

5 Al comienzo, a partir del instante  $t=0$ , la intensidad de la corriente IDC ó le es inferior al valor límite prescrito IDCmax. Debido a ello la integral  $I^2t$  es cero, con lo que se representa un calentamiento o temperatura constante, admisible, para el componente estructural. Para  $t=1$  se presenta una falta debida a sobrecarga en el motor 3 y entonces IDC aumenta bruscamente y sobrepasa el valor límite IDCmax. Con ello aumenta también la temperatura del elemento amortiguador 17. También aumenta la integral  $I^2t$ . Para  $t=2$  alcanza la integral  $I^2t$  el valor máximo para  $I^2t$ , que igualmente es un valor límite predefinido. Como reacción relevante para la seguridad, se desconecta entonces el motor 3, con lo que a partir del instante  $t=2$  ya no se conduce corriente alguna a las distintas fases 14u, 14v, 14w. Debido a ello resulta como intensidad de corriente IDC ó le cero. La integral  $I^2t$  y también la temperatura TNRD del elemento amortiguador 17 descienden. Debido a la escalación en la integración regresiva (decremento), resulta el gradiente de la integral  $I^2t$  claramente inferior a la pendiente entre los instantes  $t=1$  y  $t=2$ . En el instante  $t=3$  alcanza la integral  $I^2t$  el valor  $I^2t$  mínimo, es decir, otro valor límite inferior predefinido y el motor 3 es alimentado de nuevo con corriente mediante los semipuentes 14u, 14v, 14w, activándose así, ya que durante el espacio de tiempo precedente de  $t=2$  a  $t=3$ , el convertidor de frecuencia 4, el elemento amortiguador 17 o el motor 3 se han enfriado correspondientemente. Una falta por sobrecarga para el motor 3 puede desactivarse ahora, ya que todos los componentes del accionamiento y del controlador se encuentran en la gama admisible de temperaturas o de cargas. Debido a ello, sigue descendiendo el valor de la integral  $I^2t$ , aproximadamente proporcional o al menos como tendencia hacia una caída de temperatura del componente estructural 17, 3, 4 correspondientemente vigilado. En el tercer diagrama de la figura 3 se dibuja además esquemáticamente que mediante la desconexión temprana del motor 3 en caso de sobrecarga, no se alcanza el valor límite de temperatura TG a partir del cual es posible una destrucción o un incendio de un componente estructural 17, 3, 4

25

REIVINDICACIONES

1. Sistema mecatrónico, que incluye
- un motor eléctrico monofásico o polifásico (3);
  - un convertidor de frecuencia (4) para operar el motor (3), que incluye un rectificador (6), que puede conectarse mediante una línea de alimentación (5) a una red de corriente alterna, un ondulator (12) con semipuentes controlados (14u, 14v, 14w), para conectar y desconectar el suministro de corriente al o a los varios devanados (16u, 16v, 16w) del motor (3) y un equipo de control (11) para controlar los semipuentes (14u, 14v, 14w);
  - un equipo de captación (15u, 15v, 15w) para cada uno de los devanados (16u, 16v, 16w), para captar las distintas corrientes de fase (lu, lv, lw);
  - un elemento amortiguador (17) en la línea de alimentación (5) para amortiguar armónicos retroindexados en la línea de alimentación (5), estando diseñado el elemento amortiguador (17) tal que para la máxima potencia permanente del motor se encuentra ligeramente por debajo del límite de temperatura admisible;
- en el que el equipo de control (11) está equipado para
- determinar una corriente total (IDC) en base a las distintas corrientes de fase (lu, lv, lw) captadas e
  - impedir o interrumpir la aportación de la corriente a los distintos devanados (16u, 16v, 16w) desconectando los semipuentes (14u, 14v, 14w), cuando la corriente total (IDC) sobrepasa una corriente máxima admisible (IDC<sub>max</sub>), al sobrepasar la cual se origina un sobrecalentamiento inadmisibles del elemento amortiguador (17).
2. Sistema mecatrónico de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el elemento amortiguador (17) incluye una reactancia o bobina conectada en la línea de alimentación (5).
3. Sistema mecatrónico de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 2, en el que el equipo de control (11) incluye un microcontrolador (uC), que interactúa con los medios de captación (15u, 15v, 15w) para captar las distintas corrientes de fase (lu, lv, lw), para determinar la corriente total (IDC).
4. Sistema mecatrónico de acuerdo con la reivindicación 3, en el que los medios de captación (15u, 15v, 15w) para captar las correspondientes intensidades de fase individuales (lu, lv, lw) incluyen en cada caso un divisor de tensión y/o adicionalmente un amplificador para acondicionar la señal medida para el microcontrolador (uC).
5. Sistema mecatrónico de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el equipo de control (11) está equipado para determinar la carga térmica del elemento amortiguador (17) mediante

$$\int IDC^2(t) = \begin{cases} \int \Delta IDC^2 dt & \text{para } \Delta IDC^2 > 0 \\ \int \frac{\Delta IDC^2}{d} dt & \text{para } \Delta IDC^2 \leq 0 \end{cases}$$

en donde

$\Delta IDC^2 = IDC^2 - IDC_{max}^2$ ;  
 $IDC_{max}$  máxima intensidad admisible;  
 $d > 1$ ; y  
 $\int IDC^2(t) \geq 0$ ; y

para impedir o interrumpir la aportación de la corriente a los distintos devanados (16u, 16v, 16w) desconectando los semipuentes (14u, 14v, 14w), cuando  $\int IDC^2(t)$  sobrepasa un valor límite  $I^2_{t_{max}}$  predefinido y activar de nuevo la aportación de corriente a los distintos devanados (16u, 16v, 16w) mediante los semipuentes (14u, 14v, 14w) cuando  $\int IDC^2(t)$  queda por debajo de un valor límite  $I^2_{t_{min}}$  predefinido.

6. Aparato eléctrico (1), como máquina lavadora, secadora, lavavajillas, armario frigorífico, campana extractora de vapores o aparato para cocinar, que incluye un sistema mecatrónico de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5.

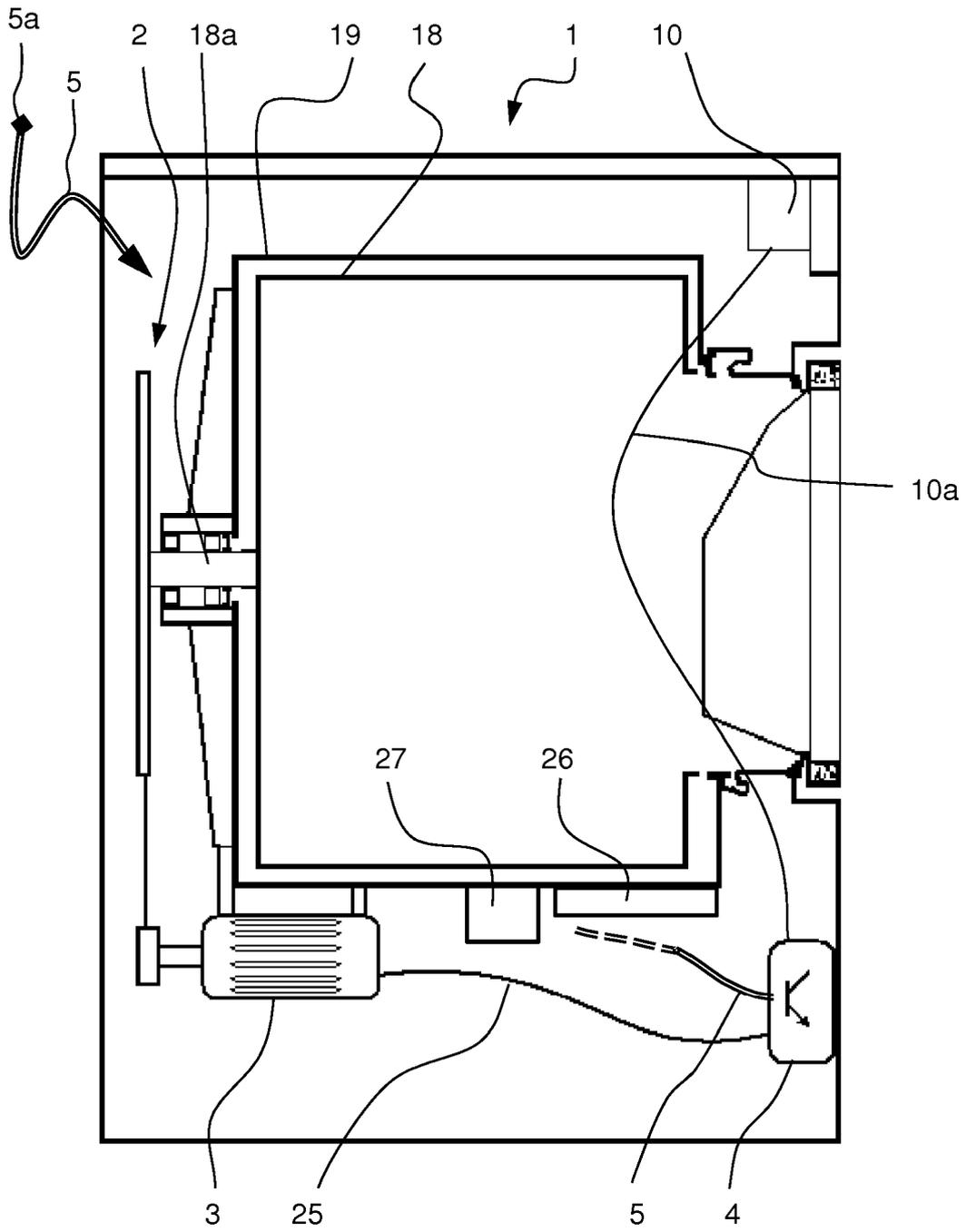


Fig. 1

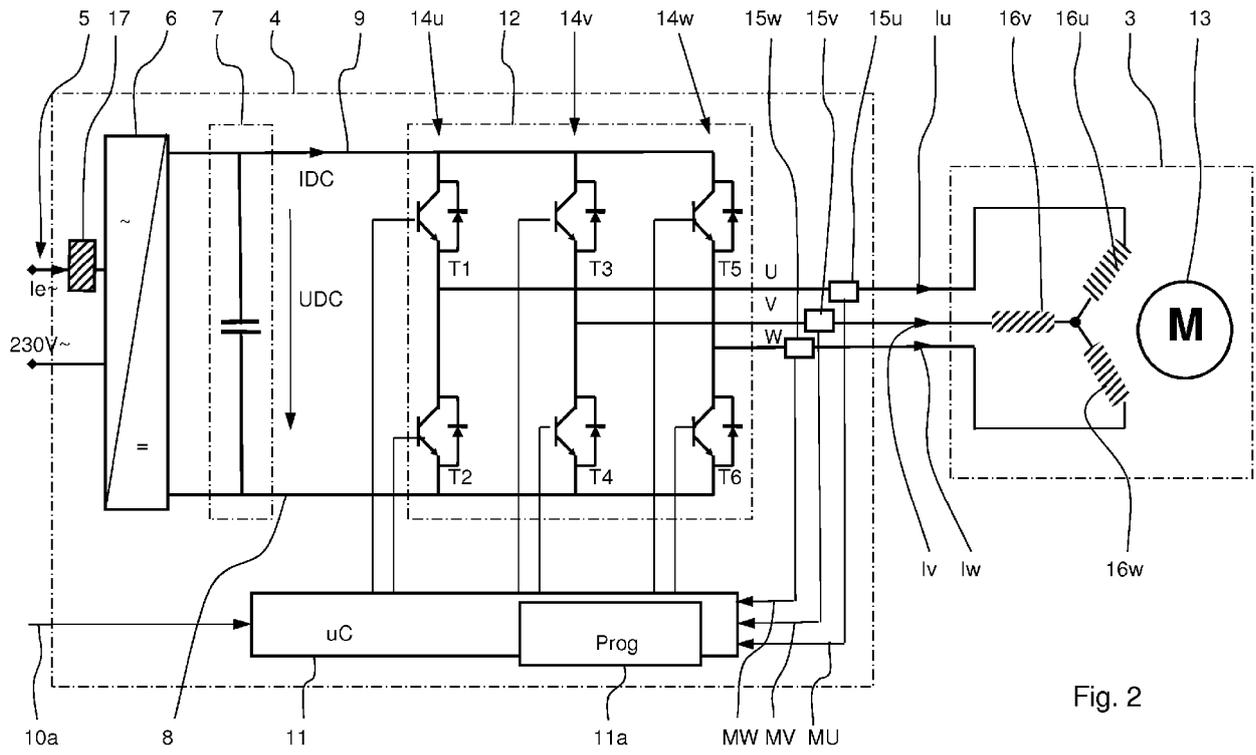


Fig. 2

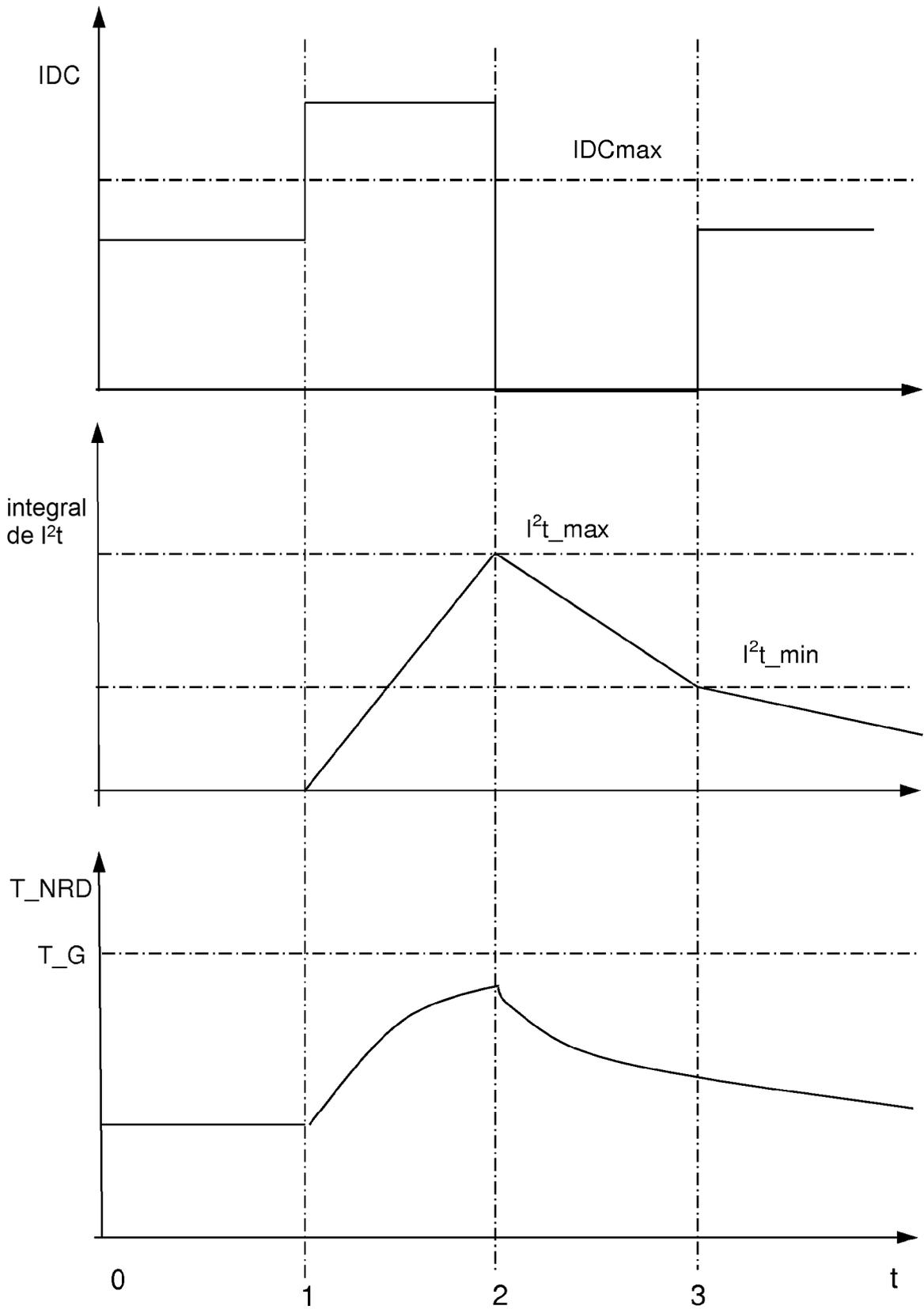


Fig. 3

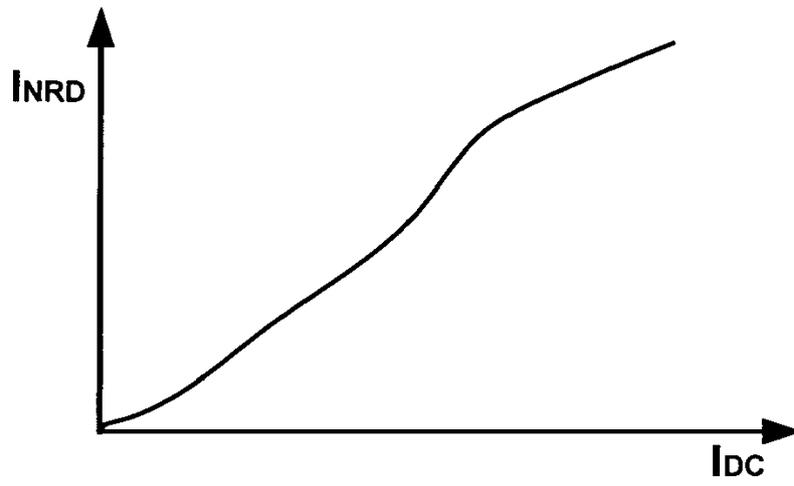


Fig. 4