

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 613 052**

51 Int. Cl.:

H02P 6/182 (2006.01)

H02P 25/03 (2006.01)

D06F 37/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.10.2009 E 09401026 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.12.2016 EP 2328266**

54 Título: **Procedimiento para operar un motor eléctrico bifásico o polifásico en una máquina lavadora, convertidor de frecuencia y sistema mecatrónico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.05.2017

73 Titular/es:

**MIELE & CIE. KG (100.0%)
Carl-Miele-Strasse 29
33332 Gütersloh, DE**

72 Inventor/es:

SAMMOUD, HAFEDH

74 Agente/Representante:

LOZANO GANDIA, José

ES 2 613 052 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).

PROCEDIMIENTO PARA OPERAR UN MOTOR ELÉCTRICO BIFÁSICO O POLIFÁSICO EN UNA MÁQUINA LAVADORA, CONVERTIDOR DE FRECUENCIA Y SISTEMA MECATRÓNICO

DESCRIPCIÓN

- 5 La invención se refiere a un procedimiento para operar un motor eléctrico bifásico o polifásico para accionar un tambor en una máquina lavadora o en una secadora, cuyos devanados de fase del estator son alimentados eléctricamente mediante un convertidor de frecuencia o un equipo de conmutación electrónico, que incluye un ondulator con semipuentes controlados, alimentados por un circuito intermedio de tensión continua, captándose la
- 10 velocidad de giro y la posición del rotor mediante un dispositivo detector, para controlar o alimentar con corriente los devanados individuales en función de los valores captados.
- Para accionar un tambor con eje de giro horizontal o inclinado en una máquina lavadora se utilizan motores conmutados electrónicamente o motores síncronos, que son alimentados eléctricamente mediante un convertidor de
- 15 frecuencia. Para proporcionar un movimiento de giro predeterminado, se conoce la utilización de un sensor de posición para detectar la posición del rotor, para poder proporcionar un arranque óptimo desde la posición de reposo del tambor. Cuando no se conoce la posición de reposo tras desconectar el motor, tal como sucede en los ciclos de rotación durante el lavado, aparece en el rotor cuando se alimenta eléctricamente de nuevo un breve movimiento de sacudida, hasta que se ha instalado de nuevo la marcha síncrona. Esto sucede en particular en procedimientos de
- 20 alimentación eléctrica sin sensores ya que la detección de la posición y la velocidad de giro sólo se realiza cuando está activada la alimentación eléctrica de las distintas fases.
- Un tal procedimiento se conoce por el documento DE 10 2006 047 206 A1. Allí se aporta al motor o a los devanados del motor una tensión alterna, que provoca una evolución de la corriente en base a las características magnéticas
- 25 del devanado del estator en interacción con el rotor en movimiento. En base a la evolución de la tensión aplicada al motor y a la evolución de la corriente que de ello resulta, se estima la posición del rotor. En base a estos valores se determinan y calculan valores de corrección, para realizar una adaptación de la evolución de la tensión aplicada al motor y generar una marcha síncrona. Tal como ya se ha mencionado antes, este procedimiento sin sensores para operar un motor eléctrico sólo es posible durante el funcionamiento, ya que cuando el motor está detenido no se aplica ninguna tensión y con ello no se dispone de ninguna corriente resultante de ello para la detección. La posición del rotor con el motor desconectado no puede captarse, o al menos no exactamente, cuando en una máquina lavadora el tambor sigue girando ligeramente tras la desconexión del motor, durante la llamada parada por inercia.
- Por el documento US 4 540 921 A se conoce un procedimiento para operar un motor de un accionamiento de una
- 35 máquina lavadora, en el que los devanados de los polos del estator se alimentan eléctricamente mediante un equipo de conmutación electrónico. Las tensiones de las etapas del devanado se captan en forma digitalizada cuando no se aporta corriente alguna a las espiras.
- Por el documento US RE 37 360 E1 se conoce un procedimiento para operar un mecanismo agitador para una
- 40 máquina lavadora. Allí se alimenta eléctricamente el motor para accionar el mecanismo agitador mediante un equipo electrónico de conmutación. Para proporcionar un movimiento uniforme hacia un lado y hacia otro del mecanismo agitador sin interrupciones, se detecta tras la desconexión la posición del rotor durante la parada por inercia del motor, pudiendo activarse entonces una conmutación para mover el mecanismo agitador en sentido contrario.
- Por el documento US 6 041 625 A se conoce un procedimiento para operar un mecanismo agitador para una
- 45 máquina lavadora, en el que el motor se alimenta con una corriente sinusoidal. Para captar la posición del rotor se utiliza un sensor Hall, para generar una alimentación síncrona en función de la posición captada.
- La invención tiene así como objetivo básico controlar de manera sencilla un motor eléctrico para accionar el tambor de una máquina lavadora, en el que pueda renunciarse a una detección de la posición.
- 50 Este objetivo se logra mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1 y mediante un convertidor de frecuencia con las características de la reivindicación 4, así como mediante un sistema mecatrónico de acuerdo con la reivindicación 11 y mediante una máquina lavadora con las características de la reivindicación 12 y 13. Ventajosos perfeccionamientos resultan de las correspondientes reivindicaciones dependientes.
- Las ventajas que pueden lograrse con la invención consisten en que el rotor del motor arranca siempre en el sentido predeterminado correcto y en que no es necesario alinear el motor. Se evita el breve movimiento de giro con sacudidas que normalmente aparece debido a la alineación.
- 60 Para lograr la solución se propone un procedimiento para captar y almacenar la posición de reposo del rotor con el motor sin corriente mediante el dispositivo detector, utilizándose este valor de posición para la alimentación eléctrica del motor al arrancar el ciclo de giro siguiente. Para la detección se aprovechan las propiedades magnéticas del motor, por lo que no es necesario ningún sensor, como sensores de posición. Se trata al respecto de una captación de la posición del rotor sin sensor. Como situación sin corriente se entiende aquí la interrupción de la alimentación,
- 65 la desconexión de los devanados de fase o la marcha inercial controlada del rotor hasta el estado de reposo definitivo.

- 5 En base a la captación de la posición del rotor mientras no se alimenta eléctricamente el motor, se configura la alimentación eléctrica del ciclo de giro siguiente tal que tiene lugar al menos un arranque prácticamente sin sacudidas del motor en el sentido de giro predeterminado. Con ello pueden realizarse óptimamente los movimientos de giro predeterminados por el controlador del programa de la máquina lavadora, evitándose sacudidas innecesarias. También se reduce el consumo de energía respecto al de un motor frenado o sujeto en un estado de retención.
- 10 En un perfeccionamiento se capta continuamente la posición de reposo del motor desconectado y se memoriza. Se considera también que es continua la captación y memorización cíclica cuando se eligen los intervalos de tiempo entre las captaciones tan pequeños que un falseamiento de la posición captada prácticamente no repercute en el arranque. Así se detectan incluso movimientos de giro del motor originados a causa de un movimiento del tambor provocado desde fuera.
- 15 En conjunto es conveniente desechar tras el arranque del siguiente ciclo de giro la posición de reposo del rotor previamente memorizada, con lo que tras la nueva desconexión del motor la posición de reposo debe captarse y memorizarse de nuevo. Así es seguro que para paradas inerciales de diferente duración del tambor una vez desconectado el motor, se detecta y memoriza la correspondiente posición de parada o posición de reposo correcta.
- 20 Se utiliza el efecto electromagnético que aparece en el movimiento del rotor como señal para la detección de la velocidad de giro y de la posición del rotor. Esto es ventajoso en motores con rotor excitado por imanes permanentes, porque la llamada FEM (fuerza electromagnética) en un motor con excitación independiente induce en los devanados del estator una señal de tensión que puede captarse muy sencilla y fiablemente. La medición de la tensión queda asegurada incluso para velocidades de giro reducidas hasta aprox. 1/min, estimándose la posición de parada definitiva en base a la variación angular del rotor captada dinámicamente y memorizándose como posición de reposo o posición de parada.
- 25 La invención se refiere además a un convertidor de frecuencia o a un dispositivo electrónico de conmutación para operar un motor eléctrico bifásico o polifásico, para accionar un tambor en una máquina lavadora, para alimentar eléctricamente los devanados del estator del motor, incluyendo un ondulator con semipuentes controlados, que pueden alimentarse a partir de un circuito intermedio de tensión continua, un dispositivo detector para captar la velocidad de giro y la posición del rotor con el motor desconectado y un sistema de controlador por microprocesador configurado para controlar los semipuentes en función de los valores captados, para alimentar eléctricamente los distintos devanados para el funcionamiento del motor. Para proporcionar un arranque suave y un funcionamiento sin sacudidas del tambor, está preparado el sistema de controlador por microprocesador para memorizar la posición de reposo del rotor con el motor desconectado mediante el dispositivo detector y para tenerlo en cuenta en el arranque del siguiente ciclo de giro para el control de los semipuentes.
- 30 En una realización ventajosa incluye el dispositivo detector un divisor de tensión, que reduce la tensión de cada fase individual a un potencial de entrada a medir de un convertidor AD (convertidor analógico-digital) y forma un potencial común de referencia con el circuito intermedio de tensión continua. Debido a ello no son necesarias costosas partes de circuitos, como amplificadores operativos para convertir la señal o amplificarla, con lo que el sistema de circuitos en su conjunto es bastante económico, robusto y seguro frente a perturbaciones.
- 35 En un perfeccionamiento ventajoso está configurado el divisor de tensión para una fracción de la tensión máxima que se presenta en una fase del devanado, De esta manera puede diseñarse óptimamente el divisor de tensión para valores de tensión pequeños en fases de devanado, ya que en reducidas velocidades de giro o bien paradas inerciales lentas se generan también sólo tensiones muy pequeñas mediante la FEM. El divisor de tensión está dimensionado convenientemente para aproximadamente 1/100 hasta 1/4 de la tensión máxima posible.
- 40 En un perfeccionamiento conveniente incluye el dispositivo detector un equipo para transformar las señales de tensión captadas, para proporcionar las señales transformadas en un bloque de datos de un dispositivo conectado a continuación para estimar la velocidad de giro y el ángulo del rotor, estando equipado el dispositivo para captar el estado de reposo y la posición de reposo. Mediante este dispositivo detector repartido en bloques funcionales es posible una captación rápida y segura de las señales de la tensión, porque las distintas operaciones de cálculo y operaciones de comparación se realizan casi simultáneamente y sin repercusión de otras operaciones.
- 45 Para proporcionar un dispositivo detector muy sencillo, está destinado el equipo microprocesador a proporcionar el dispositivo para la transformación y estimación de la velocidad de giro y del ángulo de rotor. De esta manera se utiliza el equipo procesador que existe de todos modos para las tareas de captación, con lo que puede renunciarse a componentes adicionales.
- 50 La invención se refiere también a un sistema mecatrónico, compuesto por un motor BLPM y un convertidor de frecuencia de acuerdo con una de las reivindicaciones 6 a 10 para operar un motor BLPM. Con ello queda asegurado que las órdenes prescritas por un controlador del programa para el movimiento de giro del motor se ejecutan óptimamente y con exactitud en función del objetivo. Se evitan en medida muy amplia sacudidas innecesarias, que pueden originar daños en la colada o un desgaste prematuro en los componentes mecánicos.
- 55 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 dibujada esquemáticamente en una representación en sección;
 figura 2: un esquema del convertidor de frecuencia;
 figura 3: un diagrama de bloques del dispositivo detector, representado esquemáticamente y
 figuras 4, 5: diagramas de la velocidad de giro captada y de la posición angular del rotor.

5
 10 En la figura 1 se representa esquemáticamente una máquina lavadora 1 en una representación en sección en la posición de servicio. La máquina lavadora 1 incluye una cubeta para la colada 19, en la que está situado un tambor 18, que gira esencialmente en horizontal. El tambor se acciona con ayuda de un motor 3 y de 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 excitación por imán permanente (BLPM), proporcionando el convertidor de frecuencia 4 la potencia o la alimentación eléctrica para el motor 3. Las órdenes de control las recibe el convertidor de frecuencia 4 del controlador del programa 10, que está conectado mediante una línea de datos 10a con el convertidor de frecuencia 4.

15
 20 En la figura 2 se dibuja esquemáticamente la configuración del convertidor de frecuencia 4 para la alimentación eléctrica del motor 3. La tensión de alimentación 5 aplicada (por ejemplo 230 V c.a.) se rectifica con 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 entonces en la gama de 230 V a 235 V. 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 tiene un respectivo (así llamado) semipunto 14u, 14v, 14w. Los semipuntos 14u, 14v, 14w conectan con la ayuda de transistores T1 a T6 la corriente del motor a las fases U, V, W, utilizándose una modulación en anchura de impulso, que sirve para proporcionar corrientes con forma sinusoidal o corrientes continuas en las fases U, V, W. Como motor 3 se utiliza en este ejemplo un motor trifásico con un devanado estático de tres fases 16, realizado en forma de estrella. En el circuito intermedio de tensión continua 7 está configurado el controlador por microprocesador 11 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 incluye además un dispositivo detector 15, que utiliza las señales de tensión inducidas debido a las características de FEM del motor para determinar la velocidad de giro y la posición del rotor 13 y retransmite el resultado al controlador por microprocesador 11, para que el mismo, en base a los valores captados, pueda controlar correspondientemente los semipuntos 14u, 14v, 14w. El dispositivo detector 15 está preparado además para captar y memorizar la posición de reposo del rotor 13 con el motor 3 desconectado, con lo que este valor de posición memorizado se utiliza o se tiene en cuenta para el control de los semipuntos 14u, 14v, 14w para alimentar eléctricamente el motor cuando se arranca el siguiente ciclo de giro.

35
 40 Para captar la señal de tensión a partir de los devanados del motor o de los devanados de las fases 16u, 16v, 16w se lleva con ayuda de un divisor de tensión, cuyo potencial de referencia está conectado con el polo negativo 8 del circuito intermedio de tensión continua 7, la señal a medir a un ADC (figura 3). Tal como puede verse además en la figura 3, incluye el dispositivo detector 15 además un equipo para la transformación 15b de las señales de tensión captadas, para proporcionar las señales transformadas en un bloque de datos a un equipo conectado a continuación para estimar la velocidad de giro 15c y el ángulo del rotor 13. El detector de reposo 15d conectado a continuación detecta si el rotor 13 se mueve aún o no y tan pronto como el rotor 13 ya no gira, se transmite mediante la señal de salida RP la posición de reposo al controlador por microprocesador 11 (figura 2). Los bloques que aparecen en la figura 3 pueden estar integrados también en el controlador por microprocesador 11, con lo que la función se aporta con ayuda del correspondiente programa. Las tensiones inducidas por los devanados 16u, 16v, 16w se transforman mediante un divisor de tensión (no representado) en señales de tensión uU, uV, uW y se llevan al ADC. Las señales existentes a continuación como dato digital codificado pueden entonces seguirse procesando digitalmente de la forma correspondiente, por ejemplo con un mecanismo de cálculo, un procesador de señales o el procesador del controlador por microprocesador 11 del convertidor 4, para determinar o captar, así como memorizar, la posición de parada RP del rotor 13. Como memoria puede utilizarse una memoria no volátil, por ejemplo un flash, con lo que la posición de reposo memorizada tras la desconexión del aparato queda disponible al conectar de nuevo.

45
 50 La figura 5 muestra la evolución de la velocidad de giro del rotor 13 con el motor 3 desconectado. Aquí se dibuja a partir del instante $T = 1$ un descenso de la velocidad de giro de 50 1/min a 0 1/min. La figura 6 muestra correspondientemente para la velocidad de giro descendente la evolución del ángulo. En el instante $T = 2$ está detenido el rotor 13 y con ello el tambor 18, en con lo que se memoriza el ángulo RW último captado o estimado. El procedimiento para operar el motor 3 es adecuado tanto para un motor 3 que acciona el tambor 18 mediante un sistema de accionamiento 2 con una correa como también para un motor concebido como accionamiento directo, cuyo rotor 13 está unido directamente con el eje del tambor 18a (figura 1).

55
 60

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para operar un motor eléctrico síncrono (3) bifásico o polifásico sin escobillas con rotor (13) excitado por imanes permanentes, para accionar un tambor (18) en una máquina lavadora (1) o en una secadora, cuyos devanados de fase del estator (16u, 16v, 16w) son alimentados eléctricamente mediante un convertidor de frecuencia (4) o un equipo de conmutación electrónico, que incluye un ondulator (12) con semipuentes controlados (14u, 14v, 14w), alimentados por un circuito intermedio de tensión continua (7), captándose la velocidad de giro y la posición del rotor (13) mediante un dispositivo detector (15), para controlar o alimentar eléctricamente los devanados individuales (16u, 16v, 16w) en función de los valores captados, en el que mediante el dispositivo detector (15), se utilizan las señales de tensión generadas por los devanados del estator (16u, 16v, 16w), que se forman debido al efecto electromagnético cuando se mueve el rotor (13) para determinar la velocidad de giro y la posición del rotor (13) y este valor de posición (RP) memorizado se utiliza para controlar los semipuentes (14u, 14v, 14w) para proporcionar corrientes para alimentar eléctricamente el motor (3) cuando arranca el siguiente ciclo de giro, tal que se realiza al menos un arranque casi sin sacudidas del rotor (13) en un sentido de giro predeterminado, **caracterizado porque** el motor se alimenta eléctricamente mediante modulación en anchura de impulso con corrientes con forma sinusoidal y porque la posición de parada definitiva del rotor (13) se estima en base a la variación dinámica del ángulo del rotor (13) detectada previamente con el motor (3) sin corriente y se memoriza como posición de reposo (RP) y se utiliza en el arranque del siguiente ciclo de giro.
- 20 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la posición de reposo (RP) del motor (3) sin corriente se capta y memoriza continuamente.
- 25 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** tras el arranque del siguiente ciclo de giro, se desecha la posición de reposo (RP) del rotor (13) previamente memorizada y se capta y memoriza de nuevo tras una nueva desconexión.
- 30 4. Convertidor de frecuencia (4) para operar un motor eléctrico síncrono (3) bifásico o polifásico sin escobillas con rotor (13) excitado por imanes permanentes, para accionar un tambor (18) en una máquina lavadora o en una secadora, para alimentar eléctricamente los devanados de fase del estator (16u, 16v, 16w) del motor (3), incluyendo un ondulator (12) con semipuentes controlados (14u, 14v, 14w), que pueden alimentarse a partir de un circuito intermedio de tensión continua (7), un dispositivo detector (15), para detectar la velocidad de giro y la posición del rotor con el motor desconectado y un controlador por microprocesador (11), configurado para controlar los semipuentes (14u, 14v, 14w) en función de los valores captados, para alimentar los distintos devanados (16u, 16v, 16w) para el funcionamiento del motor (3), estando equipado el dispositivo detector (15) para determinar en base a las señales de tensión inducidas debido a las características electromagnéticas del motor (3), la velocidad de giro y la posición del rotor (13) y retransmitirlas como resultado al controlador por microprocesador (11), que está equipado para utilizar este valor de posición (RP) memorizado para controlar los semipuentes (14u, 14v, 14w) para aportar corrientes para alimentar el motor (3) cuando se arranca el siguiente ciclo de giro para un arranque del rotor (13) al menos prácticamente sin sacudidas en un sentido de giro predeterminado, **caracterizado porque** el motor se alimenta eléctricamente mediante modulación en anchura de impulso, con corrientes del motor con forma sinusoidal y el controlador por microprocesador (11) está equipado además para estimar la posición de parada definitiva en base a la variación dinámica del ángulo del rotor (13) previamente captada con el motor (3) sin corriente y memorizarla como posición de reposo (RP) para el arranque del siguiente ciclo de giro.
- 45 5. Convertidor de frecuencia (4) de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado porque** el dispositivo detector (15) incluye un divisor de tensión, que reduce la tensión de cada fase individual (16u, 16v, 16w) a un potencial de entrada a medir de un convertidor AD y forma un potencial común de referencia con el circuito intermedio de tensión continua (7).
- 50 6. Convertidor de frecuencia (4) de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado porque** el divisor de tensión está configurado para una fracción de la tensión máxima que se presenta en una fase del devanado (16u, 16v, 16w).
- 55 7. Convertidor de frecuencia (4) de acuerdo con una de las reivindicaciones 4 a 6, **caracterizado porque** el dispositivo detector (15) incluye un dispositivo para la transformación de las señales de tensión (15b) captadas, para proporcionar las señales transformadas en un bloque de datos a un dispositivo (15c) conectado a continuación para estimar la velocidad de giro y el ángulo del rotor (13), estando además equipado un medio (15d) para captar el estado de reposo y la posición de reposo (RP) del rotor (13).
- 60 8. Convertidor de frecuencia (4) de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado porque** el controlador por microprocesador (11) está equipado para proporcionar el dispositivo para la transformación y el dispositivo para estimar la velocidad de giro (n) y el ángulo del rotor (W).
- 65 9. Convertidor de frecuencia (4) de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado por** una memoria no volátil para memorizar la posición de reposo (RP) del rotor (13).

- 5
- 10
- 15
- 20
- 25
10. Convertidor de frecuencia (4) con un controlador por microprocesador (11), que incluye una memoria de programa, que contiene un programa para proporcionar las funciones y configuración del convertidor de frecuencia (4) de acuerdo con una de las reivindicaciones 4 a 9.
 11. Sistema mecatrónico, compuesto por un motor síncrono sin escobillas (3) para corrientes del motor sinusoidales con rotor con excitación permanente y un convertidor de frecuencia (4) según una de las reivindicaciones 4 a 10 para operar el motor (3).
 12. Máquina lavadora (1) que incluye una cubeta para la colada (19), en la que está situado un tambor (18), que gira esencialmente en horizontal, que puede accionarse con ayuda de un motor eléctrico (3) y de un sistema de accionamiento (2) con una correa, siendo el motor (3) un motor síncrono sin escobillas (3) para corrientes del motor sinusoidales, con rotor (13) con excitación por imán permanente, que se controla y alimenta eléctricamente mediante un convertidor de frecuencia (4) de acuerdo con una de las reivindicaciones 4 a 10 y forma un sistema mecatrónico de acuerdo con la reivindicación 11, estando conectado el convertidor de frecuencia (4) con un controlador del programa (10) mediante una línea de datos (10a), para que el convertidor de frecuencia (4) pueda recibir órdenes de control del controlador del programa (10).
 13. Máquina lavadora (1) que incluye una cubeta para la colada (19), en la que está situado un tambor (18), que gira esencialmente en horizontal, que puede accionarse con ayuda de un motor eléctrico (3) concebido como accionamiento directo, cuyo rotor está unido directamente con el eje del tambor (18a), siendo el motor (3) un motor síncrono sin escobillas (3) para corrientes del motor sinusoidales, con rotor (13) con excitación por imán permanente, que se controla y alimenta eléctricamente mediante un convertidor de frecuencia (4) de acuerdo con una de las reivindicaciones 4 a 10 y forma un sistema mecatrónico de acuerdo con la reivindicación 11, estando conectado el convertidor de frecuencia (4) con un controlador del programa (10) mediante una línea de datos (10a), para que el convertidor de frecuencia (4) pueda recibir órdenes de control del controlador del programa (10).

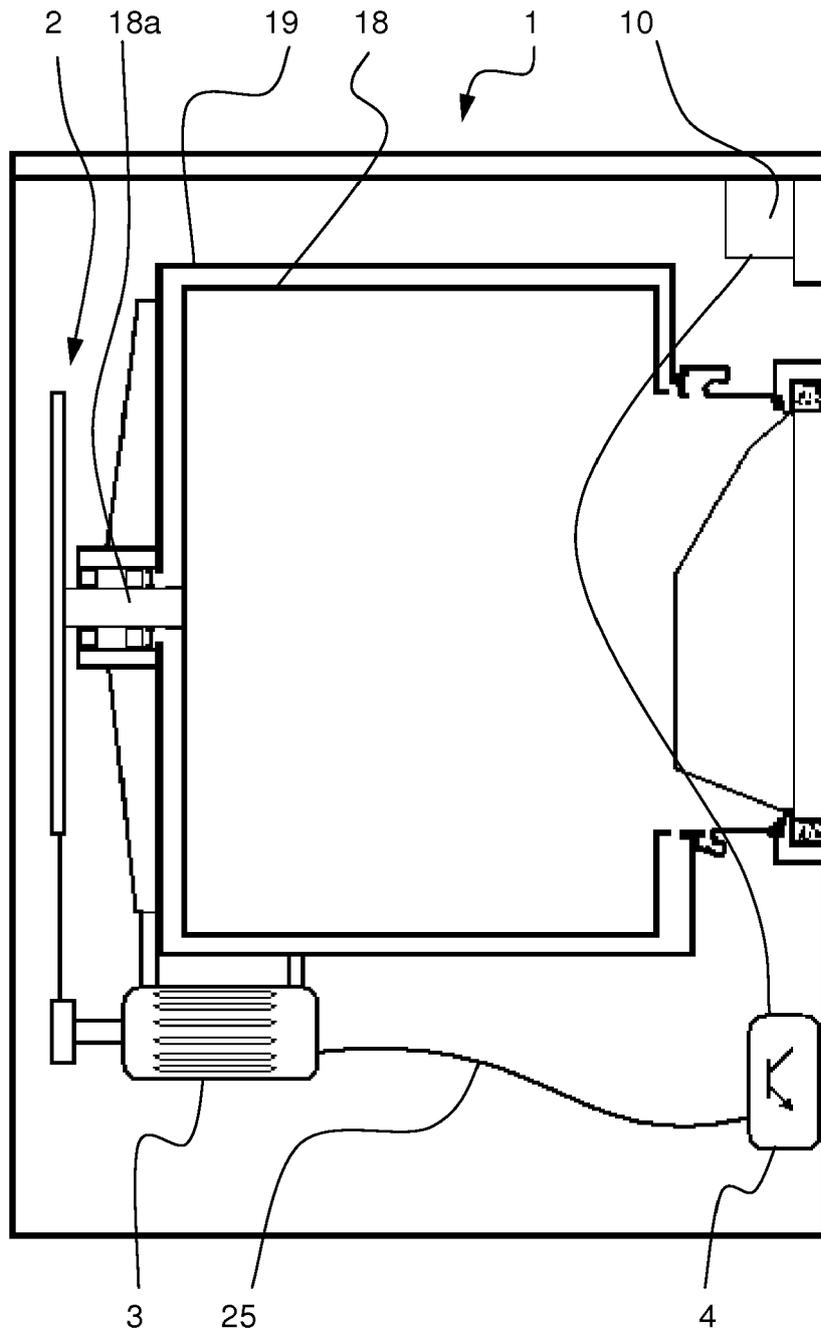


Fig. 1

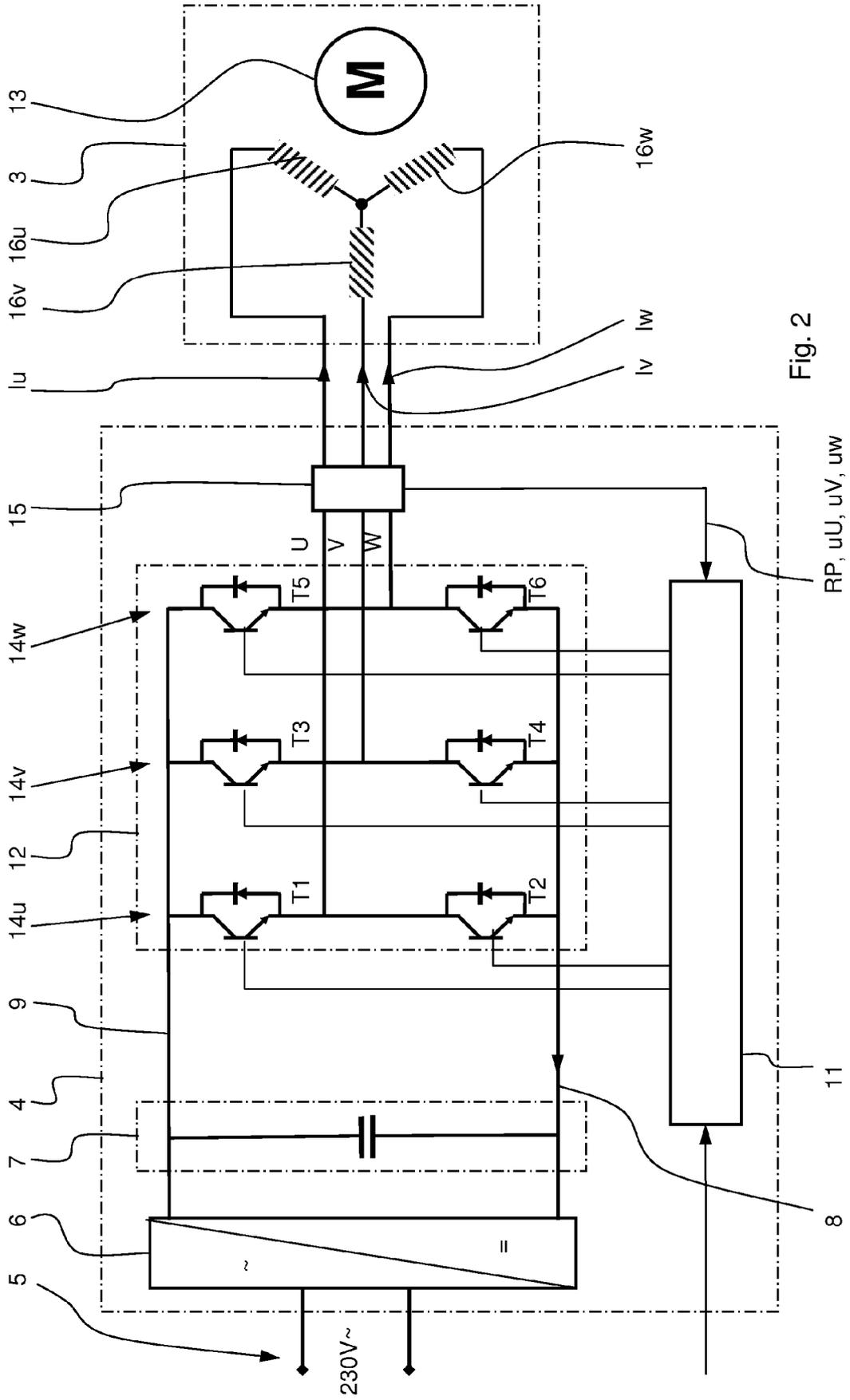


Fig. 2

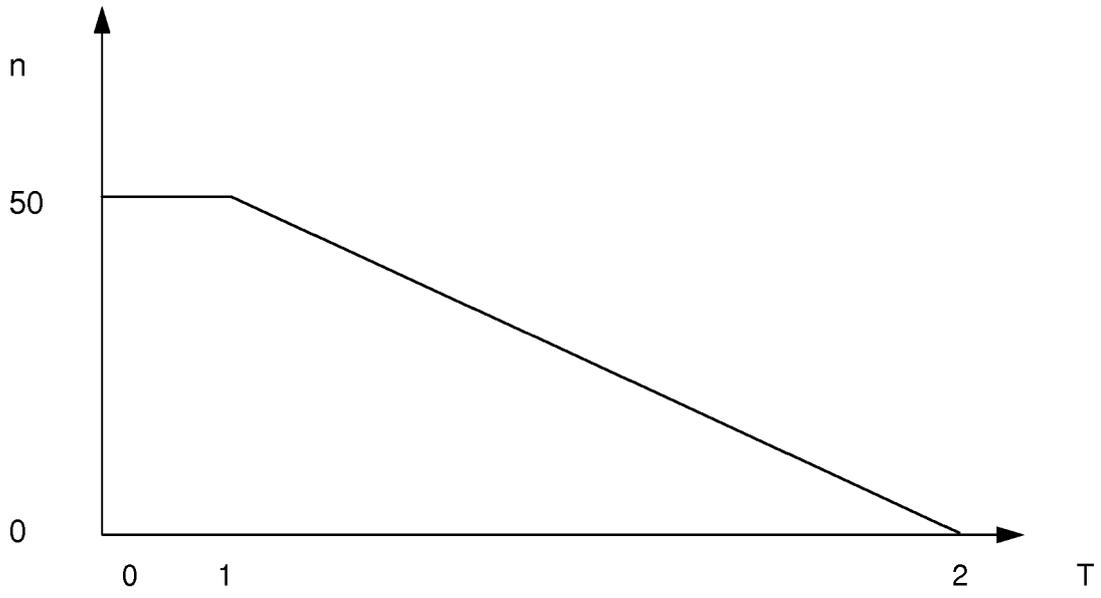


Fig. 4

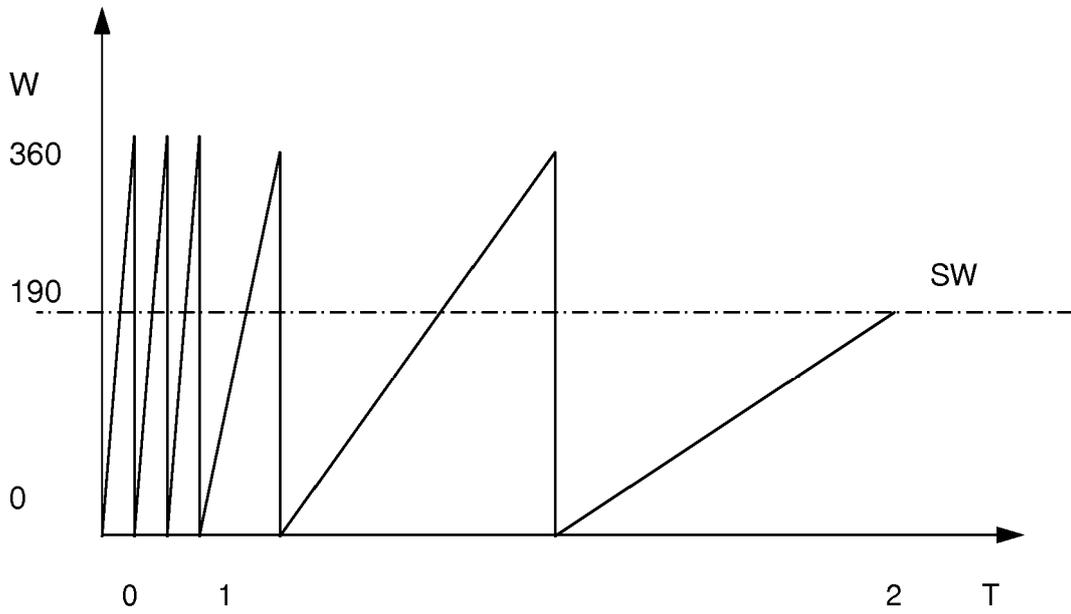


Fig. 5