(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 493 927**

(51) Int. CI.:

H02P 6/20 (2006.01)
H02P 1/40 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.05.2011 E 11722104 (4)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.08.2014 EP 2583380**

(54) Título: **Procedimiento y dispositivo para arrancar un motor eléctrico**

(30) Prioridad:

17.06.2010 DE 102010030239

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.09.2014

(73) Titular/es:

BSH BOSCH UND SIEMENS HAUSGERÄTE GMBH (100.0%)
Carl-Wery-Strasse 34
81739 München, DE

(72) Inventor/es:

ABEL, FALKO y
WEIDNER, EBERHARD

(74) Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

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

Procedimiento y dispositivo para arrancar un motor eléctrico

La presente invención se refiere a un procedimiento así como a un dispositivo para arrancar un motor eléctrico.

Los motores de corriente continua sin escobillas, designados también como motores BLDC (del inglés: brush-less direct current motor"), se utilizan, por ejemplo, como accionamiento de compresor en frigoríficos. Tales motores eléctricos presentas secciones de arrollamiento y un rotor, que comprende un imán permanente. Si las secciones de arrollamiento son recorridas por una corriente, entonces generan un campo magnético, que ejerce un par motor sobre el imán permanente y de esta manera desplaza el rotor en movimiento. A través de la activación alterna de las diferentes secciones del arrollamiento en el motor se genera un campo magnético giratorio, que acciona de esta manera el rotor.

Muchos accionamientos, como por ejemplo accionamientos de compresor en frigoríficos tienen un perfil de carga irregular, lo que significa que la carga accionada por él varía durante una revolución completa del motor, de manera que el par motor máximo a aplicar por el motor puede ser un múltiplo del par motor medio. Por lo tanto, durante el arranque del motor es ventajoso llevar el rotor en primer lugar a una posición claramente definida, para que el rotor haya recorrido ya un ángulo de giro lo más grande posible y se haya acelerado a un par motor lo más grande posible, antes de que aparezca el par motor máximo.

Una posibilidad para posicionar el rotor es impulsar las secciones de arrollamiento del motor a través de activación con una posición determinada del conmutador con una corriente constante definida, es decir, a través del ajuste de una posición eléctrica determinada. Una corriente definida conduce a un campo magnético determinado, en el que el rotor está alineado con su imán permanente. Sin embargo, en este caso es problemático que con este modo de proceder no se conoce la posición mecánica exacta en motores con más de una pareja polar. Así, por ejemplo, a una posición eléctrica determinada en un motor de 6 polos, como se emplea con frecuencia para compresores de refrigerador, corresponden tres posiciones mecánicas diferentes, que están desplazadas en cada caso en un ángulo de giro de 120º entre sí. En función de la posición de partida, el rotor adopta en este caso la posición mecánica más próxima a esta posición de partida. Esto conduce, sin embargo, a que el motor solamente se ponga en marcha en una de las tres posiciones mecánicas posibles desde la posición óptima de partida, en cambio en las otras dos posiciones mecánicas el ángulo de giro es menor hasta la carga máxima. En este último caso, puede suceder que el motor cuando alcanza la carga máxima no aplica todavía el par motor necesario para superarla y, por lo tanto, permanece colgado y falla el arranque. Eventualmente son necesarios entonces varios intentos de arranque para poner en marcha el motor.

En concreto, es posible prever sensores adicionales, que suministran una información sobre la posición exacta del rotor, pero tal solución va unida con costes adicionales para tales sensores.

La publicación DE 698 03 885 T2 publica un dispositivo de control para motores eléctricos, en el que una unidad de control predetermina para las instalaciones de conmutación una frecuencia de conmutación y una duración de la conmutación, que están establecidas de tal manera que el valor de la tensión, que se aplica realmente a los arrollamientos, es aquél que corresponde independientemente del estado de conmutación de las instalaciones de conmutación al número de revoluciones y al par motor, que son requeridos por el motor eléctrico.

La publicación DE 40 09 258 C2 publica un procedimiento y un circuito de regulación electrónica para el arranque de un motor de corriente continua sin escobillas.

La publicación DE 600 25 909 T2 publica un sistema de arranque para un motor eléctrico, que se puede instalar en el interior de la carcasa de un compresor de refrigeración hermético.

La publicación DE 102 15428 A1 publica un procedimiento para la determinación de la posición del rotor de un motor síncrono. En este caso se bloquea en primer lugar el "rotor del motor síncrono por medio de un freno" o se retiene a través de fricción adhesiva alta. Entonces cuando el freno está activado, se aplica una pluralidad de vectores de corriente con diferente posición angular en el motor síncrono. La desviación se puede atribuir a la elasticidad del árbol, en el que inciden el rotor y el freno o bien la fuerza de retención del freno se puede considerar como fuerza de resorte para desviaciones muy pequeñas.

La publicación US 4.565.957 publica un procedimiento y un sistema para el arranque de un inversor-SCR conmutado. En este caso, el rotor es girado a través de la generación de campos magnéticos a una primera posición, luego es girado a una segunda posición, de manera que el rotor se mantiene completamente en cada una de estas posiciones. El motor puede accionar de acuerdo con el documento US 4.565.957 un compresor con gran capacidad para un sistema de climatización industrial.

Por lo tanto, un cometido de la presente invención es preparar un procedimiento y un dispositivo para arrancar un motor eléctrico con secciones de arrollamientos con un rotor, con los que se posibilita un arranque seguro del motor

eléctrico también sin conocimiento de la posición inicial del rotor.

De acuerdo con una configuración, un procedimiento para el arranque de un motor eléctrico, en particular de un motor de corriente continua sin escobillas, que presenta secciones de arrollamiento y un rotor, comprende las etapas siguientes:

- accionamiento del rotor con un primer par motor en un primer sentido de giro, en el que el valor máximo del primer par motor no es mayor que un contra par motor máximo, que se opone a la rotación del rotor, de manera que el rotor se para en una primera posición de parada,

- partiendo desde la primera posición de parada, accionamiento del rotor en un segundo sentido de giro, opuesto al primer sentido de giro, hasta que el rotor se para en una segunda posición de parada predeterminada; y

- partiendo desde la segunda posición de parada, arranque del motor en el primer sentido de giro.

Con este procedimiento se puede desplazar el rotor en primer lugar a una posición definida también cuando se desconoce la posición inicial, para acelerar desde allí con un perfil de arranque óptimo.

El motor eléctrico puede ser un motor de corriente continua sin escobillas, que presenta secciones de arrollamientos, de manera que el rotor es accionado porque las secciones de arrollamiento son impulsadas con corrientes de excitación.

El rotor puede ser accionado con una señal modulada en la amplitud del impulso, en particular con una señal de corriente modulada en la amplitud del impulso. En este caso, el ciclo de trabajo y/o la sincronización de la señal modulada en la amplitud del impulso están seleccionados de tal forma que el valor máximo del primer par motor no es mayor que el contra par motor máximo.

Antes de alcanzar la primera y/o la segunda posición de parada, se acciona el motor eléctrico en el modo paso a paso. De esta manera se puede desplazar el motor eléctrico de forma controlada a la primera y/o a la segunda posición de parada.

La segunda posición de parada se encuentra en una zona angular de 0º a 90º, con preferencia de 30º a 60º, de manera preferida de 35º a 45º detrás de la posición correspondiente al contra par motor máximo. De esta manera se puede garantizar un ángulo de arranque largo hasta la aparición del contra par motor máximo.

Durante el arranque del motor, partiendo desde la segunda posición de parada, se puede generar un segundo par motor creciente. De este modo se puede elevar el par motor de manera sucesiva a un par motor suficientemente alto para salvar el contra par motor máximo. En este caso, el segundo par motor se puede elevar linealmente paso a paso. No obstante, de manera alternativa también es posible que el gradiente del segundo par motor se incremente con el tiempo. De este modo se puede adaptar la curva del par motor generado a la curva del perfil de carga o bien del contra par motor.

El par motor puede seguir una rampa de arranque, en cuyo extremo se conmuta al modo de conmutación automática, de manera que al final de la rampa de arranque el contra par motor es menor que la mitad, con preferencia menos que un tercio del contra par motor máximo. De este modo, se puede conmutar precozmente antes el contra par motor máximo al modo de conmutación automática.

El motor eléctrico puede ser accionado en primer lugar en el modo de corriente, y cuando se alcanza un número máximo de revoluciones se conmuta al modo de tensión. Si se acciona el motor durante la fase de arranque en el modo de corriente, entonces se puede garantizar un ajuste ideal del par motor durante la fase de arranque. Después de la aceleración, es decir, por ejemplo cuando se alcanza un número de revoluciones determinado, el motor se puede conmutar entonces al modo de tensión, para aprovechar la propiedad del motor síncrono de corregir a través del ángulo de carga las oscilaciones del par motor en el funcionamiento.

Antes del accionamiento del rotor con el primer par motor, se puede retener el rotor durante un periodo de tiempo determinado en una posición de reposo. Tal bloqueo de tiempo posibilita esperar una normalización de las relaciones de la presión en un compresor.

El motor eléctrico se puede utilizar, por ejemplo, como accionamiento para un compresor, en particular en un frigorífico, de manera que el contra par motor máximo corresponde al contra par motor en el punto de compresión. Por un frigorífico se entiende en particular un aparato electrodoméstico, es decir, un aparato de refrigeración para la utilización en viviendas o eventualmente también en el sector de la gastronomía, y que sirve especialmente para almacenar productos alimenticios y/o bebidas en cantidades habituales en una vivienda a determinadas temperaturas, como por ejemplo un armario de refrigeración, un armario congelador, una combinación de refrigeración y congelación, una caja de congelación o un armario de almacenamiento de vino.

Es posible que el motor eléctrico sea accionado a través de la aplicación de señales de control, de manera que en un primer intento de arranque se determinan las señales de control con la ayuda de parámetros para un estado con un primer contra par motor máximo, y en un segundo intento de arranque que sigue al primer intento de arranque se determinan las señales de control con la ayuda de parámetros para un estado con un segundo contra par motor máximo, de manera que el segundo contra par motor máximo es mayor que el primer contra par motor máximo.

Un procedimiento para el arranque de un motor eléctrico con un rotor presenta las siguientes etapas:

- generación de un par motor, que mueve el rotor en un primer sentido de giro, para arrancar el motor eléctrico;

- en el caso de que el arranque del motor eléctrico no se realice con éxito, realización del procedimiento como se ha descrito anteriormente.

De esta manera se puede realizar un procedimiento de arranque adaptable.

Además, se prepara un dispositivo para el arranque de un motor eléctrico, que está instalado para la realización de uno de los procedimientos descritos anteriormente.

Otras características y ventajas de la invención se deducen a partir de la descripción siguiente de ejemplos de realización con referencia a las figura adjunta. En este caso:

La figura 1 muestra un diagrama equivalente de un motor eléctrico, que está configurado como motor de corriente continua sin escobillas o bien como motor BLDC.

La figura 2 muestra un grafo, que representa de forma esquemática las curvas de las señales de la corriente del motor y el contra-EMK así como los estados de conmutación de los conmutadores.

La figura 3 muestra un diagrama, que ilustra el funcionamiento en el modo de corriente y el funcionamiento en el modo de tensión, estando representado el modo de corriente en la mitad izquierda y el modo de tensión en la mitad derecha del diagrama.

La figura 4 muestra diferentes perfiles de la carga del compresor de un motor eléctrico, y

La figura 5 muestra las tres etapas o bien fases de un procedimiento de acuerdo con la invención.

Si no se indica otra cosas, los mismos signos de referencia designan elementos iguales o funcionalmente iguales en las figuras.

La figura 1 muestra un diagrama equivalente de un motor eléctrico 100, que está configurado como motor de corriente continua sin escobillas o bien motor-BLDC y se puede utilizar, por ejemplo, como accionamiento de compresor en un frigorífico. El motor eléctrico 100 presenta una alimentación de tensión 110, un puente inversor 120, tres arrollamientos del motor o bien secciones de arrollamiento 130U, 130V, 130W y un control el motor 160.

La alimentación de tensión 110 acondiciona una tensión de circuito intermedio entre un potencial de alimentación de circuito intermedio y una masa de circuito intermedio. El puente inversor 120 presenta seis conmutadores T1 a T6, que están dispuestos en forma de un puente-B6 y las secciones de arrollamiento 130U, 130V y 130W están alimentadas con corriente. Dicho con mayor precisión, respectivamente, dos conmutadores T1 y T2, T3 y T4 o bien T5 y T6 están conectados en serie entre el potencial de alimentación de circuito intermedio y la masa de circuito intermedio. Los nodos entre los conmutadores T1 y T2, T3 y T4 o bien T5 y T6 están conectados, respectivamente, con un lado de las secciones de arrollamiento 130U, 130V y 130W. En su otro lado, las secciones de arrollamiento 130U, 130V y 130W están conectadas con una punta de estrella 140. Además, entre el puente inversor 120 y la alimentación de la tensión 110, sobre lados de la masa de circuito intermedio, está prevista una resistencia 150.

Los conmutadores T1 a T6 pueden comprender, por ejemplo, respectivamente, un transistor de potencia y un diodo de marcha libre conectado en paralelo con él. Los conmutadores T1 a T6 son activados por medio de señales de control X1 a X6, que son acondicionadas por un control del motor 160. El control del motor 160 corresponde en este caso a un dispositivo para el arranque de un motor eléctrico. En este caso, las secciones de arrollamiento 130 son activadas de tal forma que se genera un campo magnético rotatorio, en el que gira un rotor que comprende un imán permanente. Por lo tanto, el motor eléctrico 100 es un motor síncrono de imán permanente de tres secciones, que es alimentado por medio de un puente inversor-B6 con una tensión trifásica.

La figura 2 es un diagrama, que representa esquemáticamente la curva de la señal de la corriente del motor y del contra-EMK así como los estados de conmutación de los conmutadores T1 a T6. En este caso, las líneas continuas en negrilla representan los estados de conmutación de los conmutadores T1 a T6, las líneas de trazos representan las corrientes del arrollamiento o bien las corrientes de excitación Iu, Iv y Iw a través de las secciones de arrollamiento 130U, 130V, 130W, y las líneas continuas finas representan los contra-EMK Eu, Ev, Ew, que son generados en la secciones de arrollamiento 130U, 130V y 130W. El diagrama en la figura 2 muestra en este caso la

curva durante un periodo eléctrico T, que está dividido, por su parte, en seis periodos parciales de la duración de tiempo T/6, que corresponden en cada caso a una sección de 60º. Las tres secciones de arrollamiento 130U, 130V y 130W son activadas, respectivamente, con un desplazamiento de 120º. Durante el primer periodo parcial, los conmutadores T1 y T4 están conectados y están conmutados de forma conductora y todos los demás conmutadores están desconectados o bien conmutador de forma no conductora, de modo que la corriente del motor Im fluye a través de la sección de arrollamiento 130U a través de la punta de la estrella 140 pasando por la sección de arrollamiento 130V hacia la masa del circuito intermedio. Al término de este primer periodo parcial se lleva a cabo una conmutación desde la sección de arrollamiento 130V sobre la sección de arrollamiento 130W, siendo desconectado el conmutador T4 y siendo conectado el conmutador T6. Durante este segundo periodo parcial, los conmutadores T1 y T6 están conectados, de manera que la corriente del motor Im fluye a través de la sección de arrollamiento 130U a través de la punta de la estrella 140 pasando por la sección de arrollamiento 130W hacia la masa de circuito intermedio. Al término de este segundo periodo parcial se lleva a cabo una segunda conmutación desde la sección de arrollamiento 130U sobre la sección de arrollamiento 130V, desconectando el conmutador T1 y conectado el conmutador T3. Durante este tercer periodo parcial, los conmutadores T3 y T6 están conectados, de manera que la corriente el motor fluye a través de la sección de arrollamiento 130V a través de la punta de la estrella 140 pasando por la sección de arrollamiento 130W hacia la masa del circuito intermedio. Por lo tanto, de acuerdo con este modelo, dos de las secciones de abollamiento 130 están siempre conduciendo corriente y la tercera sección de arrollamiento 130 está sin corriente. En este caso, cada sección de arrollamiento individual 130 se conecta alternando durante 2 x 60º = 120º en el potencial de alimentación del circuito intermedio, luego durante 60º se conecta sin corriente, luego durante 2 x 60º = 120º se conecta en la masa del circuito intermedio y luego de nuevo se conecta sin corriente durante 60º.

Por cada periodo eléctrico T se activan, por lo tanto, seis estados de conmutación, resultando el periodo eléctrico T a partir de

$$T = 1 / (p \times n) \qquad (1)$$

en la que n es el número de revoluciones y p es el número par de polos del motor.

El control el motor 150 ajusta los instantes de las conmutaciones de tal manera que el movimiento del rotor y los tiempos de las fases de las tensiones aplicadas están sincronizados y en fase. En este caso, a partir el contra-EMK del motor, es decir, las tensiones inducida por el campo magnético del rotor en las secciones de arrollamiento 130 del estator, se puede deducir la posición del rotor. Una magnitud característica a este respecto es el punto de anulación de los contra-EMK, que está identificado en la figura 2, respectivamente, con “Z”. La conmutación se puede provocar, por ejemplo, retardada en una duración de tiempo predeterminada, después del punto de anulación reconocido, de manera que esta duración de tiempo puede ser dependiente del número de revoluciones y/o dependiente de la carga. En la figura 2 se identifican los instantes de la conmutación, respectivamente, con “C”. Además, en la figura 2 se puede reconocer que la corriente de arrollamiento presenta una inercia condicionada por la inductividad de la bobina de arrollamiento. De esta manera se eleva la corriente lu a través de la sección de arrollamiento 130U durante la conexión el conmutador T1 durante un periodo de tempo de subida determinado y en el caso de conexión del conmutador T1, la corriente lu cae a cero durante el periodo de tiempo, que corresponde a la duración de tiempo de desmagnetización de la sección de arrollamiento 130U. Solamente en el instante “D”, la corriente del arrollamiento ha caído a cero. Por lo tanto, la conmutación se caracteriza por los tres acontecimientos D, Z y C, es decir, el instante D de la desmagnetización de la sección que conduce previamente corriente, el instante Z de la detección del punto de anulación y el instante C de la conmutación provocada activamente después de un tiempo predeterminado.

La regulación de la alimentación de energía hacia los arrollamientos del rotor se realiza a través de una modulación de la amplitud del impulso, PWM. En este caso, se utiliza el “ciclo de trabajo” como medida para la duración de conexión relativa de la tensión de los terminales modulada-PWM. El ciclo de trabajo es la relación entre la duración de la conexión y el tiempo de sincronización y tiene, por lo tanto, un valor entre 0% y 100%. La PWM para la activación el motor eléctrico se puede realizar en el modo de corriente o en el modo de corriente o en el modo de tensión. La figura 3 muestra un diagrama, que ilustra ambos procedimientos, estando representado el modo de corriente en la mitad izquierda y el modo de tensión en la mitad derecha del diagrama.

Ambos procedimientos tienen en común que, por ejemplo, en el control del motor 150 un contador no representado en detalle genera valores de referencia o bien valores de recuento, que son incrementados desde un valor de partida Z0 hasta un valor máximo Zmax, de manera que resulta, considerado sobre el tiempo, un patrón triangular o bien una curva de forma triangular.

En el modo de corriente se ajusta la corriente del motor por medio de un circuito comparados en el procedimiento de dos puntos. Cuando el valor de recuento del contador alcanza el valor de comparación Z_cm, entonces se lleva a cabo la conexión de la tensión modulada en la amplitud del impulso. En el modo de corriente resulta el ciclo de trabajo a través del instante de la desconexión del impulso-PWM a través el circuito de activación. Dicho con mayor exactitud, se pueden alimentar, por ejemplo, a un comparador de corriente la corriente teórica y la corriente real

momentánea. Si la corriente real alcanza la corriente teórica, entonces se lleva a cabo la desconexión de la tensión modulada en la amplitud del impulso.

En cambio, en el modo de tensión se calcula por el control el motor 160 una tensión teórica y se imprime la duración relativa de la conexión el PWM. Esto se puede realizar, por ejemplo, porque el control el motor 160 determina un valor de comparación Z_vm y lo compara con el valor de recuento actual, realizándose una conexión de la tensión PWM cuando el valor de recuento Z es mayor o igual que Z_vm o menos o igual a Zmax. Los valores de recuento Z_delay y Z-trigger_vm muestran instantes t1, t2 y t3 posibles para una medición del contra-EMK.

Con otras palabras, en el modo de corriente se imprime el par motor y en el modo de tensión se imprime el número de revoluciones. La selección del modo de funcionamiento se realiza en función del comportamiento de la carga y de los requerimientos planteados al motor eléctrico 100. Según que se desee constancia alta del número de revoluciones, desarrollo reducido de ruido, oscilaciones o eficiencia energética, se selecciona el tipo de funcionamiento correspondiente. En este caso, se puede establecer el tipo de funcionamiento durante la conexión del motor eléctrico 100, o también se puede conmutar en función de las condiciones de funcionamiento. También es posible una mezcla de los tipos de funcionamiento. Es ventajoso accionar el motor durante la fase de arranque en el modo de corriente, para garantizar un ajuste ideal el par motor durante la fase de arranque. Después de la aceleración, es decir, por ejemplo cuando se alcanza un número de revoluciones determinado, se puede conmutar el motor entones al modo de tensión, para utilizar la propiedad del motor síncrono, para corregir a través del ángulo de la carga las oscilaciones del par motor en el funcionamiento.

El motor eléctrico 100 se puede emplear, por ejemplo, como accionamiento de un compresor en un frigorífico. Un compresor de este tipo comprime un medio de refrigeración por medio de un compresor de pistón. En este caso, el medio de refrigeraciones arranca a través de una válvula de entrada en una placa de válvula en una cámara del pistón, se comprime a través de un pistón accionado por el motor eléctrico y se expulsa a través de una válvula de salida en la placa de la válvula fuera de la cámara del pistón. Una vez por revolución el pistón alcanza de esta manera el punto muerto superior y con ello el punto de la compresión máxima, en el que el contra par motor máximo actúa contra el motor. El perfil de carga de la carga accionada por el motor es, por lo tanto, muy dinámico, de manera que el par motor máximo está un múltiplo, por ejemplo cinco veces por encima del par motor medio.

La figura 4 muestra diferentes perfiles de la carga el compresor 301, 302 y 303 de un motor eléctrico 100 de este tipo. Como se puede reconocer en la figura 4, una revolución del motor eléctrico 100 de 6 polos corresponde a tres periodos eléctricos T, es decir, un periodo eléctrico T por pareja de polos. Cada uno de estos periodos eléctricos T corresponde a 6 posiciones eléctricas o posiciones del conmutador, como se indica para el perfil de carga 301. De esta manera resultan en total 18 periodos parciales eléctricos, como se indica para el perfil de carga 302. En la mitad inferior de la figura 4 se indica de forma esquemática la señal de control-BLDC característica para una sección de abollamiento. La contra presión provocada por el medio de refrigeración depende del estado de funcionamiento el circuito de refrigeración. Según la cantidad de licuado que esté el medio de refrigeración y en qué medida esté formado todavía por gas, el contra par motor máximo es mayor o menor. Si se pone en funcionamiento el compresor de nuevo después de un tiempo prologado de parada, entonces la presión en la cámara el pistón es más reducida, de manera que el contra par motor máximo es más reducido. Esto corresponde a los perfiles de carga 301 y 302. En cambio, si el compresor arranca después de un tiempo de carga corto, entonces esto se realiza contra una presión residual más elevada. Esto corresponde al perfil de carga 303.

Como se ha mencionado al principio, el rotor del motor-BLDC 100 se puede posicionar a través de una posición definida del conmutador. Pero puesto que el motor-BLDC 100 presenta tres parejas de polos, a cada una de las seis posiciones eléctricas 1 a 6 posibles están asociadas exactamente tres posiciones del rotor. En cuál de estas tres posiciones del rotor se posiciona el rotor depende de la posición en la que el rotor se ha parado después de la rotación previa. Si se posiciona el rotor ahora en primer lugar en una posición, que no está suficientemente alejada de la carga máxima, por ejemplo en posición 2 del segundo periodo eléctrico en el perfil de carga 301, entonces el par motor generado a través de la rampa de arranque no es posiblemente suficientemente grane para superar el contra par motor que actúa sobre el motor, y falla el arranque.

A través del procedimiento escrito a continuación se desplaza el rotor en primer lugar a una posición exactamente definida, antes de que se realice el arranque en sentido de giro. Con otras palabras, por lo tanto, en primer lugar se resuelve la ambigüedad de las posiciones del rotor. El procedimiento se basa en la idea de hacer girar el rotor en primer lugar de tal forma que permanece suspendido en una primera posición parada delante del contra par motor máximo. A continuación se gira y se posiciona el rotor alrededor de un ángulo de giro determinado en sentido contrario hasta una segunda posición parada. Finalmente se acelera el motor con una rampa de arranque en el primer sentido de giro. Las etapas individuales se explican en detalle a continuación.

La figura 5 ilustra las tres etapas o bien fases 401, 402 y 403 de este procedimiento y muestra de forma esquemática las corrientes de excitación 410, 420 y 430, que fluyen en las fases individuales a través de las secciones de arrollamiento 130. En una primera etapa 401 se acciona el rotor en un primer sentido, que es idéntico con el sentido de giro definitivo posterior del rotor. En este caso, reimpulsan las secciones de arrollamiento con una

corriente de excitación, que genera un primer par motor, que es menor que un contra par motor máximo, que se opone a la rotación del rotor. Por el contra par motor máximo debe entenderse en este caso el par motor en el instante de la carga máxima durante una revolución completa el motor, es decir, en el punto de compresión. La revolución del rotor se puede realizar en esta fase en el modo paso a paso. Esto significa que el rotor se mueve con cada conmutación en sentido de giro y luego, después de que el imán permanente el rotor se ha alineado en el campo magnético modificado, se para, antes de que sea conmutado de nuevo. Cada conmutación corresponde en este caso a un paso o bien a un periodo parcial eléctrico. Los pasos individuales 405 son calculados también como "paso adhesivo". Para la generación del campo magnético se alimentan con corriente en cada caso dos de las tres secciones de abollamiento 130U, 130V, 130W. La activación se realiza en este caso a través de una modulación de la amplitud del impulso (PWM), siendo conectados los conmutadores T1 a T6, respectivamente, durante un tiempo correspondiente al ciclo de trabajo por cada pulso de reloj-PWM. El primer par motor generado no es en este caso necesariamente constante sobre el tempo. Especialmente en el modo paso a paso, el par motor puede seguir un perfil determinado. Solamente es importante que el valor máximo el primer par motor esté por debajo del contra par motor máximo.

Se puede conseguir que el par motor generado en cada paso 405 de esta primera fase 401 sea menor que el contra par motor máximo a través del ajuste correspondiente del ciclo de trabajo de la modulación-PWM y de la duración de los pasos 405 individuales. Los parámetros de activación, que corresponden al contra par motor máximo en ralentí, es decir, con una presión mínima en la cámara del pistón, pueden estar memorizados en una memoria del control del motor 160 y se pueden utilizar en esta primera fase 401, con lo que se puede garantizar un par motor correspondientemente bajo. Puesto que el rotor no puede superar el contra par motor máximo, permanece colgado en una primera posición parada delante del punto de compresión. Esta primera posición de parada se encuentra en este caso algunos pasos, por ejemplo de dos a cuatro pasos, delante del punto de compresión. Por lo tanto, es suficiente que el número de pasos en esta fase 401 corresponda al número de los pasos parciales eléctricos por revolución, puesto que el rotor entonces permanece colgado independientemente de la posición inicial en la misma posición. No obstante, evidentemente no es nocivo realizar un número mayor de pasos adhesivos 405. Además, también es suficiente realizar un número menor de pasos adhesivos 405. En el supuesto de que se encuentre en su posición inicial al menos dos pasos detrás el punto de compresión y se pare o bien permanezca colgado al menos dos pasos delante del punto de compresión, en el presente ejemplo es suficiente realizar 14 pasos adhesivos 405.

En la fase siguiente 402 del procedimiento se mueve el rotor, partiendo desde la primera posición parada, un número determinado de pasos en un segundo sentido de giro opuesto al primer sentido de giro. El objetivo de esta fase 402 es llevar el rotor a una posición parada definida, que está en el sentido de giro lo más alejada posible del punto de compresión, para que en la fase siguiente se pueda prever una rampa de arranque lo más larga posible. El posicionamiento del rotor en contra del sentido de giro posterior se puede realizar en este caso de nuevo en el modo paso a paso, no teniendo importancia si los pares motores generados en este caso son mayores o menores que el contra par motor máximo. En el caso de que la primera posición parada al final del modo paso a paso de la fase 401 se encuentra en el caso más desfavorable 4 pasos delante del punto de compresión, entonces se puede girar el rotor 12 paso en sentido de giro contrario, y entonces se para dos pasos detrás del punto de compresión en la segunda posición parada. Debería observarse que en la figura 5 para mayor simplicidad solamente se representan nueve pasos. En este caso es posible comenzar este modo paso a paso con una posición de los conmutadores que se encuentran solamente dos o tres pasos detrás del punto de compresión. Estos pasos corresponden entonces, dado el caso, a las posiciones eléctricas, que no ha podido seguir el rotor en virtud del contra par motor alto. El rotor se detiene, por lo tanto, en estos pasos en la primera posición de parada y solamente es "arrastrado" en los pasos siguientes. Por lo tanto, no tiene importancia si la primera posición de parada, en la que el rotor se ha parado al final de la fase 401, es desconocida, puesto que después del arrastre del rotor se conoce su posición exacta. Al término de la fase 402, el rotor se encuentra, por lo tanto, en una segunda posición de parada exactamente definida.

En la tercera fase 403 del procedimiento, se arranca el rotor, partiendo de la segunda posición parada, de forma giratoria en el primer sentido de giro, siendo generado un par motor, que es mayor que el contra par motor máximo. Esta tercera fase 403 puede estar dividida de nuevo en tres secciones 431, 432 y 433.

Durante la primera sección 431 se impulsan dos de las tres secciones de arrollamiento 130 con una corriente de excitación, de manera que la corriente de excitación se eleva siguiendo una rampa ascendente establecida. Puesto que el par motores esencialmente proporcional a la corriente, ésta se eleva también de manera correspondiente a partir de cero, De esta manera, se asegura que no se produzcan oscilaciones del rotor en virtud de un par motor existente de forma repentina. Cuál de las dos secciones de arrollamiento se activa depende de la posición final del rotor en la fase 402, de manera que las secciones de arrollamiento son activadas de tal forma que el rotor se mueve en comparación con la fase 402 en sentido contrario, es decir, en el sentido de giro definitivo.

En la segunda sección 432 se lleva a cabo la activación de las secciones de arrollamiento de acuerdo con un perfil de activación, que corresponde a una rampa de arranque predeterminada. Los parámetros como, por ejemplo, corriente teórica, instantes de las conmutaciones y similares están predeterminados en este caso y se pueden registrar, por ejemplo, en una memoria del control del motor 160. Especialmente los instantes de las conmutaciones no se ajustan, por lo tanto, en este caso todavía de acuerdo con el contra-EMK, sino que están establecidos de

antemano.

En la tercera sección 433 se lleva a cabo la conmutación entonces en función de la contra-EMK calculada, por ejemplo en cada caso una duración de tiempo determinada después del punto de anulación calculado de la contra-EMK de la manera descrita anteriormente. Este modo se designa también como “conmutación automática” y corresponde a la representación en la figura 2.

El número de los pasos de la rampa de arranque en la segunda sección 432 antes de la conmutación a la conmutación automática debería seleccionarse para que la conmutación automática se alcance ya algunos pasos, por ejemplo de tres a siete pasos, antes del punto de conmutación. Cuando, por ejemplo, la posición final en la segunda fase 402 se encuentra dieciséis pasos delante del punto de compresión y el contra par motor se eleva empinado después de paso doce, entonces una rampa de arranque con diez pasos hasta la conmutación a la conmutación automática es ideal.

En una configuración, el par motor generado por la rampa de arranque en la segunda sección 42 de la tercera fase 403 se eleva de forma escalonada linealmente, con lo que se entiende en este caso que la diferencia entre los pares motores generados o corrientes de excitación generadas de dos estados de conmutación sucesivos es esencialmente constante. En este caso, el par motor generado es evidentemente siempre mayor o igual que el contra par motor que actúa sobre el motor, que resulta a partir de fuerza de inercia, fuerza de fricción así como fuerzas de compresión. No obstante, en una configuración alternativa, el par motor generado por la rampa de arranque se puede incrementar también de forma no lineal. En particular, se puede adaptar al contra par motor esperado, de manera que el motor arranque en primer lugar suavemente y el par motor generado se incrementa entonces sobre proporcionalmente de acuerdo con la subida empinada del contra par motor. Esto se puede conseguir a través de la utilización de los parámetros de activación correspondientes, dado el caso memorizados, como por ejemplo el ciclo de trabajo.

Al término de la segunda sección 432 se conmuta entonces a conmutación automática. El par motor generado en la tercera sección 433 es mayor que el contra par motor en el punto de compresión, de manera que el rotor está vez no permanece parado, sino que supera el punto de compresión y se acelera.

Como ya se ha explicado anteriormente, el perfil de carga depende, entre otras cosas, del tiempo durante el que el compresor no estaba conectado. El motor del compresor debe arrancar, por lo tanto, durante el arranque contra diferentes perfiles de carga, que no siempre son conocidos. Esto se tiene en cuenta en el arranque del motor adaptable escrito a continuación.

En el caso de un arranque adaptable, se realizan varios intentos de arranque de diferente tipo. Un primer tipo de arranque es el procedimiento de arranque descrito anteriormente con las tres fases descritas. Un segundo tipo de arranque es un arranque-BLDC sencillo, como corresponde, por ejemplo, a la tercera fase 403 descrita anteriormente sin realización de las fases 401 y 402. Un tercer tipo de arranque es el nuevo arranque después de un bloqueo de tiempo predeterminado, lo que debe asegurar que las relaciones de presión en la cámara de, pistón se expandan y se reduzca el contra par motor máximo. Un cuarto tipo de arranque es el arranque con un conjunto de parámetros modificado.

Los tipos de arranque mencionados se pueden combinar discrecionalmente entre sí. Por ejemplo, es posible realizar en primer lugar un arranque-BLDCV sencillo y cuando éste no ha tenido éxito, realizar el procedimiento de arranque descrito anteriormente con las tres fases descritas. Se puede establecer, por ejemplo que un intento de arranque no ha tenido éxito porque no se ha podido establecer ningún contra-EMK, es decir, que el contra-EMK no presenta ningún punto de anulación tampoco después de un tiempo predeterminado, relativamente largo.

Un ejemplo de un procedimiento adaptable un poco más amplio es el siguiente: en una primera etapa se espera un bloqueo de tiempo predeterminado. En una segunda etapa se lleva a cabo un arranque-BLDC sencillo con un conjunto de parámetros para arranque sin presión, es decir, un conjunto de parámetros que se basa en un perfil de carga esperado con contra presión reducida. Si falla este arranque, se realiza toda la secuencia de arranque con las fases 401, 402 y 403 para arranque sin presión. Si falla también este arranque, se realiza en primer lugar el arranque-BLDC con parámetros modificados y luego se realiza toda la secuencia de arranque con parámetros modificados. Estos parámetros modificados se basan en un perfil de carga esperado para contra presión alta. Si estos intentos tampoco tienen éxito, entonces se espera un nuevo bloqueo de tiempo, y se realiza de nuevo la secuencia, dado el caso con parámetros modificados de nuevo o con un bloqueo de tiempo más largo.

Evidentemente también es posible realizar en primer lugar una secuencia de arranques-BLDC con diferentes conjuntos de parámetros seguida por una serie de secuencias de arranque con las fases 401, 402 y 403 con diferentes conjuntos de parámetros, pudiendo preceder un bloqueo de tiempo a cada intento de arranque.

Ejemplos de parámetros posibles, que se pueden variar entre las secuencias de arranque, son la posición de partida del rotor al comienzo del arranque-BLDC, la duración de la alimentación de corriente en la posición de partida, el ciclo de trabajo y la modificación del ciclo de trabajo durante la fase de alineación el rotor, es decir, durante la

sección 431, la rampa de partida en la sección 432, en particular los instantes de las primeras conmutaciones durante esta sección, la forma de las curvas de esta rampa de partida, el número de los pasos hasta la conmutación automática o bien hasta la medición del contra-EMK, el número de puntos de anulación-EMK reconocidos hasta el cambio a la conmutación automática, el tipo de funcionamiento y el ciclo de trabajo en la rampa o bien la modificación del ciclo de trabajo con el número de revoluciones, los valores iniciales en el punto de la conmutación para el tiempo de desmagnetización y el primer tiempo de conmutación. Otros parámetros posibles son el tiempo hasta la activación del regulador del número de revoluciones hasta la eventual conmutación del tipo de funcionamiento y hasta la utilización de factores dependientes del número de revoluciones, así como todos los parámetros de cálculo en la operación para la determinación del instante de la conmutación.

Con un arranque adaptable de este tipo se puede arrancar el motor de manera fiable también en el caso de relaciones de carga desconocidas.

Lista de signos de referencia

100	Motor eléctrico
110	Alimentación de tensión
120	Puente inversor
130U, 1430V, 130W	Secciones de arrollamiento
140	Punta de la estrella
150	Resistencia
169	Control del motor
301, 302, 303	Perfiles de carga
401, 402, 403	Fases
405	Etapas adhesivas
410, 420, 430	Corrientes de excitación
Iu, Iv, Iw	Tensiones de los terminales
T	Periodo eléctrico
Tm1, Tm2	Ventana de medición
X1… X6	Señales de control
X0, Z_cm, Z_delay, Z-trigger_vm, Z_vm, Z_max	Valores numéricos

REIVINDICACIONES

1.- Procedimiento para el arranque de un motor eléctrico (100), que presenta un rotor, caracterizado por las etapas siguientes:

- accionamiento del rotor con un primer par motor en un primer sentido de giro, en el que el valor máximo del primer par motor no es mayor que un contra par motor máximo, que se opone a la rotación del rotor, de manera que el rotor se para en una primera posición de parada,
- partiendo desde la primera posición de parada, accionamiento del rotor en un segundo sentido de giro, opuesto al primer sentido de giro, hasta que el rotor se para en una segunda posición de parada predeterminada; y
- partiendo desde la segunda posición de parada, arranque del motor en el primer sentido de giro.

2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque el motor eléctrico (100) presenta secciones de arrollamiento (130), y el motor es accionado, siendo impulsadas las secciones de arrollamiento (130) con corrientes de excitación (410, 420, 430).

3.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque el rotor es accionado con una señal modulada en la amplitud del impulso, en particular con una señal de la corriente modulada en la amplitud del impulso.

4.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado** porque el ciclo de trabajo y/o la sincronización de la señal modulada en la amplitud del impulso están seleccionados de tal forma que el valor máximo del primer par motor no es mayor que el contra par motor máximo.

5.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque antes de alcanzar la primera y/o la segunda posición de parada, se acciona el motor eléctrico (100) en el modo paso a paso.

6.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la segunda posición de parada se encuentra en una zona angular de 0º a 90º, con preferencia de 30º a 60º, de manera preferida de 35º a 45º detrás de la posición correspondiente al contra par motor máximo.

7.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque durante el arranque del motor, partiendo desde la segunda posición de parada se genera un segundo par motor creciente.

8.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado** porque el segundo par motor se eleva paso a paso linealmente.

9.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado** porque el gradiente del segundo par motor se incrementa con el tiempo.

10.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 9, **caracterizado** porque el par motor sigue una rampa de arranque, en cuyo extremo se conmuta al modo de conmutación automática, de manera que al final de la rampa de arranque el contra par motor es menor que la mitad, con preferencia menos que un tercio del contra par motor máximo.

11.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el motor eléctrico se arranque en primer lugar en el modo de corriente, y cuando se alcanza un número máximo de revoluciones se conmuta al modo de tensión.

12.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque antes del accionamiento del rotor con el primer par motor, se retiene el rotor durante un periodo de tiempo determinado en una posición de reposo.

13.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el motor eléctrico (100) se utiliza como accionamiento para un compresor, en particular en un frigorífico, de manera que el contra par motor máximo corresponde al contra par motor en el punto de compresión.

14.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el motor eléctrico (100) es accionado a través de la aplicación de señales de control (X1 – X6), de manera que en un primer intento de arranque se determinan las señales de control (X1 – X6) con la ayuda de parámetros para un estado con un primer contra par motor máximo, y en un segundo intento de arranque que sigue al primer intento de arranque se determinan las señales de control (X1 – X6) con la ayuda de parámetros para un estado con un segundo contra par motor máximo, de manera que el segundo contra par motor máximo es mayor que el primer contra par motor

máximo.

15.- Procedimiento para el arranque de un motor eléctrico (100), que presenta secciones de arrollamientos (130) y un rotor, caracterizado por las siguientes etapas:

- generación de un par motor, que mueve el rotor en un primer sentido de giro, para arrancar el motor eléctrico (100);

- en el caso de que el arranque del motor eléctrico (100) no se realice con éxito, realización del procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 14.

16.-. Dispositivo para arrancar un motor eléctrico, que presenta un rotor, configurado para el accionamiento del rotor con un primer par motor en un primer sentido de giro, en el que un valor máximo del primer par motor no es mayor que un contra par motor máximo, que se opone a la rotación del rotor, de manera que el rotor se para en una primera posición de parada; configurado para el accionamiento del rotor a partir de la primera posición de parada en un segundo sentido de giro opuesto al primer sentido de giro, hasta que el rotor se para en una segunda posición de parada predeterminada; y configurado para arrancar el rotor a partir de la segunda posición de parada en el primer sentido de giro, de manera que el motor eléctrico (100) está configurado como accionamiento para un compresor, en particular en un frigorífico, en el que el contra par motor máximo corresponde al contra par motor en el punto de compresión.

17.- Motor eléctrico que presenta un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 16.

Fig. 1

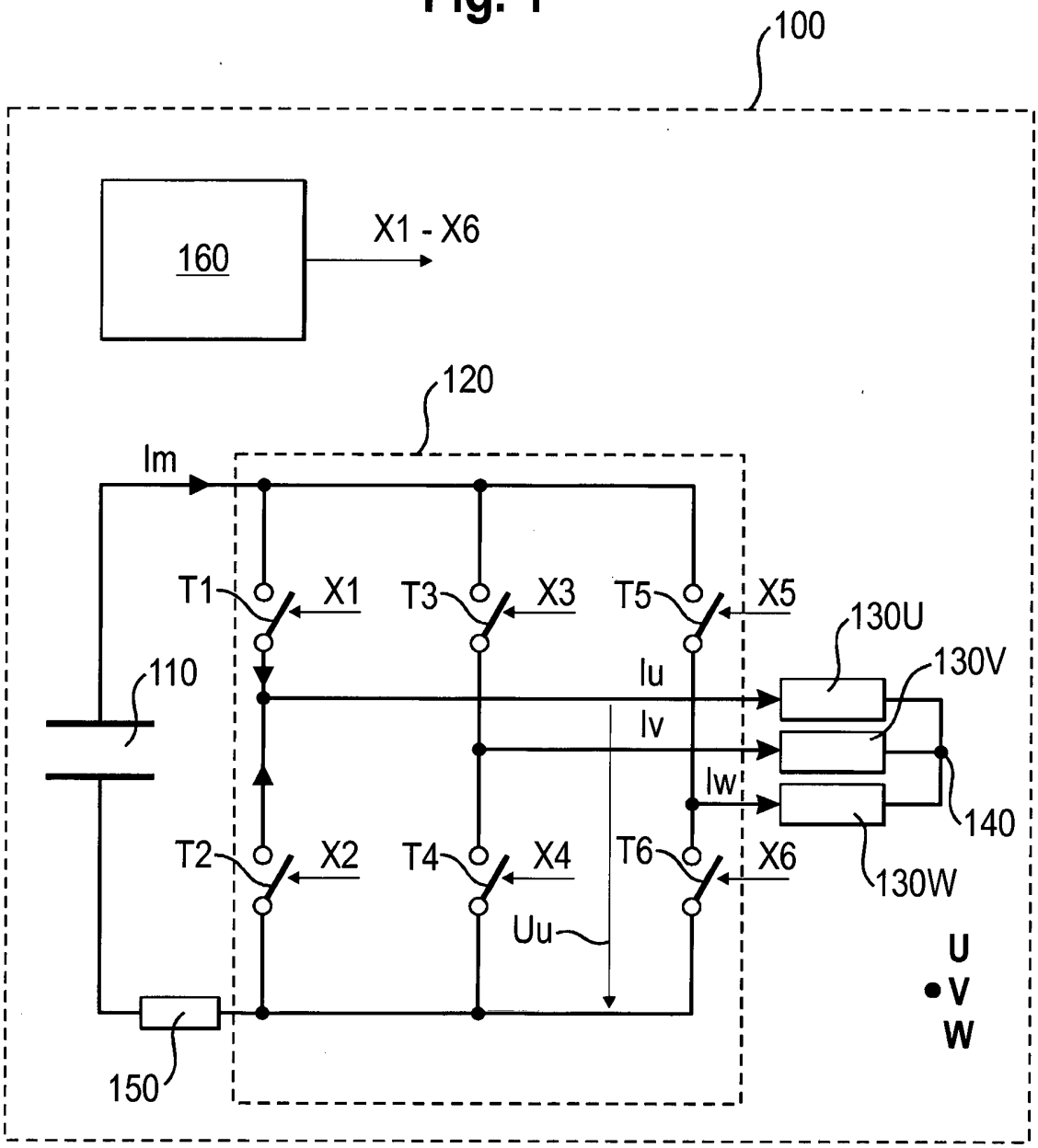
100
160
X1 - X6
120
Im
T1
X1
T3
X3
T5
X5
130U
130V
110
Iu
Iv
Iw
140
T2
X2
T4
X4
T6
X6
130W
Uu
U
V
W
150

Fig. 2

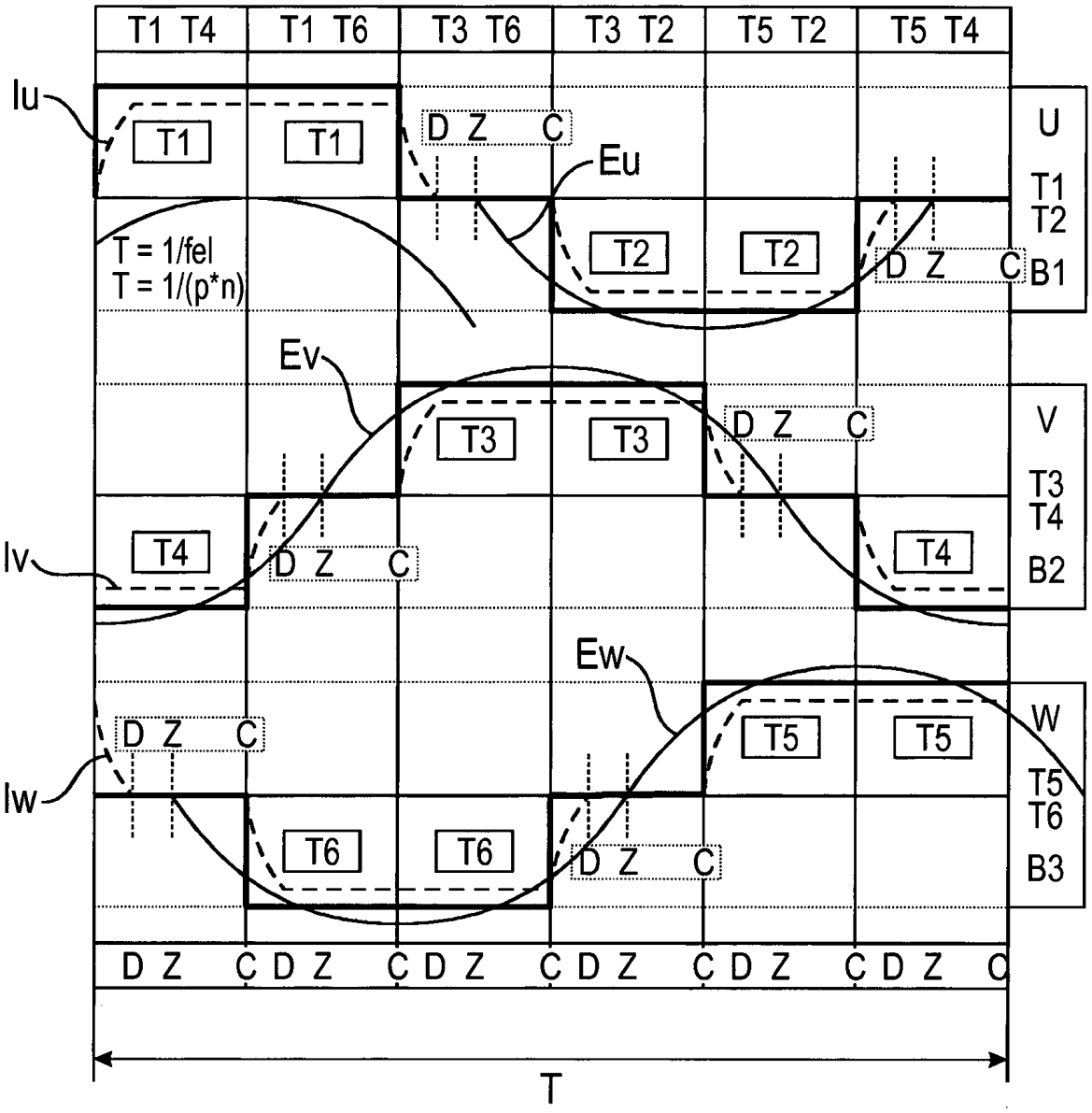
T1 T4
T1 T6
T3 T6
T3 T2
T5 T2
T5 T4
Iu
T1
T1
D Z C
Eu
T2
T2
D Z C
U
T1
T2
B1
T = 1/fel
T = 1/(p*n)
Ev
T3
T3
D Z C
V
T3
T4
B2
Iv
T4
D Z C
T4
Ew
D Z C
T5
T5
W
T5
T6
B3
Iw
T6
T6
D Z C
D Z C D Z C D Z C D Z C D Z C D Z C
T

Fig. 3

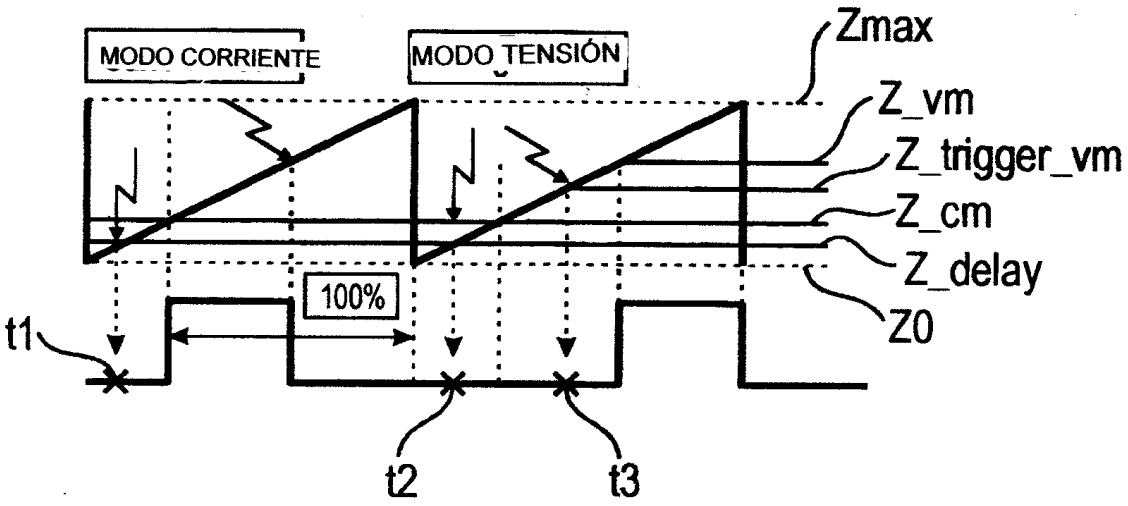
MODO CORRIENTE
MODO TENSIÓN
Zmax
Z_vm
Z_trigger_vm
Z_cm
Z_delay
Z0
100%
t1
t2
t3

Fig. 4

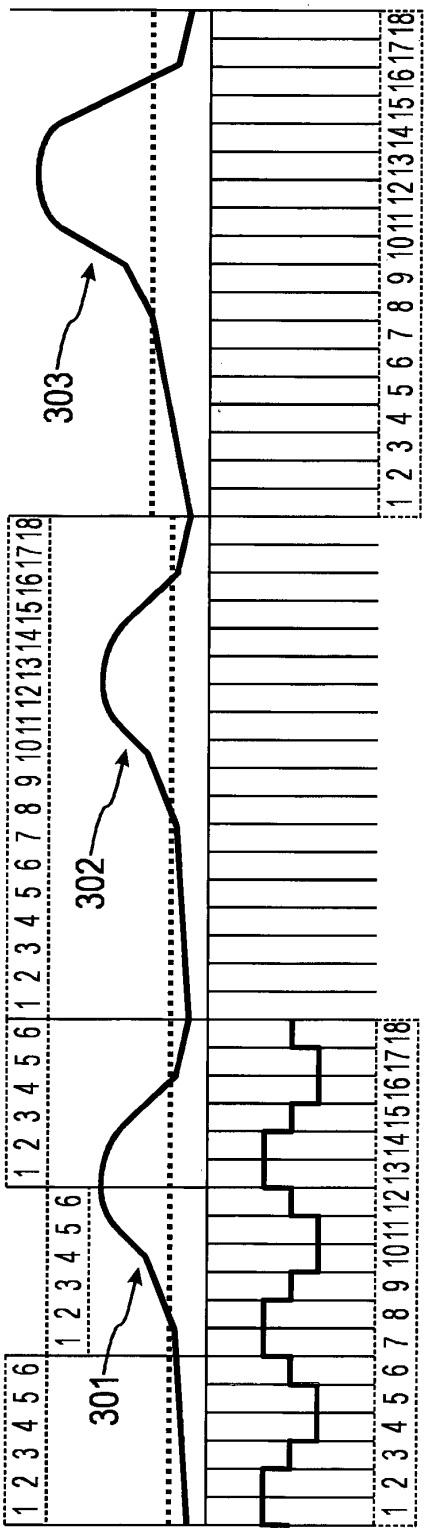
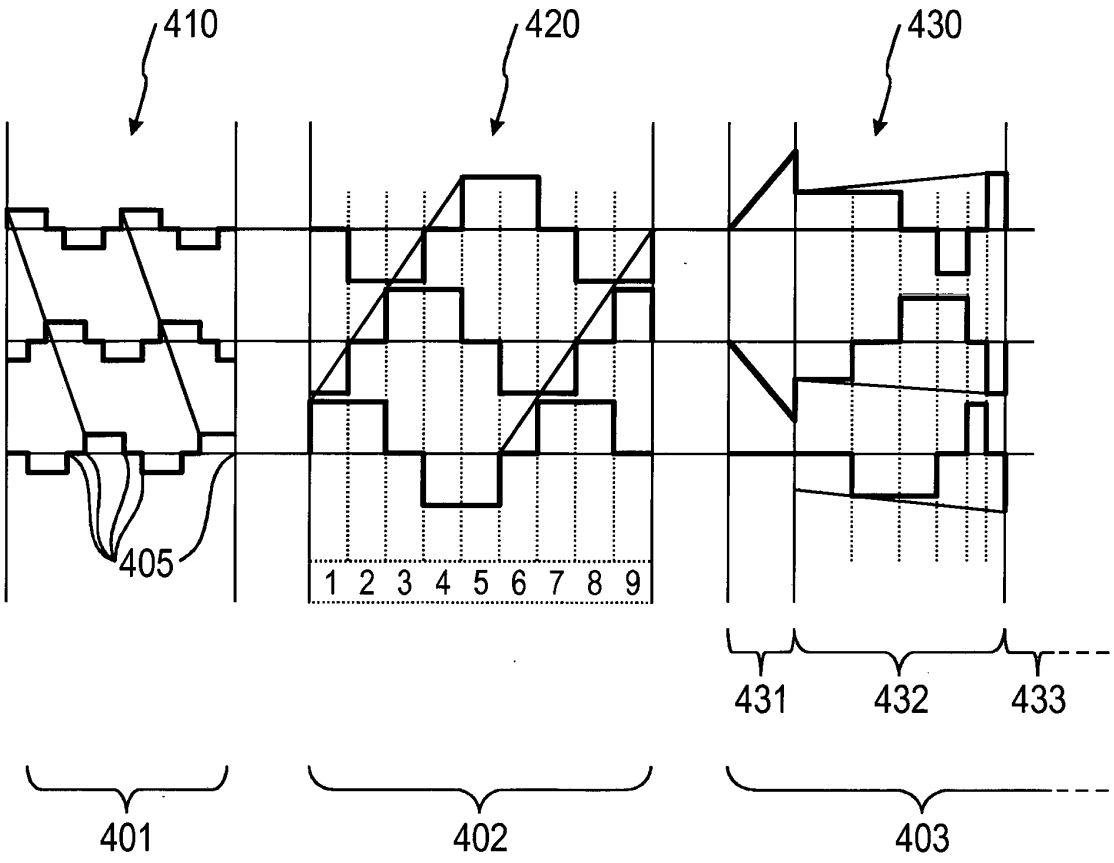
Fig. 5