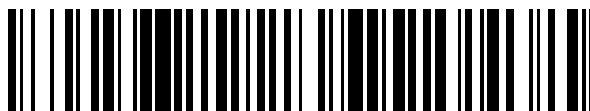


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 700 730**

51 Int. Cl.:

H02P 1/46

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.07.2014 PCT/EP2014/065892**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.02.2015 WO15014701**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.07.2014 E 14744071 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.09.2018 EP 3028378**

54 Título: **Procedimiento para encender y apagar una máquina eléctrica n-fásica en un vehículo de motor**

30 Prioridad:

02.08.2013 DE 102013215306

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

19.02.2019

73 Titular/es:

**SEG AUTOMOTIVE GERMANY GMBH (100.0%)
Lotterbergstrasse 30
70499 Stuttgart, DE**

72 Inventor/es:

**ERSEK, ZOLTAN y
ROESNER, JULIAN**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 700 730 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para encender y apagar una máquina eléctrica n-fásica en un vehículo de motor

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para encender y a un procedimiento para apagar una máquina eléctrica n-fásica en un vehículo de motor.

Estado de la técnica

10 Las máquinas eléctricas pueden usarse en vehículos de motor para transformar energía mecánica en energía eléctrica. Las máquinas eléctricas excitadas de manera externa de este tipo pueden estar configuradas, a este respecto, por ejemplo, como generadores de polo de garras. Las máquinas eléctricas de este tipo pueden generar una corriente de giro multifásica. Las máquinas eléctricas pueden presentar, a este respecto, un rotor con un devanado de excitación (devanado de rotor) y un estator con un devanado de estator multifásico. Por medio de un
15 rectificador conectado aguas abajo del devanado de estator puede rectificarse una corriente de giro multifásica en una corriente continua y por ejemplo alimentarse en una red a bordo de tensión continua del vehículo de motor.

Por ejemplo, en vehículos híbridos pueden hacerse funcionar máquinas eléctricas también en modo motor y usarse como accionamiento del vehículo híbrido. La máquina eléctrica puede favorecer, a este respecto, un motor de
20 combustión interna del vehículo de motor en particular en caso de bajos números de revoluciones, en los que este motor de combustión interna aún no suministra su momento de giro entero (operación de impulso, compensación de retardo del turbo).

Una regulación de la máquina eléctrica puede efectuarse en ambos modos de operación por medio de una corriente de excitación mediante el devanado de excitación o por medio de una corriente de fase mediante los devanados de
25 estator como variable de regulación.

Un uso de la máquina eléctrica en particular como accionamiento en un vehículo puede exigir un encendido y apagado frecuente de la máquina eléctrica. Puede resultar problemático el encendido y apagado de la máquina eléctrica en particular en caso de elevado número de revoluciones. Si a este respecto se enciende en primer lugar la
30 tensión de fase, puede producirse un elevado rebasamiento de la corriente de fase. Si en primer lugar se enciende una tensión de excitación, en el estator se induce en primer lugar una tensión de rueda polar que puede interaccionar negativamente con la tensión de fase que va a encenderse más tarde, lo que puede conducir a elevadas cargas eléctricas y mecánicas de la máquina eléctrica.

35 Por tanto, es deseable indicar una posibilidad de optimizar el encendido y apagado de una máquina eléctrica de un vehículo de motor para evitar picos de corriente no deseados y cargas eléctricas y mecánicas asociadas a ello.

En un accionamiento motor con un inversor de carga conmutada, el motor se inicia desde una posición de reposo en la que el devanado del rotor se somete a una corriente de campo de velocidad de modulación constante para inducir una tensión en el estator, cuyo signo se establece para la determinación de la posición del rotor.

En el documento US4746850 se muestra un procedimiento de arranque para un motor sincrónico trifásico en el que se encienden un par de tiristores cuando la tensión inducida en un devanado de estator por el campo de rotor presenta una determinada polaridad.

45 Divulgación de la invención

De acuerdo con la invención se proponen un procedimiento para encender y un procedimiento para apagar una máquina eléctrica n-fásica en un vehículo de motor con las características de las reivindicaciones independientes. Los diseños ventajosos son objeto de las reivindicaciones dependientes, así como de la siguiente descripción.

Ventajas de la invención

55 En el curso de la invención se determina un momento de conmutación óptimo para encender o apagar la máquina eléctrica. A este respecto se evalúa un parámetro que influye en una tensión de rueda polar. La tensión de rueda polar es una variable auxiliar ficticia. Cuando la máquina está al ralentí, se corresponde con la tensión que se induce por el devanado de rotor o devanado del excitador (rueda del polo) energizado en el devanado del estator. Mediante esta evaluación se determina el momento óptimo en el que se aplica una tensión de fase al devanado de estator (en caso de encendido de la máquina eléctrica) o se separa del devanado de estator (en caso de apagado de la máquina eléctrica). Este momento se determina de tal modo que no se originen picos de corriente no deseados. De este modo se evitan elevadas cargas eléctricas y mecánicas al encender y apagar la máquina eléctrica.

60 Los procedimientos de acuerdo con la invención posibilitan, por tanto, encender y apagar la máquina eléctrica independientemente del número de revoluciones de la máquina eléctrica y/o de una máquina motriz de combustión

interna del vehículo de motor. En particular, la invención posibilita encender y apagar suavemente la máquina eléctrica en caso de elevado número de revoluciones.

5 La invención es adecuada, a este respecto, igualmente para un funcionamiento en modo generador así como en modo motor de la máquina eléctrica. La invención es adecuada para todo tipo de vehículos de motor y comerciales, en particular también para vehículos híbridos.

10 En particular, mediante la invención se posibilita hacer funcionar la máquina eléctrica en modo motor y ayuda a la máquina motriz de combustión interna. También en caso de altos números de revoluciones puede encenderse la máquina eléctrica a este respecto sin problemas y sin grandes cargas. A este respecto no tiene que esperarse, por ejemplo, hasta que el número de revoluciones supere un valor límite admisible para encender la máquina eléctrica. La máquina eléctrica puede encenderse en el momento más conveniente posible.

15 Una unidad de cálculo de acuerdo con la invención, por ejemplo, un aparato de control de un vehículo de motor, está establecida, en particular desde el punto de vista de la técnica de programa, para llevar a cabo un procedimiento de acuerdo con la invención.

20 También la implementación del procedimiento en forma de software es ventajosa, dado que esto da lugar a bajos costes, en particular cuando un aparato de control que se ejecuta se usa también para otras tareas y, por tanto, está presente de todos modos. Los soportes de datos adecuados para proporcionar el programa informático son, en particular, disquetes, discos duros, memorias flash, EEPROM, CD-ROM, DVD, etc. También es posible una descarga de un programa a través de redes informáticas (Internet, Intranet, etc.).

25 Otras ventajas y diseños de la invención se desprenden de la descripción y del dibujo adjunto.

Se entiende que las características mencionadas anteriormente y que van a explicarse aún a continuación no solo pueden usarse en la combinación indicada respectivamente, sino también en otras combinaciones o en una posición singular sin abandonar el marco de la presente invención.

30 La invención está representada esquemáticamente mediante ejemplos de realización en el dibujo y se describe a continuación con referencia al dibujo con detalle.

Breve descripción de los dibujos

35 La Figura 1 muestra esquemáticamente una máquina motriz de combustión interna y una máquina eléctrica de un vehículo de motor, que está establecida para llevar a cabo una forma de realización de la invención.

La Figura 2 muestra a modo de diagrama de circuito una máquina eléctrica pentafásica de un vehículo de motor, que está establecida para llevar a cabo una forma de realización de la invención.

40 La Figura 3 muestra esquemáticamente un circuito equivalente monofásico de la máquina eléctrica pentafásica de la Figura 2.

45 La Figura 4 muestra esquemáticamente una realización preferente de un procedimiento con la invención para encender así como para apagar una máquina eléctrica como un diagrama de bloques.

La Figura 5 muestra esquemáticamente diagramas de aguja, que pueden determinarse en el curso de una forma de realización de la invención.

50 Forma(s) de realización de la invención

La Figura 1 muestra esquemáticamente componentes de un vehículo de motor. El vehículo de motor presenta a este respecto una máquina eléctrica 110, partiéndose a continuación por ejemplo de un generador sincrónico excitado externamente. La máquina eléctrica 110 puede hacerse funcionar a través de una máquina motriz de combustión interna 109 del vehículo de motor por ejemplo en modo generador. La máquina eléctrica 110 está unida a través de correspondientes medios de acoplamiento, por ejemplo, una unión mecánica 108 en forma de un accionamiento de correas o un árbol, con la máquina motriz de combustión interna 109 por arrastre de momento de giro. Como alternativa, la máquina eléctrica 110 puede hacerse funcionar también en modo motor y puede ayudar, a este respecto, a la máquina motriz de combustión interna 109.

60 La máquina eléctrica 110 está unida eléctricamente con un convertidor 106, estando previstas varias conexiones de fase 107. El convertidor puede hacerse funcionar como rectificador y como inversor. Las conexiones de fase 107 n son, a este respecto, conexiones de fase de un devanado de estator n-fásico de un estator de la máquina eléctrica 110. Por el lado de la tensión continua está conectado a través de un regulador de campo 102 un devanado de rotor 101 de la máquina eléctrica 110. El regulador de campo 102 es responsable del control del devanado de rotor 101. A través de conexiones de tensión continua 103, un acumulador de energía, por ejemplo, una batería de vehículo 105,

puede unirse al lado de tensión continua del convertidor 106. A través de un elemento de conmutación 104 puede unirse la batería de vehículo 105 al lado de tensión continua del convertidor 106 y separarse del mismo.

5 Una unidad de cálculo configurada como aparato de control 112 está establecida, en particular desde el punto de vista de la técnica de programa, para llevar a cabo una forma de realización de la invención. En particular, el aparato de control 112 controla el regulador de campo 102, el convertidor 106 y el elemento de conmutación 104 de manera correspondiente a la invención.

10 En la Figura 2 se representa la máquina eléctrica 110 a modo de esquema de conmutaciones. La máquina eléctrica 110 se representa en este ejemplo especial como una máquina eléctrica pentafásica. La máquina eléctrica 110 presenta a este respecto un estator con un devanado de estator 110a pentafásico. El convertidor 106 presenta varios elementos de conmutación eléctricos, que están configurados en este ejemplo especial como los MOSFET 106a (transistor de efecto de campo metal-óxido-semiconductor). Los MOSFET se componen de un transistor y un diodo inverso diseñado en dirección de bloqueo. Los MOSFET 106a están unidos, por ejemplo, a través de carriles de corriente con el devanado de estator 110a n-fásico por un lado y por el lado de la tensión continua con las conexiones de tensión continua 103.

20 Si se hace funcionar la máquina eléctrica 110 en un funcionamiento en modo generador, en el devanado de estator 110a se genera una tensión alterna pentafásica, la denominada tensión de fase. Mediante el control adecuado cronometrado de los MOSFET 110a se ajusta esta tensión alterna pentafásica a una tensión continua. Por medio de esta tensión continua transformada puede cargarse, por ejemplo, la batería de vehículo 105.

25 Si se hace funcionar la máquina eléctrica 110 en un funcionamiento en modo motor, se transforma mediante el control conveniente y cronometrado de los MOSFET 110a la tensión continua de la batería de vehículo 105 en la tensión de fase pentafásica. El control conveniente y cronometrado de los MOSFET 110a se efectúa, a este respecto, respectivamente por el aparato de control 112.

30 Cabe señalar que la presente invención no debe estar limitada a una máquina eléctrica pentafásica, sino que es adecuada para máquinas eléctricas con un número adecuado de conexiones de fase 107.

35 Las realizaciones preferentes de la invención para encender y apagar la máquina eléctrica 110 se describen a continuación con referencia a las Figuras 3, 4 y 5. Además, se efectúa esta descripción mediante el ejemplo especial de un funcionamiento en modo motor de la máquina eléctrica 110. En particular, se realizan las realizaciones preferentes del procedimiento de acuerdo con la invención mediante el aparato de control 112. El aparato de control controla en el curso de ello el regulador de campo 102, el convertidor 106 y el elemento de conmutación 104 de manera correspondiente a la invención.

40 A este respecto muestra la Figura 3 esquemáticamente un circuito equivalente monofásico de una máquina sincrónica excitada externamente en general y la máquina eléctrica 110 pentafásica de acuerdo con la Figura 2 en especial. El devanado de rotor 101 se corresponde en el circuito equivalente con una resistencia R_r . El devanado de estator 110a se corresponde en el circuito equivalente con una conmutación en serie de una resistencia R_s y una inductividad L_s .

45 En la Figura 4 se representa tanto una realización preferente de un procedimiento de acuerdo con la invención para encender 200 así como para apagar 300 la máquina eléctrica 110 como un diagrama de bloques.

50 En el funcionamiento en modo motor se abastece la máquina eléctrica 110 con una tensión de excitación U_f y la tensión de fase U_s y se transforma esta energía eléctrica en energía mecánica para ayudar a la máquina motriz de combustión interna 109 con esta energía mecánica. La máquina eléctrica 110 está, a este respecto, en primer lugar apagada. Mediante la unión por arrastre de momento de giro con la máquina motriz de combustión interna 109 se gira la máquina eléctrica con un número de revoluciones ω predefinido por la máquina motriz de combustión interna 109. El encendido de la máquina eléctrica se efectúa a este respecto en el curso del procedimiento 200 de acuerdo con la invención para encender la máquina eléctrica 110.

55 En una etapa 210 se aplica la tensión de excitación U_f por medio del regulador de campo 102 al devanado de rotor 101, por lo que en el devanado de rotor 101 se genera una corriente de excitación I_f . La corriente de excitación I_f se regula en particular por medio de un regulador de PI a un valor teórico deseado. Dado que aún no se aplica ninguna tensión de fase U_s al devanado de estator 110a de la máquina eléctrica, la corriente de excitación I_f induce cuando la máquina eléctrica gira en el devanado de estator 110a una tensión de rueda polar U_p . La tensión de rueda polar U_p depende, a este respecto, del número de revoluciones ω y de la corriente de excitación I_f .

60 En la etapa 220 se determina un parámetro que influye en esta tensión de rueda polar U_p . Preferentemente se determina la propia tensión de rueda polar U_p como parámetro que influye en la tensión de rueda polar U_p . Como alternativa o adicionalmente pueden determinarse también preferentemente la corriente de excitación I_f y/o el número de revoluciones ω de la máquina eléctrica 110 como el parámetro que influye en la tensión de rueda polar U_p . El número de revoluciones ω de la máquina eléctrica 110 y la corriente de excitación I_f se conocen la mayoría de

las veces de todos modos o se determinan de todos modos en el vehículo de motor. Por tanto, en este caso no es necesario ningún esfuerzo adicional para determinar la corriente de excitación I_f y/o el número de revoluciones ω de la máquina eléctrica 110 como el parámetro que influye en la tensión de rueda polar U_p .

- 5 En este ejemplo especial se determina la propia tensión de rueda polar U_p como el parámetro que influye en la tensión de rueda polar U_p . A este respecto se determina la tensión de rueda polar U_p en particular dependiendo de la corriente de excitación I_f y del número de revoluciones ω . Esta determinación se efectúa en particular según la siguiente fórmula:

$$U_p = \Psi_R \frac{2\pi}{60} \omega$$

- 10 Ψ_R es una interconexión de flujo generada por la corriente de excitación I_f . Debido a los efectos de saturación, la relación entre corriente de excitación I_f e interconexión de flujo Ψ_R no es lineal. En particular, esta relación entre corriente de excitación I_f e interconexión de flujo Ψ_R se deposita como una característica o en forma de un polinomio compensador, en particular en el aparato de control 112.

- 15 En la etapa 230 se comprueba si la tensión de rueda polar U_p como parámetro que influye en la tensión de rueda polar U_p alcanza un valor umbral determinado. El valor umbral se selecciona, a este respecto, de tal modo que en caso de un encendido de la tensión de fase U_s se evitan picos de corriente deseados y elevadas cargas eléctricas y mecánicas. El valor umbral se selecciona, por tanto, en particular dependiendo de la tensión de fase U_s . El valor umbral se selecciona, por consiguiente, de tal modo que la tensión de fase U_s se enciende en un momento en el que la tensión de rueda polar U_p no contrarresta la tensión de fase U_s , lo que conduciría a cargas eléctricas y mecánicas demasiado elevadas.

- 20 De manera ventajosa, el valor umbral se corresponde, por tanto, con un valor de tensión de la tensión de fase U_s inmediatamente después del encendido. Este valor se denomina también valor "actual", aunque está presente naturalmente antes del encendido solo teóricamente. En particular esto significa que al alcanzar el valor umbral la tensión de rueda polar U_p y la tensión de fase U_s poseen inmediatamente después del encendido la misma altura o la misma amplitud. La altura o amplitud de la tensión de fase U_s actual está predefinida por la tensión continua de la batería de vehículo 105 aplicada al convertidor 106.

- 25 Mientras la tensión de rueda polar U_p sea menor que la tensión de fase U_s , no puede fluir ninguna corriente de fase I_s a través de los diodos inversos de los MOSFET 106a del convertidor 106.

- 30 La altura o amplitud de la tensión de rueda polar U_p puede ajustarse a través de la corriente de excitación I_f . Si la tensión de rueda polar U_p no alcanza el valor umbral, puede modificarse, por tanto, de manera conveniente en una etapa 230a de la corriente de excitación I_f . La tensión de rueda polar U_p se determina de nuevo, por tanto, de acuerdo con la etapa 220 y la comprobación se lleva a cabo de nuevo de acuerdo con la etapa 230.

- 35 Si la tensión de rueda polar U_p alcanza el valor umbral, la tensión de rueda polar U_p y tensión de fase U_s poseen inmediatamente después del encendido, por tanto, la misma amplitud, en la etapa 240 se enciende la tensión de fase U_s . A este respecto se aplica a las conexiones de fase 107 del devanado de estator 110a la tensión de fase U_s pentafásica, en particular mediante el convertidor 106. La tensión de fase U_s se enciende a este respecto en fase con la tensión de rueda polar U_p . La corriente de excitación I_f posee a este respecto un valor que genera una tensión de rueda polar U_p , cuya amplitud se corresponde con la tensión de fase U_s aplicada fuera.

- 40 Si como alternativa se determina la corriente de excitación I_f en la etapa 220 como el parámetro que influye en la tensión de rueda polar U_p , un correspondiente valor de la corriente de excitación I_f se usa como el valor umbral. Si la corriente de excitación I_f en la etapa 230 difiere del valor umbral, la corriente de excitación I_f en la etapa 230a se modifica de manera conveniente, se determina de nuevo en la etapa 220 y se comprueba de nuevo en la etapa 230 si el valor umbral se ha alcanzado.

- 45 Una relación entre la tensión de fase U_s , la tensión de rueda polar U_p , la corriente de fase I_s y la corriente de excitación I_f y con ello el antecedente histórico de los procedimientos de acuerdo con la invención se explican con más exactitud mediante la Figura 5.

- 50 En la Figura 5 se representan a modo de ejemplo, a este respecto, diagramas de agujas o diagramas dq 501 a 503 de una máquina sincrónica excitada externamente, en particular de la máquina eléctrica 110 pentafásica de acuerdo con la Figura 2, en un sistema de coordenadas dq fijado al campo de giro, tal como pueden determinarse en el curso de una forma de realización de la invención.

- 55 La tensión de rueda polar U_p se sitúa, a este respecto, de acuerdo con la definición sobre el eje q y está representada como una primera aguja. El eje q forma el denominado eje de excitación. El eje d es, a este respecto, eléctricamente ortogonal al eje q. La tensión de fase U_s se representa como una segunda aguja y está desplazada

en un ángulo de fase ϑ con respecto a la tensión de rueda polar U_p . El ángulo de fase ϑ se denomina también ángulo de control, ángulo de rueda polar o ángulo de carga. En el funcionamiento en modo generador de la máquina eléctrica 110, el ángulo de fase ϑ asume valores positivos, una rueda polar o el excitador "se adelanta". En el funcionamiento en modo motor de la máquina eléctrica 110, como se representa en la Figura 5, el ángulo de fase ϑ asume valores negativos, la rueda polar o el excitador "se retrasa".

La altura de la tensión de fase U_s está predefinida por la tensión continua de la batería de vehículo 105 aplicada al convertidor 106. La tensión de fase U_s puede variar, por tanto, solo en su posición de fase con respecto a la tensión de rueda polar U_p , es decir, a través de su ángulo de fase ϑ con respecto a la tensión de rueda polar U_p . La posición de fase o ángulo de fase ϑ puede ajustarse de manera conveniente por medio del convertidor 106.

La corriente de fase I_s se representa en el sistema de coordenadas dq como un tercer vector. En función de la posición de fase o ángulo de fase ϑ se da como resultado una corriente de fase I_s diferente. La corriente de fase I_s o el vector o el pico del vector de la corriente de fase I_s describe un círculo en el sistema de coordenadas dq.

En la Figura 5a se representa un primer diagrama dq 501, no alcanzando la tensión de rueda polar U_p como el parámetro que influye en la tensión de rueda polar U_p el valor umbral. A este respecto puede reconocerse que para ningún ángulo de fase ϑ se pone a cero la corriente de fase I_s . Un apagado de la máquina eléctrica 110 sin rebasamientos no es posible a este respecto.

En la Figura 5b se representa un segundo diagrama dq 502, estando apagada la corriente de excitación I_f , es decir, teniendo el valor cero. Por consiguiente, la tensión de rueda polar U_p posee también el valor cero. También en este caso puede reconocerse que para ningún ángulo de fase ϑ se pone a cero la corriente de fase I_s . Tampoco en este caso es posible un encendido de la máquina eléctrica 110 sin rebasamiento.

En la Figura 5c se representa un tercer diagrama dq 503, alcanzando la tensión de rueda polar U_p como el parámetro que influye en la tensión de rueda polar U_p el valor umbral. El ángulo de fase θ asciende, a este respecto, a 90° , de modo que la posición de fase se corresponde con la tensión de fase U_s de una posición de fase de la tensión de rueda polar U_p . Dado que la tensión de fase U_s y la tensión de rueda polar U_p son igual de grandes según cantidad y fase, no se genera a este respecto ninguna corriente de fase I_s .

Encendiéndose en la etapa 240 la tensión de fase U_s , la máquina eléctrica 110 está encendida y puede ayudar a la máquina motriz de combustión interna 109. De manera ventajosa se ajusta ahora en la etapa 250 un momento de giro de la máquina eléctrica 110 o de la máquina motriz de combustión interna 109. El momento de giro se ajusta, a este respecto, mediante la variación del ángulo de fase ϑ . A través del circuito de regulación conveniente se varía el ángulo de fase ϑ de tal modo que se ajusta un momento de giro deseado.

Si debiera apagarse de nuevo la máquina eléctrica 110, esto se efectúa en el curso del procedimiento 300 de acuerdo con la invención para apagar la máquina eléctrica 110.

En la etapa 250a se ajusta, a este respecto, de manera análoga a la etapa 250, el momento de giro y el ángulo de fase ϑ a un determinado valor. El momento de giro se ajusta, a este respecto, en la etapa 250a a un valor mínimo, en particular al valor cero. El ángulo de fase ϑ se ajusta, a este respecto, en particular al valor 90° . Con ello, la tensión de fase U_s se sitúa en fase con la tensión de rueda polar U_p , se genera la corriente de fase I_s más pequeña posible. A este respecto, se trata en particular de una corriente reactiva pura.

En la etapa 310 se apaga la corriente de excitación I_f . El regulador de campo 102 separa el devanado de rotor 101 de la tensión de excitación U_f aplicada. Debido a una constante de tiempo del circuito de excitación disminuye lentamente la corriente de excitación I_f .

En la etapa 320 se determina, de manera análoga a la etapa 220, el parámetro que influye en la tensión de rueda polar U_p . En este ejemplo especial se determina en la etapa 320 preferentemente la propia tensión de rueda polar U_p como el parámetro que influye en la tensión de rueda polar U_p . La tensión de rueda polar U_p se determina, a este respecto, en particular dependiendo de la corriente de excitación I_f y del número de revoluciones ω .

En la etapa 330 se comprueba si la tensión de rueda polar U_p como el parámetro que influye en la tensión de rueda polar U_p alcanza el valor umbral. También en este caso, el valor umbral es preferentemente el valor de tensión actual de la tensión de fase U_s . Preferentemente se comprueba si la tensión de rueda polar U_p queda por debajo del valor de tensión actual de la tensión de fase U_s . Si este es el caso, la corriente de fase I_s se pone a cero.

Si la tensión de rueda polar U_p se redujera más cuando el control del convertidor 106 está encendido, la corriente de fase I_s se aumentaría de nuevo en dirección d positiva. La determinación del momento de apagado adecuado de la tensión de fase U_s puede efectuarse como alternativa o adicionalmente también mediante la captación de la corriente de fase I_s como el parámetro que influye en la tensión de rueda polar U_p . En particular se comprueba a este respecto si la corriente de fase I_s alcanza un valor umbral.

5 Si la tensión de rueda polar U_p como el parámetro que influye en la tensión de rueda polar U_p alcanza el valor umbral, por lo que la tensión de rueda polar U_p posee, preferentemente, el valor de tensión actual de la tensión de fase U_s , se apaga entonces, en la etapa 340, la tensión de fase U_s . A este respecto, el convertidor 106 separa las conexiones de fase 107 del devanado de estator 110a con respecto a la tensión de fase U_s pentafásica. Como alternativa o adicionalmente puede desactivarse el control del convertidor 106.

10 El apagado de la tensión de fase U_s se efectúa en un estado sin corriente. La corriente de excitación I_f ciertamente posee otro valor distinto de cero, aunque la corriente de excitación I_f ya no puede generar un flujo de corriente mediante los diodos inversos del convertidor 106.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para encender una máquina eléctrica n-fásica (110) en un vehículo de motor, en el que la máquina eléctrica n-fásica (110)
- presenta un rotor con un devanado de rotor (101) y
 - presenta un estator con un devanado de estator (110a) n-fásico, en el que
 - al rotor puede se le puede aplicar una corriente de excitación (I_r) y
 - al estator se le puede aplicar una tensión de fase (U_s) n-fásica, en el que
- 10 - se enciende (210) la corriente de excitación (I_r),
- se determina (220) un parámetro que influye en una tensión de rueda polar (U_p) y
- la tensión de fase (U_s) se enciende (240) cuando el parámetro que influye en la tensión de rueda polar (U_p) alcanza un valor umbral determinado.
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que, cuando está encendida la tensión de fase (U_s), se ajusta (250) un momento de giro por medio de un ángulo de fase (ϑ) de la tensión de fase (U_s).
- 20 3. Procedimiento para apagar una máquina eléctrica (110) n-fásica en un vehículo de motor, en el que la máquina eléctrica n-fásica (110)
- presenta un rotor con un devanado de rotor (101) y
 - presenta un estator con un devanado de estator (110a) n-fásico, en el que
 - al rotor se le puede aplicar una corriente de excitación (I_r) y
 - al estator se le puede aplicar una tensión de fase (U_s) n-fásica, en el que
- 25 - se apaga (310) la corriente de excitación (I_r),
- se determina (320) un parámetro que influye en una tensión de rueda polar (U_p) y
- la tensión de fase (U_s) se apaga (340) cuando el parámetro que influye en la tensión de rueda polar (U_p) alcanza un valor umbral determinado.
- 30 4. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que, antes de que se apague (310) la corriente de excitación (I_r), se ajusta (250a) un momento de giro por medio de un ángulo de fase (ϑ) de la tensión de fase (U_s) a un determinado valor.
- 35 5. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que el momento de giro se ajusta (250a) a cero.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que se determina (220, 320) la tensión de rueda polar (U_p) como el parámetro que influye en la tensión de rueda polar (U_p).
- 40 7. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que el valor umbral determinado de la tensión de rueda polar (U_p) como el parámetro que influye en la tensión de rueda polar (U_p) se corresponde con un valor de tensión actual de la tensión de fase (U_s).
- 45 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que se determina (220, 320) la corriente de excitación (I_r) y/o el número de revoluciones de la máquina eléctrica (110) como el parámetro que influye en la tensión de rueda polar (U_p).
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la máquina eléctrica (110) se hace funcionar en modo motor o en modo generador.
- 50 10. Unidad de cálculo (112), que está establecida mediante un programa informático proporcionado en un soporte de datos para llevar a cabo un procedimiento según la reivindicación 1.
- 55 11. Programa informático, que hace que una unidad de cálculo (112) lleve a cabo un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, cuando se ejecuta en la unidad de cálculo (112), en particular según la reivindicación 10.
12. Medio de almacenamiento legible por máquina con un programa informático almacenado en el mismo según la reivindicación 11.

Fig. 1

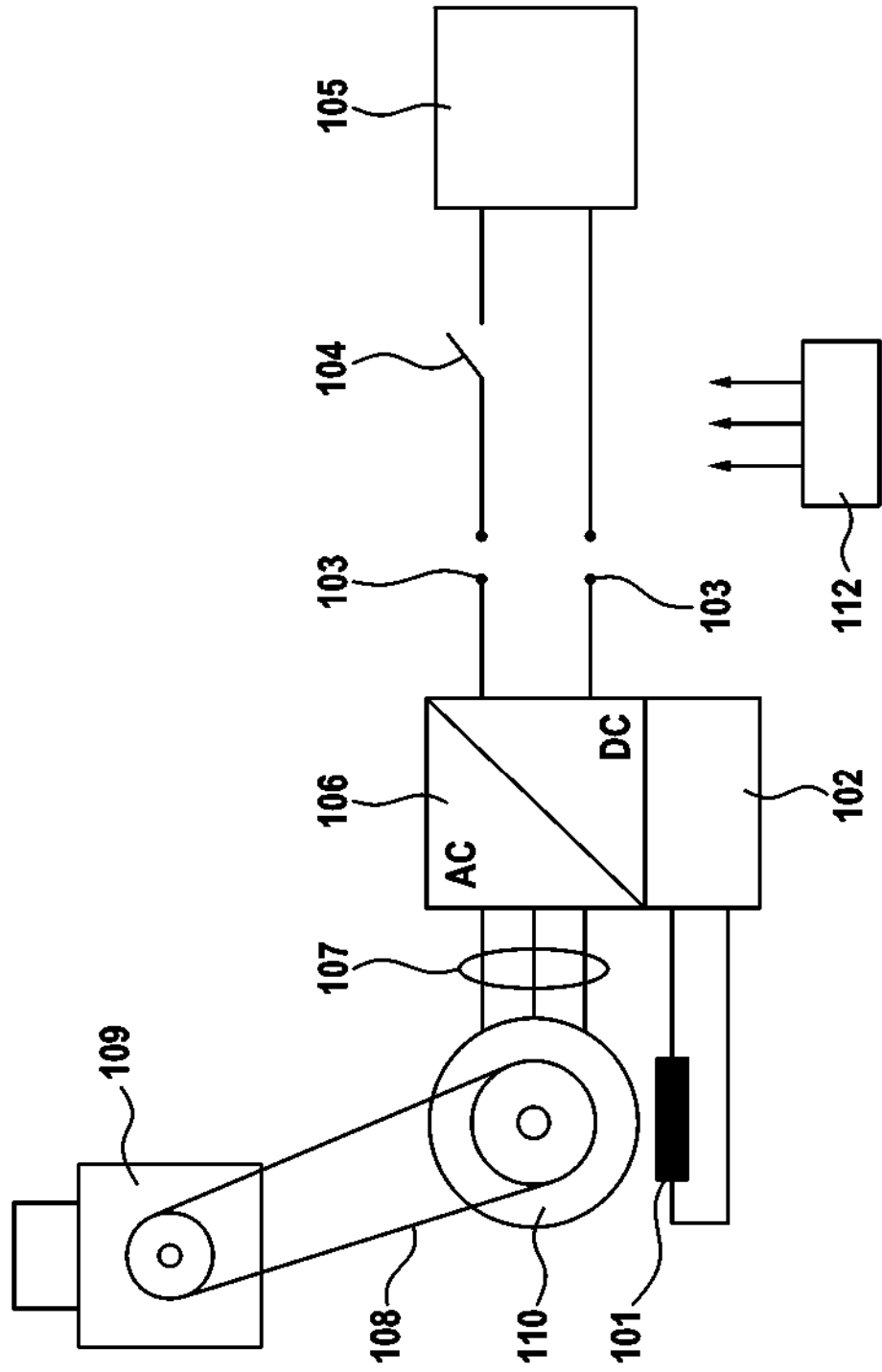


Fig. 2

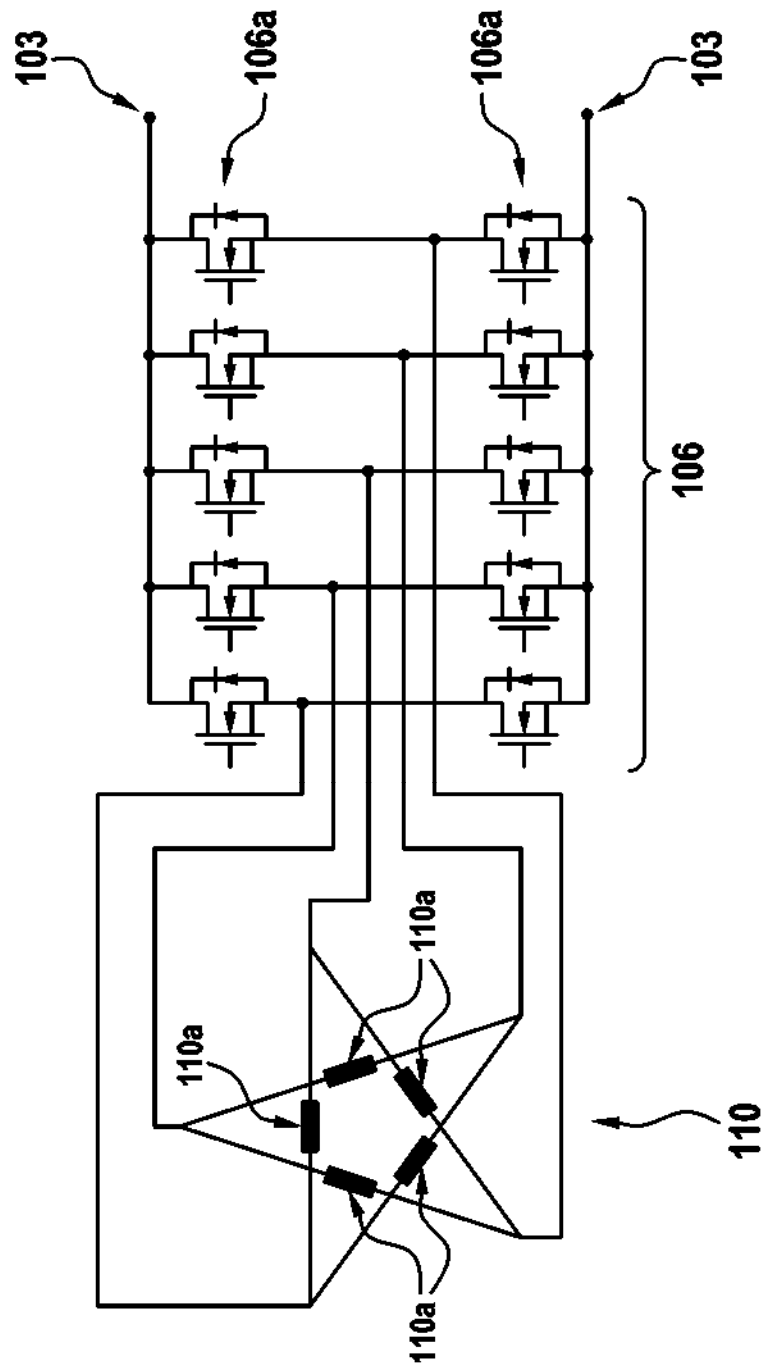


Fig. 3

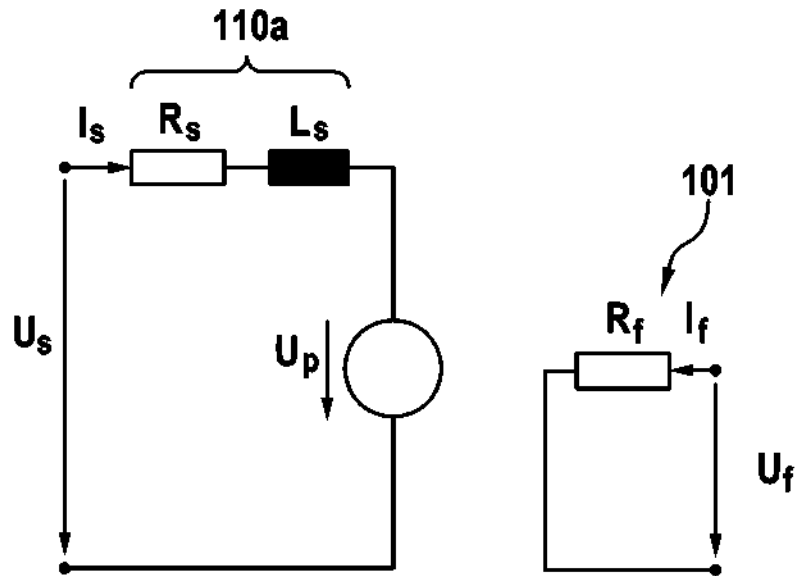


Fig. 4

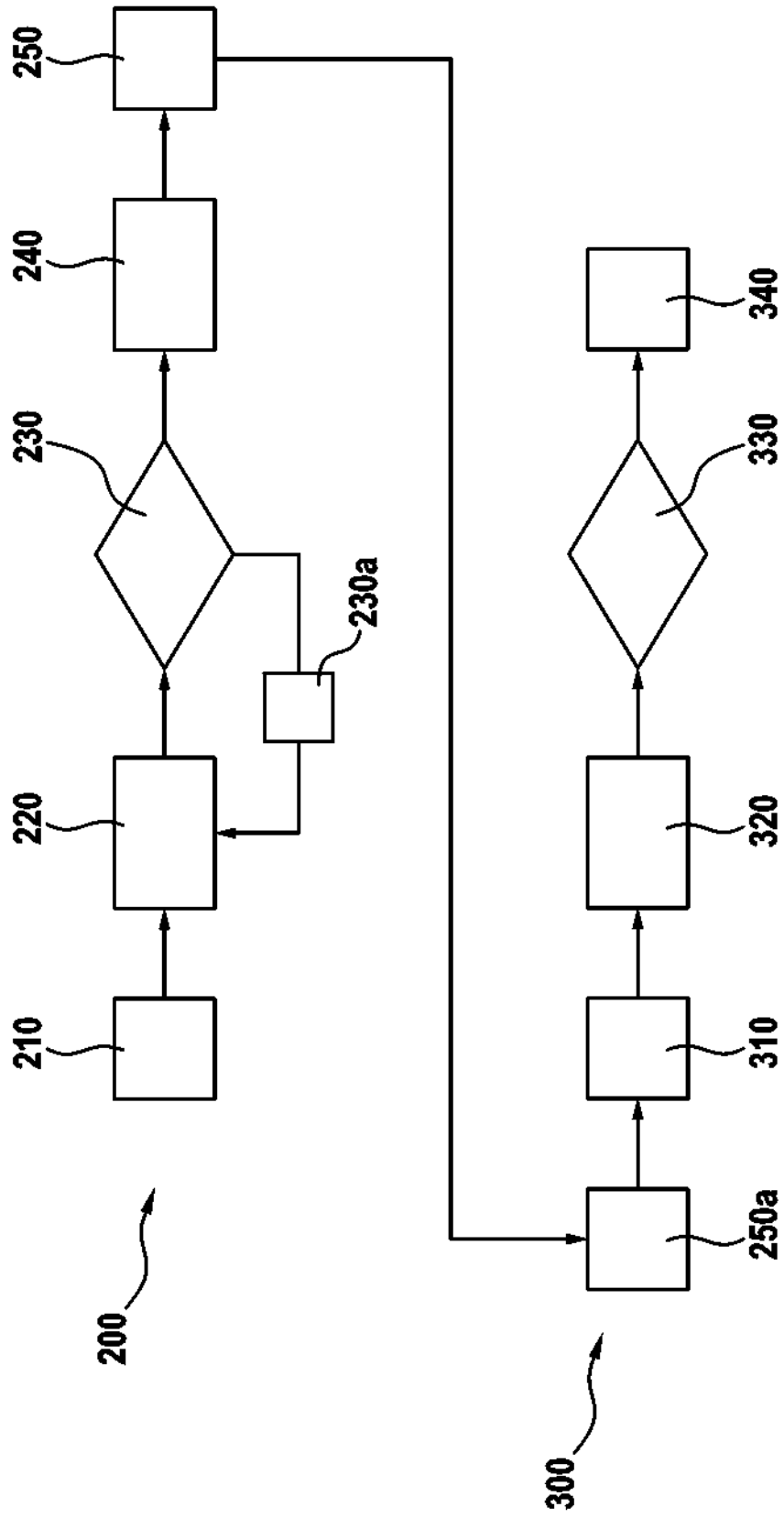


Fig. 5a

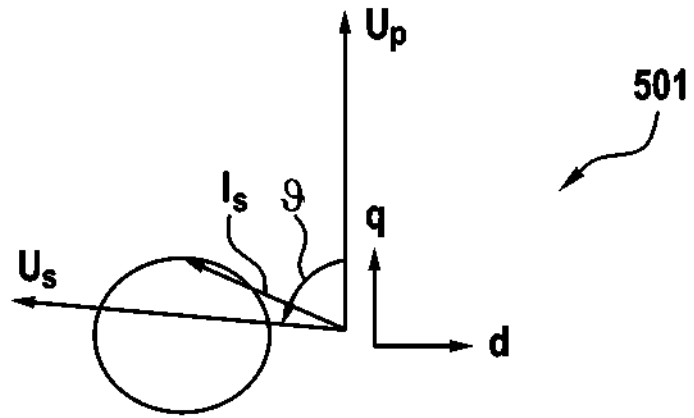


Fig. 5b

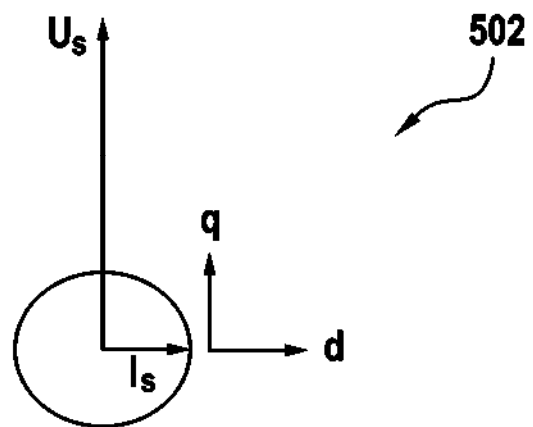


Fig. 5c

