

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 820 281**

51 Int. Cl.:

**G01K 7/00** (2006.01)

**G01K 7/16** (2006.01)

**G01K 7/34** (2006.01)

**G01K 7/36** (2006.01)

**H02K 11/25** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.04.2018 E 18165981 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.07.2020 EP 3388803**

54 Título: **Procedimiento de determinación de la temperatura del bobinado de un bobinado de motor**

30 Prioridad:

**13.04.2017 DE 102017108112**

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

**20.04.2021**

73 Titular/es:

**EBM-PAPST MULFINGEN GMBH & CO. KG  
(100.0%)**

**Bachmühle 2  
74673 Mulfingen, DE**

72 Inventor/es:

**WYSTUP, RALPH y  
SCHROTH, SEBASTIAN**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

**ES 2 820 281 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 de determinación de la temperatura del bobinado de un bobinado de motor

5 La invención se refiere a un procedimiento para la determinación de la temperatura del bobinado de un bobinado de motor.

Se sabe generalmente que cuando se opera un motor eléctrico, como, por ejemplo, un motor de CC, esencialmente se calienta el bobinado del motor y, por lo tanto, se debe prestar especial atención al calentamiento del bobinado en  
10 funcionamiento a plena carga o en condiciones de funcionamiento extremas. Se conocen varios dispositivos de medición de temperatura para este propósito.

Las publicaciones FR 3 036 184 A, DE 197 54 351C1, EP 0 284 711 A2 y DE 10 2008 000784 A1 describen procedimientos para determinar la temperatura del bobinado de un bobinado de motor.

15 Una forma de determinar la temperatura del bobinado es, por ejemplo, proporcionar un sensor de temperatura en el bobinado y medir así la temperatura del bobinado directamente. Sin embargo, una desventaja de este dispositivo es que la temperatura solo se puede medir en el lugar en el que se encuentra el sensor. Esto significa que la temperatura local aumenta en otras áreas del bobinado o no se puede medir la temperatura (total) promedio (distribución de  
20 temperatura) en el bobinado.

Otra posibilidad para medir la temperatura del bobinado es medir la resistencia óhmica del bobinado y determinar el aumento de temperatura a partir de este valor de resistencia medido y un valor de comparación, es decir, un valor de resistencia del bobinado cuando el motor está frío. Sin embargo, este procedimiento solo se puede utilizar cuando el  
25 motor no está funcionando y, por lo tanto, no es adecuado para controlar la temperatura del motor durante su funcionamiento.

Los procedimientos conocidos para la detección de temperatura son la instalación de sensores en el bobinado, la determinación de la temperatura del bobinado mediante estimadores de estado (filtro de Kalman, método de gradiente)  
30 a partir de las ecuaciones diferenciales del motor, la medición directa de la resistencia del bobinado durante el funcionamiento mediante acoplamiento en una tensión de medición o el cálculo de la temperatura del motor utilizando modelos de redes térmicas del motor.

El objetivo en el que se basa la invención es proporcionar una forma de medición que pueda detectar de forma fácil y  
35 fiable la temperatura del bobinado en un motor.

Este objetivo se consigue con un procedimiento según las características de la reivindicación 1.

La invención utiliza el conocimiento de que un bobinado de motor puede aceptarse o considerarse un circuito oscilante  
40 LCR excitable de alta frecuencia de una bobina L, una capacitancia C y una resistencia R del bobinado. Un circuito eléctrico oscilante es un circuito eléctrico resonante que consiste en una bobina y un condensador que pueden ejecutar vibraciones eléctricas. En tal circuito oscilante, la energía se intercambia periódicamente entre el campo magnético de la bobina y el campo eléctrico del condensador, por lo que en el circuito están presentes alternativamente altas corrientes o altas tensiones. La frecuencia de resonancia con la que se repite periódicamente este cambio de energía  
45 en el caso sin perturbaciones depende significativamente de la inductancia y la capacitancia del bobinado del motor.

Si un bobinado de motor se activa una vez mediante un proceso de conmutación o un impulso de tensión, provocará oscilaciones libres (oscilaciones naturales), que en realidad disminuirán después de un determinado tiempo debido a las pérdidas de línea (por ejemplo, resistencia de bobinado R).  
50

La frecuencia de resonancia de dicho circuito oscilante de un bobinado de motor también depende casi linealmente de la temperatura en un rango de frecuencia determinado.

La dependencia de la temperatura del bobinado del motor viene determinada fuertemente o en gran medida por el comportamiento dependiente de la temperatura del material aislante de los hilos del bobinado, es decir, la dependencia de la temperatura de la dieléctrica del bobinado del motor. Por tanto, la temperatura del bobinado se puede inferir de una detección de la frecuencia de resonancia del bobinado del motor.  
55

Según la invención, se propone por tanto un procedimiento de medición para determinar la temperatura del bobinado

de un bobinado de motor de un motor eléctrico, con los siguientes pasos:

a. Excitación del bobinado del motor a monitorizar mediante excitación por oscilación (mediante excitación de tensión con una tensión PWM generada por el controlador del motor) para colocarlo en oscilación de resonancia;

5

b. Detección de la frecuencia de resonancia autoajustable  $f_R$  del bobinado del motor; y

c. Determinación de la temperatura del bobinado ( $T_w$ ) a partir de la frecuencia de resonancia detectada ( $f_R$ ), el bobinado del motor (3) se considera un circuito oscilante LCR con una inductancia (L), una capacitancia (C) y una resistencia del bobinado (R) para determinar la temperatura del bobinado, y se evalúa la respuesta escalonada del circuito oscilante excitado para determinar la temperatura del bobinado ( $T_w$ ).

10

Fuera del alcance de la invención, también es posible que la excitación del paso a) anteriormente mencionado tenga lugar aplicando una tensión de alta frecuencia a la tensión de motor del bobinado del motor. Por tanto, se aplica una ondulación de tensión de alta frecuencia a la tensión en el bobinado del motor y se registra la frecuencia de resonancia resultante.

15

En la realización según la invención, se dispone que la tensión PWM, que está presente de todos modos, se utilice para excitar el bobinado del motor.

20

Para ello, se utiliza con especial ventaja una tensión PWM generada por el controlador del motor para hacer funcionar el motor, y a partir de ella se evalúa la respuesta escalonada del circuito de resonancia.

En este caso, se aprovecha el hecho de que el bobinado del motor, como se indicó anteriormente, se considera un circuito oscilante LCR para determinar la temperatura del bobinado, y la respuesta escalonada del circuito oscilante excitado se evalúa para determinar la temperatura del bobinado sin necesidad de componentes especiales para ello, como un sensor o un sensor de temperatura.

25

Es además ventajoso que los pares de valores (frecuencia de resonancia; temperatura) estén almacenados en una memoria, preferiblemente una memoria del motor, que represente la relación entre la frecuencia de resonancia y la correspondiente temperatura del bobinado del bobinado del motor que se va a monitorizar, y la temperatura actual del bobinado se obtiene a partir del valor correspondiente del par de valores de la frecuencia de resonancia registrada y el valor de la temperatura del bobinado almacenada para este propósito, o del polinomio.

30

En otra forma de realización ventajosa de la invención se dispone que la frecuencia de resonancia en paralelo del bobinado del motor excitado se determine como la frecuencia de resonancia. Se pueden usar procedimientos o circuitos de medición convencionales conocidos para medir la frecuencia de resonancia en paralelo.

35

También supone una ventaja que, para mejorar la precisión de los resultados, se registre también la impedancia del bobinado del motor, además de la frecuencia de resonancia, y se utilice o se tenga en cuenta en la evaluación al determinar la temperatura del bobinado del bobinado del motor.

40

Con la opción, que está fuera del alcance de la invención, de que la excitación tenga lugar aplicando una tensión de alta frecuencia a la tensión del motor del bobinado del motor, esta excitación debería estar en un rango de frecuencia de  $1,5 \times 10^4$  y  $3 \times 10^4$  Hz. Otros desarrollos ventajosos de la invención se describen en las reivindicaciones subordinadas o se muestran a continuación junto con la descripción de la realización preferida de la invención con referencia a las figuras. Se muestra lo siguiente:

45

Fig. 1 una disposición de un motor con un dispositivo de medición para determinar la temperatura del bobinado;

50

Fig. 2 un diagrama ejemplar con valores, que muestra la relación entre la curva de capacitancia y la temperatura del bobinado;

Fig. 3 un diagrama ejemplar con valores, que muestra la relación entre la inductancia y la temperatura del bobinado;

55

Fig. 4 un diagrama ejemplar con valores, que muestra la relación entre la resistencia del bobinado del motor y la temperatura del bobinado; y

Fig. 5 una curva con la relación entre la frecuencia de resonancia paralela y/o la impedancia y la dependencia de

la temperatura del bobinado del motor.

La invención se explica con más detalle a continuación con referencia a las Figs. 1 a 5.

5 La Fig. 1 muestra una disposición meramente esquemática de un motor eléctrico (2) con un dispositivo de medición (10) para determinar la temperatura del bobinado ( $T_w$ ) de un bobinado del motor (3) del motor eléctrico (2). Los bobinados de motor (3) tienen las conexiones (U1, U2, V1, V2, W1, W2).

Como se ha mencionado anteriormente, el bobinado (3) del motor se comporta como un circuito oscilante LCR. Las  
10 Figs. 2 a 4 muestran cada una un diagrama ejemplar con valores que muestran la relación entre la capacitancia C (Fig. 2), la relación entre la inductancia L (Fig. 3) y la relación entre la resistencia R del bobinado del motor (3) y la temperatura del bobinado ( $T_w$ ). Estas curvas se pueden determinar a partir de la Fig. 5 si se utiliza un circuito oscilante RLC como modelo.

15 Para obtener la curva de la Fig. 5, la excitación de tensión del bobinado del motor (3) se lleva a cabo primero mediante excitación de oscilación de alta frecuencia para la evaluación. En el presente ejemplo es de  $1,6 \times 10^4$  y  $2,6 \times 10^4$  Hz. La frecuencia de resonancia ( $f_R$ ) también se produce en este rango. La temperatura del bobinado ( $T_w$ ) se puede determinar detectando la frecuencia de resonancia autoajustable ( $f_R$ ) del bobinado del motor (3). Tan pronto como se mide la frecuencia de resonancia ( $f_R$ ) durante el funcionamiento de un bobinado del motor (3), la temperatura del  
20 bobinado correspondiente ( $T_w$ ) se puede determinar a partir de los pares de valores de la Fig. 5 desde la curva de medición con una línea discontinua (indicada como frecuencia).

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de medición para la determinación de la temperatura del bobinado ( $T_w$ ) de un bobinado de motor (3) de un motor eléctrico (2) que comprende un controlador del motor, con los siguientes pasos:
- 5 a. excitación del bobinado del motor (3) por medio de una excitación de oscilación para ponerlo en oscilación de resonancia, donde, para excitar el bobinado del motor (3), se aplica al mismo una tensión PWM generada por el controlador del motor;
- 10 b. detección de la frecuencia de resonancia ( $f_R$ ) del bobinado del motor (3) que da como resultado este caso, y
- c. determinación de la temperatura del bobinado ( $T_w$ ) a partir de la frecuencia de resonancia detectada ( $f_R$ ), donde, para determinar la temperatura del bobinado, el bobinado del motor (3) se considera un circuito oscilante LCR con una inductancia (L), una capacitancia (C) y una resistencia de bobinado (R), y se analiza la respuesta escalonada del circuito oscilante excitado para la determinación de la temperatura del bobinado ( $T_w$ ).
- 15 2. El procedimiento de medición según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde los pares de valores ( $f_R$ ,  $T_w$ ) se almacenan en una memoria, representando tales pares la relación entre la frecuencia de resonancia ( $f_R$ ) y la correspondiente temperatura del bobinado ( $T_w$ ) del bobinado del motor (3) y la temperatura actual del bobinado ( $T_w$ ) se obtiene a partir del valor correspondiente del par de valores ( $f_R$ ,  $T_w$ ) de la frecuencia de resonancia detectada ( $f_R$ ) y el valor almacenado en el mismo para la temperatura del bobinado ( $T_w$ ).
- 20 3. El procedimiento de medición según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la frecuencia de resonancia en paralelo del bobinado del motor excitado (3) se determina como la frecuencia de resonancia ( $f_R$ ) del mismo.
- 25 4. El procedimiento de medición según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque**, además de la frecuencia de resonancia ( $f_R$ ), también se adquiere la impedancia del bobinado del motor (3) y se utiliza en la determinación de la temperatura del bobinado ( $T_w$ ) del bobinado del motor (3).

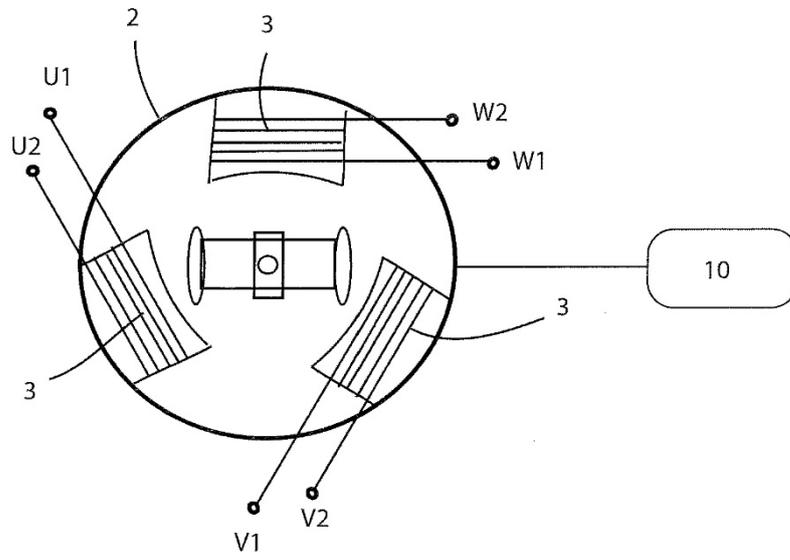


Fig. 1

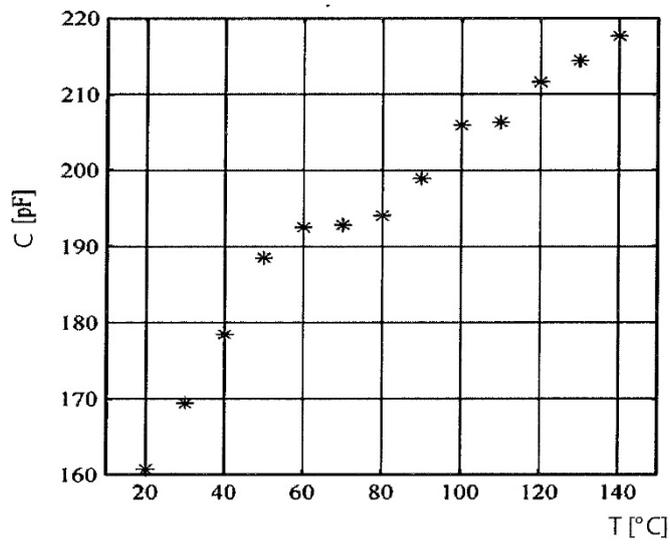


Fig. 2

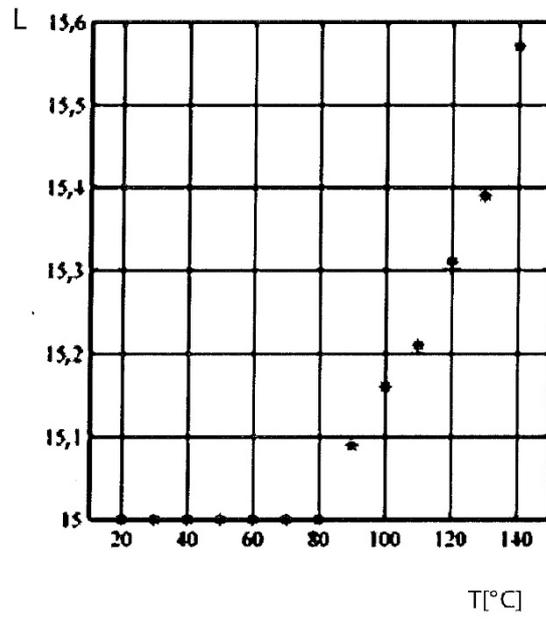


Fig. 3

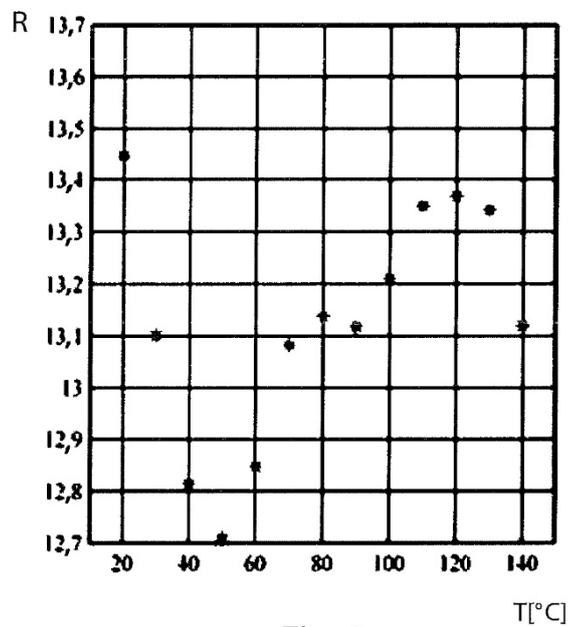


Fig. 4

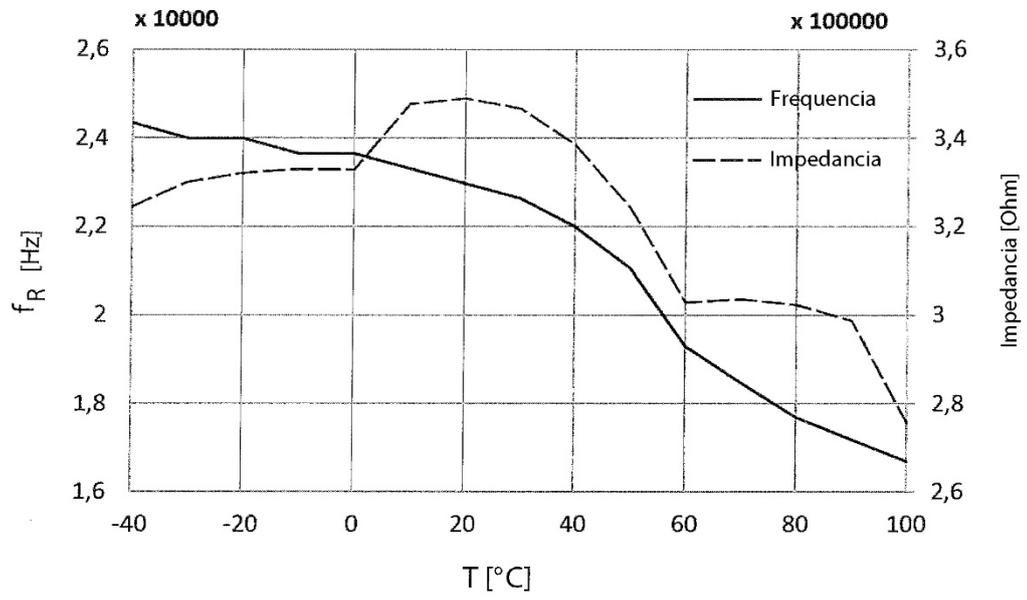


Fig.5