

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 919 276**

51 Int. Cl.:

H01F 5/06 (2006.01)

H01F 27/32 (2006.01)

C09K 5/02 (2006.01)

H01B 3/30 (2006.01)

H02K 3/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.02.2018** **PCT/EP2018/053945**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.08.2018** **WO18150000**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.02.2018** **E 18709276 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.05.2022** **EP 3583614**

54 Título: **Cuerpo de bobinado eléctrico con propiedades de uso optimizadas y protección mejorada contra sobrecalentamiento**

30 Prioridad:

17.02.2017 DE 102017001547

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.07.2022

73 Titular/es:

SMARTPOLYMER GMBH (100.0%)
Breitscheidstraße 97
07407 Rudolstadt, DE

72 Inventor/es:

REDLINGSHÖFER, BENJAMIN;
GEISSENHÖNER, MARTIN;
SCHACHE, HANNES y
RIEDE, SABINE

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 919 276 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

Cuerpo de bobinado eléctrico con propiedades de uso optimizadas y protección mejorada contra sobrecalentamiento

La invención se refiere a un cuerpo de bobinado eléctrico, el cual a través del empapado con un material termoplástico relleno con material de cambio de fase presenta propiedades de uso mejoradas. Estas propiedades de uso se refieren a una mejorada disipación de calor, absorción de vibración, fijación de los bobinados y una protección mejorada frente al sobrecalentamiento a través del aprovechamiento de las propiedades de acumulación térmica sensible y latente en la transición del estado semicristalino de las unidades poliméricas al amorfo.

Los cuerpos de bobinado eléctricos incluyen bobinados, mayormente alambres de cobre aislados, los cuales están enrollados en torno a un núcleo. El cuerpo de bobinado eléctrico presenta cualquier tipo de bobinas en forma de bobinados y productos bobinados, los cuales son apropiados para generar o para detectar un campo magnético. Estos cuerpos bobinados se emplean en medios de producción eléctricos como transformadores, transductores, rotores y estatores de máquinas eléctricas. Es conocido (DE19928323), impregnar bobinados sometidos a mayores esfuerzos, los cuales son procesados en los cuerpos de bobinado, con resinas sintéticas para mejorar el grado de eficacia a través de la minimización de la pérdida de potencia. La idea subyacente es sustituir los espacios huecos llenos de aire entre los bobinados con una resina sintética. La resina sintética tiene una conductividad térmica más alta que el aire, por lo tanto puede disipar mejor el calor que surge durante el uso. Además la resina sintética también tiene una densidad más alta que el aire y puede así compensar mejor los desequilibrios y reducir las vibraciones. La impregnación sirve para el aumento de la resistencia de aislamiento y además también la fijación de los bobinados, la mejora de la disipación de calor fuera del cuerpo de bobinado así como la protección contra corrosión. Se usan duroplásticos para rellenar los espacios huecos entre los bobinados, ya que estos tienen una muy buena fluidez en el estado líquido y a causa de esto pueden penetrar más fácilmente en los espacios huecos y son térmicamente más estables. Desventajoso de los duroplásticos es que estos se deben endurecer en un paso de trabajo adicional y la transición de fase a la fase sólida es irreversible y los materiales de trabajo son muy quebradizos tras el endurecimiento. Si se produce una sobrecarga térmica, estos materiales no pueden compensar o amortiguar esta sobrecarga y se destruyen. Una sobrecarga térmica tal se puede producir frecuentemente en el caso de cuerpos de bobinado eléctricos, los cuales están en funcionamiento siempre solo brevemente, es decir en el rango de segundos hasta algunos minutos (< 10 min), pero sí repetidamente en intervalos más o menos grandes. Para tales cuerpos de bobinado a menudo no está prevista o no es conveniente una regulación de temperatura mediante el ajuste de la intensidad de corriente.

El documento US20130264896 describe un cuerpo fundido a partir de un estátor que consta de bobina magnética en un núcleo de hierro, envuelto con una resina de inyección, la cual incluye una resina de duroplástico y una resina termoplástica incompatible con esta y la cual contiene aditivos inorgánicos (hidratos de metal) y una conductividad térmica de $\geq 1,5 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ y cumple una resistencia al fuego según UL94V-0. La cantidad de hidrato de metal es ≥ 2 partes de resina de moldeo. Un motor fundido incluye este cuerpo fundido. La tarea era encontrar un material plástico como aislante, el cual ofrezca al mismo tiempo baja contracción, alta conductividad térmica y resistencia al fuego. La resina de inyección forma un tipo de carcasa para el estátor, el tipo de la fabricación y la composición no permiten que la resina de inyección expulse todo el aire entre los bobinados, se alcanza una mejor gestión térmica y una estabilidad de vibración, pero se necesitan grandes cantidades de resina de inyección y este tipo del revestimiento de bobinado solo es apropiado para estatores. Además la solución en esta patente está concebida para una carga constante de la bobina, para una desviación continua del calor a través de una carcasa de material plástico de alta conductividad térmica, la cual emite el calor a la superficie.

Del documento US2004/056537A1 es conocido un motor eléctrico, cuyo cuerpo de bobinado está encapsulado con un material plástico termoplástico, el cual contiene un material de cambio de fase. Entre los bobinados no se encuentra ninguno de tal material plástico, sino un adhesivo activable por calor.

Del documento EP2637176A1 es conocido el bobinado de una máquina eléctrica, el cual está rodeado con un material aislante. El material aislante es una resina de moldeo, la cual contiene un material de cambio de fase.

De los documentos US2006/124892A1, DE102013215255A1 y DE10329583A1 son conocidos elastómeros termoplásticos con materiales de cambio de fase mezclados para la regulación térmica.

La invención se basa en la tarea de crear un cuerpo de bobinado, el cual se emplea en transformadores, transductores, rotores y estatores de máquinas eléctricas, el cual tiene una capacidad total térmica mejorada, reduce la aparición de puntos calientes y en caso de sobrecarga térmica puede tener efecto compensatorio. La invención debe actuar en el caso de cargas breves (funcionamiento de corta duración), se deben interceptar picos térmicos en el caso de un muy bajo uso de material. Además la invención se debe emplear en el caso de bobinados tanto para estatores como también para rotores.

Esta tarea se soluciona de conformidad con la invención a través de las características de la reivindicación 1. Todos los espacios huecos entre los bobinados se rellenan con bajas cantidades de un material de plástico termoplástico (también denominado como material compuesto o compuesto), el cual incluye una red a partir de un elastómero

termoplástico (TPE) con un material de cambio de fase (PCM) distribuido allí dentro. Los elastómeros termoplásticos deberían tener un punto de reblandecimiento bajo, el punto de desintegración de la masa fundida debería estar a una temperatura por encima de la temperatura de uso crítica de los cuerpos de bobinado de 180 °C. Los elastómeros termoplásticos presentan generalmente una temperatura del vidrio T_g de menos de 0 °C, pero ningún punto de fusión fijo. El TPE consta preferiblemente de un copolímero de bloque de estireno (TPE-S), el cual está caracterizado por su estructura de red polimérica, en la cual el PCM está ligado físicamente. El TPE-S está seleccionado del grupo de copolímeros de bloque de estireno como estireno-butadieno-estireno (SBS), estireno-etileno-butileno-estireno (SEBS), copolímero de bloque de estireno-etileno-propileno-estireno (SEPS), copolímero de bloque de estireno-etileno-etileno-propileno-estireno (SEEPS) y metil butadieno estireno (MBS), comercialmente disponibles p. ej. bajo los nombres [®]Kraton (Kraton Polymers), [®]Septon (Kuraray), [®]Styroflex (BASF), [®]Thermolast (Kraiburg TPE) o [®]Saxomer (PCW). Particularmente apropiados son tales TPE-S, los cuales presentan una baja temperatura de transición vítrea y muy buena fluidez (baja viscosidad) a temperaturas de más de 100 °C. Es ventajoso si el compuesto de TPE-PCM muestra una muy buena fluidez, esto quiere decir un índice de flujo de fusión de al menos 15 g/10 min (190 °C/2,16 kg, medido según ISO 1133-1), en particular preferiblemente al menos 20 g/10 min (190 °C/2,16 kg, medido según ISO 1133-1). La masa de TPE-S en el compuesto posterior no debería estar por debajo de 10 % P/P, preferiblemente ella está entre 15 y 25 % P/P.

La expulsión del aire fuera de los espacios huecos entre los bobinados se realiza principalmente a través del efecto de fuerzas capilares, a través de las cuales el material termoplástico es "succionado" dentro de estos espacios huecos. Para que el material plástico termoplástico pueda penetrar hasta lo más interior del bobinado no queden en ningún sitio espacios huecos, en los cuales después podrían aparecer descargas parciales, no solo se calienta la masa plástica termoplástica, sino que también el material bobinado es precalentado a una temperatura considerablemente por encima de la temperatura de resistencia a la deflexión térmica del compuesto de TPE-PCM según DIN EN ISO 75-1,-2,-3, generalmente a temperaturas entre 100 y 150 °C. Sin un precalentamiento tal en el material bobinado se producirían prematuramente procesos de solidificación y el compuesto de PCM ya solidificado evitaría la penetración de más compuestos de PCM. Este calentamiento puede realizarse al colocarse el material bobinado en un horno o aplicarse una corriente eléctrica. El último método mencionado tiene la ventaja de que el suministro de energía puede mantenerse también durante el empapado. Las fuerzas capilares provocan junto con fuerzas de adhesión al mismo tiempo también que el material al ablandarse no vuelva a salir de inmediato y "se desangre", porque a las temperaturas de trabajo del cuerpo de bobinado por encima de 100 °C el compuesto de TPE-PCM está presente siempre en forma fluida.

El uso de compuestos rellenos con materiales de cambio de fase como material de relleno tiene además la ventaja de que durante el uso, tras la aplicación de corriente, el material de cambio de fase pasa de la fase sólida a la fluida y en este caso al mismo tiempo el volumen se dilata. Esto explica la observación de que el efecto de la regulación térmica tras el primer uso se mejora más, ya que a través del aumento de volumen se expulsa más aire fuera de los espacios huecos entre los bobinados.

Un método para rellenar los espacios huecos entre los bobinados del cuerpo de bobinado eléctrico puede consistir en que el material termoplástico se calienta en un dispositivo de inmersión mediante placa de calentamiento, por ejemplo a una temperatura de procesamiento de 170 °C. Para lograr una masa homogénea el material termoplástico se remueve. El cuerpo de bobinado se precalienta en el horno durante 30 min a por ejemplo 120 °C. Tras la igualación de temperatura de la masa fundida del material termoplástico con la temperatura de la herramienta de inmersión el cuerpo de bobinado precalentado se empuja en vertical dentro del dispositivo de inmersión y con un esfuerzo mínimo se rellena completamente el volumen de hueco del cuerpo de bobinado. Después el cuerpo de bobinado se extrae fuera del dispositivo de inmersión y se enfría a temperatura ambiente. Durante la extracción fuera del baño de inmersión se escurre la masa de compuesto de TPE-PCM, la cual no ha penetrado en los bobinados. En caso necesario, esto depende del cuerpo de bobinado, el material termoplástico excedente se saca por fuera de los bobinados. Luego se realiza un temperado del cuerpo de bobinado sumergido en el horno, es decir en el horno precalentado durante 2 h a 120 °C. También durante este paso el material de compuesto de TPE-PCM excedente puede escurrirse más. A través de los tratamientos térmicos los bobinados de cobre se cubren en unión positiva con el material de relleno polimérico. Después el cuerpo de bobinado se vuelve a enfriar a temperatura ambiente.

Uno también puede aplicar el compuesto de TPE-PCM mediante pulverización o pintado del cuerpo de bobinado precalentado con el compuesto de TPE-PCM calentado. En este caso se observó que por ejemplo tras el pintado y el posterior temperado superficialmente sobre los bobinados ya no se puede ver ningún compuesto de TPE-PCM, es decir en estos puntos la masa fue absorbida a través de las fuerzas capilares. Solo en otros espacios huecos o ranuras en la superficie, donde las fuerzas capilares no actúan, se encuentran todavía bajas cantidades de compuesto de TPE-PCM. De esta manera se necesitan solo muy bajas cantidades de masa de relleno para evitar picos de calor en caso de carga breve.

De esta manera este tipo de la regulación térmica del material bobinado también se puede usar para bobinados de rotor, sin embargo en estos casos es necesaria una fina capa de protección exterior adicional (sellado), la cual mantiene el material de relleno termoplástico en el rotor durante el uso. Esta puede ser una capa de protección que consta de PE, PP, PA, PMMA, PS, PVC con un grosor de 100 a 500 µm, aplicada mediante fundido, inmersión, pulverización o moldeo por inyección.

Una otra forma de realización es el uso de un dispositivo de inyección o transporte p. ej. de una pistola de pegamento caliente para el relleno del volumen de hueco. Mediante presión mecánica / hidráulica / neumática el compuesto de TPE-PCM fundido se inyecta en el volumen de hueco del cuerpo de bobinado o él lo envuelve completamente.

Después se realiza un temperado del cuerpo de bobinado sumergido en el horno, p. ej. en el horno precalentado durante 2 h a 120 °C. A causa de esto adicionalmente se favorece una penetración del compuesto de PCM dentro de los capilares de bobinado. Como material termoplástico se tienen en cuenta todos los materiales plásticos termoplásticos, los cuales cumplen las condiciones mencionadas arriba en cuanto a punto de fusión y fluidez y al mismo tiempo pueden configurar una red para la unión de materiales de cambio de fase. Él se trata en este caso preferiblemente de elastómero termoplástico, en particular copolímero de bloque de estireno (TPE-S). A los materiales termoplásticos se puede añadir además de los materiales de cambio de fase otros aditivos de hasta 20 % P/P como materiales no conductores de electricidad o también materiales conductores en proporciones por debajo del umbral de percolación, aditivos, los cuales aumentan la conductividad térmica, materiales no magnéticos, los cuales aumentan la densidad, agentes ignífugos, los cuales influyen positivamente en la reacción al fuego en caso de sobrecarga, en particular del cable de Cu-esmalte, agentes, los cuales influyen en el comportamiento de flujo.

La proporción de cantidad de estos aditivos en la masa de material plástico termoplástica puede estar entre 0 a 20 % P/P.

A los elastómeros termoplásticos, los cuales forman una red polimérica para materiales de cambio de fase, se añade preferiblemente entre 75 a 85 % P/P de materiales de cambio de fase para lograr un efecto óptimo. La temperatura (de fundido) de transición de fase de los materiales de cambio de fase se ajusta a la temperatura de uso de los cuerpos de bobinado. Ella no se debe seleccionar demasiado baja, entonces el efecto de la acumulación de calor durante el fundido no se puede aprovechar y la temperatura de los cuerpos de bobinado rellenos se desarrolla similarmente a la curva de temperatura de un relleno de bobinado con masas de material plástico no rellenas.

Un punto de fusión demasiado bajo (< 60 °C) con respecto a la temperatura de trabajo tiene como consecuencia que en caso de carga normal de la bobina hay presentes ya temperaturas de base, las cuales son mayores que la temperatura de fusión del PCM (por ejemplo en el caso de un relleno de PCM con una temperatura de fusión de 42 °C).

Por lo tanto la acumulación térmica latente ya no tiene ninguna influencia y solo la parte sensible está disponible para la recepción del calor residual. La temperatura de trabajo máxima determina la selección del punto de fusión de PCM. En el caso de una temperatura de trabajo, la cual no es mayor de 80 °C, se selecciona por ejemplo un PCM con un punto de fusión de 62 °C.

Como material de cambio de fase son apropiados éteres de dialquilo con restos de alquilo de cadena larga, n-alcanos, alcoholes mono o polivalentes (p. ej. polietilenglicol), cera de PE, respectivamente con temperaturas de fusión en el rango de 40 a 140 °C y preferiblemente entre 80 y 130 °C. Como "éteres de dialquilo con restos de alquilo de cadena larga" se denominan en este caso tales, los cuales presentan en ambos restos de alquilo juntos al menos 28 átomos de carbono. Estos son por ejemplo: di-n-miristil-éter (punto de fusión 44 °C), di-n-cetil-éteres (punto de fusión 54 °C) o di-n-estearil-éter (punto de fusión 62 °C), disponibles bajo el nombre [®]Nacol ether 14, [®]Nacol ether 16 o [®]Nacol ether 18 de Sasol. En el caso de materiales de cambio de fase poliméricos el peso molecular es generalmente 100.000 g/mol o menos, preferiblemente 30.000 g/mol o menos. El efecto de regulación térmica depende por un lado de la proporción de PCM en el material de relleno y de la cantidad de material de relleno polimérico entre los bobinados.

Si durante el funcionamiento de los cuerpos de bobinado aparecen sobrecalentamientos, entonces el material termoplástico absorbe el calor excedente, tanto calor sensible como también latente durante la transición de un estado semicristalino a uno amorfo y lo conduce debido a la buena conductividad térmica de por encima de 0,2 W/mK a las instalaciones de enfriamiento. A través de la acumulación de calor latente se pueden evitar daños por sobrecalentamiento o se retrasa su aparición.

Ventajosamente los cuerpos de bobinado de conformidad con la invención se emplean en aplicaciones, donde estos cuerpos de bobinado siempre están en funcionamiento solo brevemente, es decir en el rango de segundos hasta algunos minutos (< 10 min), pero sí repetidamente en intervalos más o menos grandes. Ejemplos de ello son elevallas, abrepuertas eléctricos, manejos de persianas y similares.

Ejemplos

Método de medición

La determinación de la temperatura de un cuerpo de bobinado (3) se realiza por medio de la medición de la caída de tensión en función de la resistencia, la cual se registra directamente en el conmutador a lo largo de un período de tiempo de 2 min en un intervalo de tiempo de 1 s. Con el equipo de alimentación de laboratorio Manson HCS-3202 (1) se suministra una corriente eléctrica de 8A en el bobinado. Con el Data Logger C-122 (2) se mide segundo a segundo la caída de tensión en función de la temperatura. El equipo de alimentación (1), Data Logger (2) y cuerpo de bobinado (3) están conectados en paralelo en un circuito de conmutación. El cálculo de la temperatura se realizó con la siguiente ecuación:

$$\rho(T) = \rho(T_0) * (1 + \alpha * (T - T_0))$$

en donde α es el coeficiente de temperatura ($\alpha_{\text{cobre}} = 0,003931/\text{K}$), T es la temperatura y T_0 es una temperatura cualquiera, en el caso de la cual es conocida la resistencia eléctrica específica $\rho(T_0)$. Ya que la generación de calor de la bobina del inducido está sometida a oscilaciones locales, se determina por lo tanto un valor promedio de la temperatura en las bobinas rellenas.

Ejemplo 1 sin relleno

En un cuerpo de bobinado de uso comercial con bobinados de cobre, diámetro de cable de Cu 0,5 mm, longitud 15 m, sin relleno integrado se mide según el método de medición mencionado arriba la variación de resistencia en función de la temperatura y se calcula la temperatura. El resultado de la medición está representado en el dibujo 1, curva 1 (sin relleno). Esta curva sirve para fines comparativos.

Ejemplo 2 con PE

Un PE fluido de la empresa LyondellBasell ([®]Lupolen 1800S) se integra en la bobina según el ejemplo 1, cuyo peso fue determinado previamente, mediante el método de inmersión o inyección. Para ello la bobina se calienta antes del relleno a una temperatura de 120 °C y tras el relleno se mantiene en una cámara térmica a 140 °C 30 min y a continuación se enfría a temperatura ambiente. A causa de esto los bobinados de cobre y todos los espacios huecos en los bobinados se cubren en unión positiva con el PE. A través de la medición del peso de la bobina tras la inmersión o inyección se determina la cantidad de PE, la cual ha penetrado en las espiras de la bobina. La masa es 4 g. Luego se realiza la determinación de la variación de temperatura según el procedimiento descrito arriba. El resultado de la medición está representado en el dibujo 1, curva 2 (con PE).

Ejemplo 3 con PE y grafito

Un PE de la empresa LyondellBasell ([®]Lupolen 1800S) se rellena con 20 % de grafito (SC200, empresa Kropfmühl). El PE fluido se integra en la bobina según el ejemplo 1, cuyo peso fue determinado previamente, mediante el método de inmersión o inyección y temperado correspondientemente al ejemplo 2. Mediante la medición del peso de la bobina tras la inmersión o inyección se determina la cantidad de PE, la cual ha penetrado en las espiras de la bobina. La masa es 4 g. Luego se realiza la medición de la variación de temperatura según el procedimiento descrito arriba. El resultado de la medición está representado en el dibujo 1, curva 3 (PE + grafito).

Ejemplo 4 con PCM 82 °C

Un compuesto de PCM (OC.82, empresa Smartpolymer, punto de fusión 82 °C, 80 % en masa de PCM en una red de TPE-S (Kuraray, [®]Septon 4055) se integra en la bobina según el ejemplo 1, cuyo peso fue determinado previamente, mediante el método de inmersión o inyección y temperado correspondientemente al ejemplo 2. Mediante la medición del peso de la bobina tras este proceso se mide la cantidad de compuesto de PCM, la cual ha penetrado en las espiras de la bobina. La masa es 4 g. Luego se realiza la medición de la variación de temperatura según el procedimiento descrito arriba. El resultado de la medición está representado en el dibujo 1, curva 4 (con PCM 82 °C).

Evaluación de los resultados de ensayo, representados en el dibujo 1:

Evaluación de curva 1 sin relleno

Tras un tiempo de funcionamiento de 120 s la temperatura en la bobina no rellena alcanza una temperatura máxima de 160 °C. A todavía más altas temperaturas se produce el daño térmico de la bobina de Cu.

Evaluación de curva 2 PE

Mediante la expulsión del aire fuera del volumen de hueco de la bobina a través del PE aumentan la conductividad térmica así como la masa térmica. El PE sirve como acumulador de calor sensible y acumula el calor residual que surge, tiene lugar un aumento de temperatura amortiguado. En comparación con los bobinados sin relleno se puede posibilitar un tiempo de funcionamiento más largo de apróx. 30 % hasta que es alcanzada la temperatura máxima. Con el mismo tiempo de funcionamiento la temperatura máxima puede reducirse en apróx. 18 % (curva "con PE").

Evaluación curva 3 PE + grafito

Mediante la expulsión del aire fuera del volumen de hueco de la bobina a través del PE con grafito aumentan la masa térmica así como la conductividad térmica con respecto al aire así como PE sin grafito de 0,3 en 0,9 W/m*K. El PE con grafito sirve como acumulador de calor sensible con conductividad térmica aumentada por lo cual el calor residual se desvía y acumula más rápido, tiene lugar un aumento de temperatura amortiguado. En comparación con los bobinados sin relleno se puede posibilitar un tiempo de funcionamiento más largo de apróx. 55 % hasta que es

alcanzada la temperatura máxima. Con el mismo tiempo de funcionamiento la temperatura máxima puede reducirse en apróx. 22 %.

Evaluación de curva 4 con PCM 82 °C

- 5 Mediante la expulsión del aire fuera del volumen de hueco de la bobina a través de la mezcla de material plástico de TPE-S con PCM 82 °C (curva 4) aumenta la conductividad térmica así como la masa térmica. A través del muy bueno comportamiento de flujo el compuesto de TPE-PCM ha penetrado óptimamente entre las espiras por lo cual se
- 10 aumentaron las transiciones térmicas. Casi al mismo tiempo actúa también el efecto de la acumulación de calor latente, véase para esto como comparación el trazado de curva sin relleno, ya tras 40 s las espiras han alcanzado 80 °C, mientras que en el caso del relleno con el compuesto de TPE_PCM 80 °C no se alcanzan hasta después de apróx. 95 s. Por eso el aumento de esta curva es ya muy pronto más bajo que en el caso de las otras curvas. El PCM 82 °C sirve como acumulador de calor latente con capacidad de acumulación hasta 2-4 veces más alta en comparación con el PE y acumula el calor residual que surge, tiene lugar un aumento de temperatura amortiguado. Debido al cambio
- 15 de fase a 82 °C el calor residual que surge se utiliza para el cambio de fase sólido-fluido, en el caso del cual en un pequeño rango de temperatura se puede acumular mucha más energía. A través del paso del cambio de fase tiene lugar una expansión de volumen. Esta favorece un ajuste del PCM a la superficie del cuerpo de bobinado, por lo cual se minimizan adicionalmente resistencias de paso y se aumenta la transferencia de calor. En comparación con los bobinados sin relleno (curva 1) se puede posibilitar un tiempo de funcionamiento más largo de apróx. 75 % hasta que
- 20 la temperatura máxima es alcanzada. Con el mismo tiempo de funcionamiento la temperatura máxima se puede reducir en apróx. 30 %. En comparación con bobinados con relleno de PE (curva 2) se puede posibilitar un tiempo de funcionamiento más largo de apróx. 40 % hasta que la temperatura máxima es alcanzada. Con el mismo tiempo de funcionamiento la temperatura máxima se puede reducir en apróx. 15 %.
- 25 En comparación con bobinados con relleno de PE y grafito (curva 3) se puede posibilitar un tiempo de funcionamiento más largo de apróx. 20 % hasta que la temperatura máxima es alcanzada. Con el mismo tiempo de funcionamiento la temperatura máxima se puede reducir en 8 %.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Cuerpo de bobinado eléctrico, que incluye bobinados conductores de electricidad en torno a un núcleo, en donde los espacios huecos entre los bobinados están rellenos en unión positiva por un material plástico termoplástico, en donde el material plástico termoplástico incluye una mezcla de
 - a) un elastómero termoplástico que forma una red, el cual en el rango de 120 - 150 °C presenta una muy buena fluidez y un índice de fluidez de al menos 15 g/10 min (190 °C/2,16 kg, medido según ISO 1133-1) y
 - 10 b) un material de cambio de fase con una temperatura de cambio de fase, la cual está entre 40 °C y 140 °C, en donde el material de cambio de fase está contenido en el material plástico termoplástico en una proporción de 50 a 85 % P/P.
- 15 2. Cuerpo de bobinado según la reivindicación 1 caracterizado por que el elastómero termoplástico que forma una red es un copolímero de bloque que contiene estireno, preferiblemente estireno/butadieno/estireno (SBS), SEBS, SEPS, SEEPS y MBS, y está presente en una proporción de al menos 10 % P/P, preferiblemente entre 15 % P/P a 25 % P/P, en relación con el peso del material plástico.
- 20 3. Cuerpo de bobinado según la reivindicación 1 o 2 caracterizado por que el material de cambio de fase presenta una temperatura de fusión entre 40 °C y 140 °C y es preferiblemente un éter de alcohol, un éter de dialquilo, una parafina o una cera natural o sintética.
- 25 4. Cuerpo de bobinado eléctrico según una o varias de las reivindicaciones 1 a 3 caracterizado por que la temperatura de desintegración del material plástico termoplástico está por encima de la temperatura de uso crítica del cuerpo de bobinado eléctrico.
- 30 5. Cuerpo de bobinado eléctrico según una o varias de las reivindicaciones 1 a 4 caracterizado por que el material de cambio de fase está contenido en el material plástico termoplástico en una proporción de 70 a 85 % P/P.
- 35 6. Cuerpo de bobinado eléctrico según una o varias de las reivindicaciones 1 a 5 caracterizado por que el material plástico termoplástico contiene aditivos funcionales, los cuales aumentan la conductividad térmica, los cuales aumentan la densidad, los cuales influyen en el comportamiento de flujo de las masas fundidas y/o actúan como agentes ignífugos.
- 40 7. Cuerpo de bobinado eléctrico según la reivindicación 6 caracterizado por que la proporción de los aditivos funcionales es 0 a 20 % P/P, en relación con el peso total del material plástico termoplástico.
- 45 8. Cuerpo de bobinado eléctrico según una o varias de las reivindicaciones 1 a 7 caracterizado por que él está rodeado por una capa de protección exterior, la cual mantiene el material plástico termoplástico en el cuerpo de bobinado también en caso de aplicación para bobinados de rotor, en donde la capa de protección consta preferiblemente de PE, PP, PA, PMMA, PS o PVC y presenta preferiblemente un grosor de 100 a 500 µm.
- 50 9. Cuerpo de bobinado eléctrico según una o varias de las reivindicaciones 1 a 8 caracterizado por que él es parte integrante de un transformador, un transductor o un rotor o estátor de una máquina eléctrica, donde estos cuerpos de bobinado solo son apropiados para estar en funcionamiento siempre solo brevemente, es decir en el rango de segundos hasta 10 minutos, y repetidamente en intervalos más o menos grandes.
10. Cuerpo de bobinado eléctrico según una o varias de las reivindicaciones 1 a 9 caracterizado por que el elastómero termoplástico que forma una red presenta un índice de fluidez de al menos 20 g/10 min (190 °C/2,16 kg, medido según ISO 1133-1).
11. Cuerpo de bobinado eléctrico según una o varias de las reivindicaciones 1 a 10 caracterizado por que el material de cambio de fase presenta una temperatura de cambio de fase entre 80 y 130 °C.

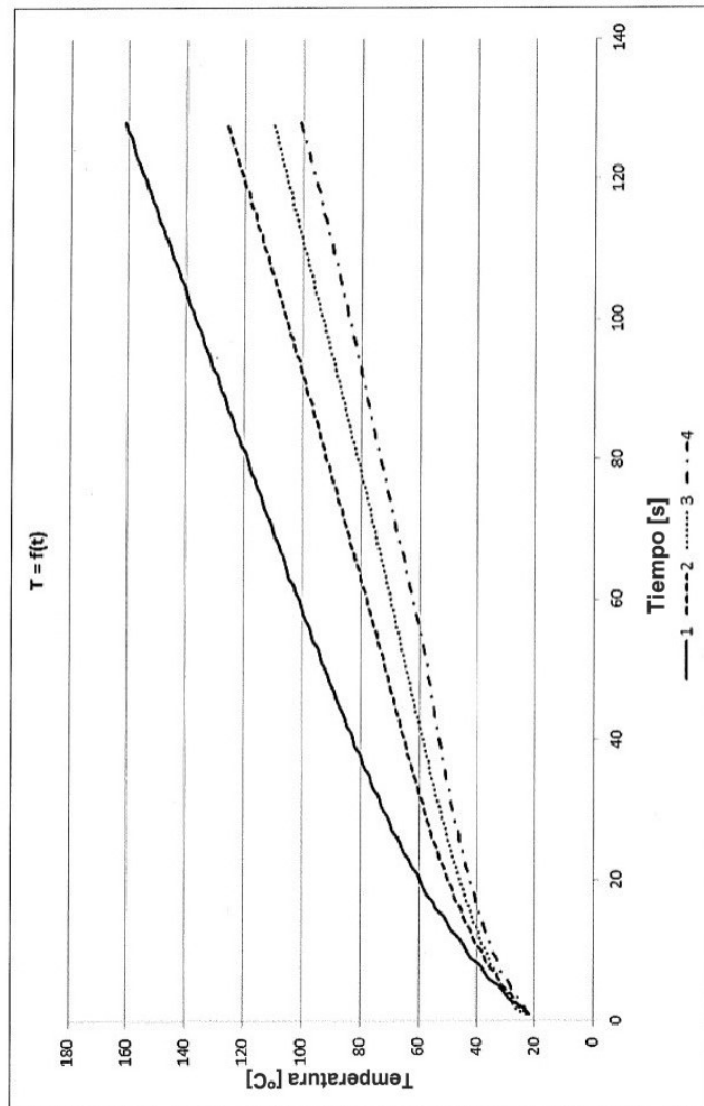


Fig. 1