



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 318 260**

51 Int. Cl.:
H01F 27/32 (2006.01)
H01F 41/12 (2006.01)
C08G 73/06 (2006.01)
H01B 3/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04405563 .0**
96 Fecha de presentación : **09.09.2004**
97 Número de publicación de la solicitud: **1635365**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **15.03.2006**

54 Título: **Bobinas de transformador encapsuladas de tipo seco.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.05.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.05.2009

73 Titular/es: **ABB Research Ltd.**
Affolternstrasse 52
8050 Zürich, CH

72 Inventor/es: **Schaal, Stéphane;**
Ghoul, Cherif;
Rocks, Jens y
Johnson, Charles W.

74 Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 318 260 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

Bobinas de transformador encapsuladas de tipo seco.

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a transformadores de tipo seco, especialmente transformadores de distribución de tipo seco, en los que las bobinas del transformador están encapsuladas con una carga de mineral curada que contiene una composición de resina de éster de cianato y opcionalmente es una composición de resina de éster de cianato modificada por epoxi que contiene una carga mineral.

Estado de la técnica

Los transformadores de tipo seco se conocen y describen, por ejemplo, en los documentos EP 0 923 785 o WO 03/107364. Los transformadores de tipo seco de la presente invención contienen bobinados que pueden usarse como los bobinados de alta y baja tensión de un transformador de tipo seco. Los transformadores de tipo seco se usan para distribuir energía eléctrica preferiblemente dentro de un intervalo de 5 kVA a 2500 kVA. Los transformadores de tipo seco o los transformadores de distribución de tipo seco comprenden bobinas, en concreto bobinados que generalmente están embebidos en un material aislante termoestable. Más habitualmente, el material aislante es una resina epoxi cargada y los bobinados se fabrican por moldeo al vacío.

Las resinas epoxi presentan numerosas ventajas sobre otros polímeros termoestables. Generalmente tienen un bajo precio, son fáciles de procesar y tienen buenas propiedades dieléctricas y mecánicas. Sin embargo, las resinas epoxi generalmente tienen una estabilidad limitada frente a la temperatura. El mercado actual requiere que los transformadores tengan una mayor capacidad de sobrecarga y una duración prolongada. Se requiere adicionalmente que los transformadores funcionen a elevadas temperaturas y, por lo tanto, el material aislante debe presentar una resistencia a temperatura mejorada. Este problema se describe por ejemplo en G. Pritchard, *Developments in Reinforced Plastics*, vol. 5, Applied Science (1986), donde se muestra que las resinas epoxi no son adecuadas para aplicación a elevadas temperaturas, especialmente desde un punto de vista térmico. Se desarrollaron otras tecnologías, aunque estas tienen otras desventajas comparadas con las bobinas tradicionales encapsuladas con una resina epoxi en las que el bobinado se fabrica por moldeo al vacío, especialmente con respecto al procesado y al coste de los materiales. En consecuencia, hay una necesidad de materiales mejorados que son útiles para encapsular bobinas de transformador, en concreto bobinados de transformador, que tienen una estabilidad frente a temperatura mejorada comparada con las resinas epoxi y adicionalmente sean compatibles con una técnica de fabricación por moldeo al vacío convencional. Se conocen composiciones de éster de cianato opcionalmente modificadas con una o más resinas epoxi. Sin embargo, el uso de estos compuestos como sistemas aislantes para las bobinas de transformador en transformadores de tipo seco no se ha descrito.

El documento US 4.576.768 describe un transformador de tipo seco en el que las bobinas de transformador están encapsuladas con una carga mineral curada que contiene una composición de resina de isocianato modificada con epoxi.

El documento US 5.324.767 describe una composición de resina termoestable que puede ser una composición de resina epoxi curada con isocianato que contiene un material de carga definido para moldeo de bobinas de alta tensión. Esta referencia se refiere a resinas de poliepóxido-poliisocianato pero no a las resinas de poliepóxido-éster de policianato. El documento US 5.385.989 se refiere a una resina en polvo con resistencia térmica para usar como material de fricción; no se mencionan aplicaciones eléctricas. Un buen material aislante, por ejemplo para bobinas de alta tensión, necesita propiedades físicas adicionales; una buena estabilidad frente a temperatura de por sí no es suficiente.

Descripción de la invención

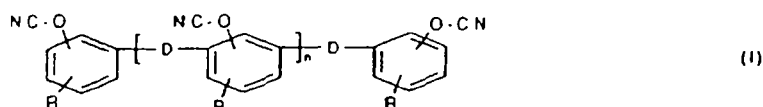
La presente invención se define en las reivindicaciones. La presente invención se refiere a transformadores de tipo seco, especialmente a transformadores de distribución de tipo seco caracterizados por que las bobinas del transformador están encapsuladas con una carga mineral curada que contiene una composición de resina de éster de cianato que opcionalmente es un carga mineral curada que contiene una composición de resina de éster de cianato modificada con epoxi, la composición de resina cura se obtiene a partir de una composición que comprende los componentes (i), (ii) y opcionalmente (iii), donde el componente (i) es una resina de éster de cianato, que está presente dentro del intervalo del 1-60% en peso, preferiblemente dentro del intervalo del 15-30% en peso, calculado respecto al peso total de la composición aislante; el componente (ii) es un material de carga mineral, que está presente dentro del intervalo del 20-80% en peso, preferiblemente dentro del intervalo del 40-70% en peso, y preferiblemente dentro del intervalo del 50-65% en peso, calculado respecto al peso total de la composición aislante; y el componente opcional (iii) es una resina epoxi, que está presente dentro del intervalo del 1-50% en peso, preferiblemente dentro del intervalo del 15-30% en peso, calculado respecto al peso total de la composición aislante. Dicha composición de encapsulado se denomina también composición de resina de éster de cianato que contiene una carga mineral curada opcionalmente modificada con una o más resinas epoxi.

ES 2 318 260 T3

La presente invención se refiere también a un método para encapsular las bobinas del transformador de un transformador de distribución de tipo seco con la composición no curada que contiene los componentes (i), (ii) y opcionalmente (iii), estando dicho método de acuerdo con la reivindicación 20. La composición aislante que encapsula las bobinas del transformador opcionalmente contiene otros aditivos como se explicará más adelante.

Las resinas de éster de cianato son compuestos conocidos y se han descrito en muchas publicaciones. El componente de resina de éster de cianato dentro de la composición aislante de acuerdo con la presente invención está basado preferiblemente en un monómero de cianato de un solo anillo, tal como fenil-1,3-dicianato, fenil-1,4-dicianato, en el que anillo de fenileno opcionalmente está sustituido adicionalmente por un grupo alquilo (C₁₋₄) o fenil-1,3,5-tricianato; un oligómero o polímero de fenileno cianato, en el que los anillos de fenileno opcionalmente se unen juntos mediante diversos átomos de enlace o grupos de enlace tales como metileno, 1,1-etileno, 2,2-propileno, oxígeno, carbonilo, carboniloxi, sulfoxilo [-S(O)₂-] o bis-metilenoxi-dimetilsililo; un monómero de bisfenilcianato en el que los dos anillos de fenilo opcionalmente están unidos juntos por diversos átomos o grupos de enlace tales como metileno, 1,1-etileno, 2,2-propileno, oxígeno, carbonilo, carboniloxi, sulfoxilo o bis-metilenoxi-dimetilsililo; monómeros de cianato basados en las estructuras de naftaleno y antraquinona; dicianatos fluoroalifáticos; monómeros de carborano dicianato, o una mezcla de estos compuestos. Dichos compuestos se describen, por ejemplo, en I. Hamerton, Chemistry and Technology of Cyanate Ester resins, Capítulo 2, Chapman & Hall, (1994), especialmente en las páginas 34-55.

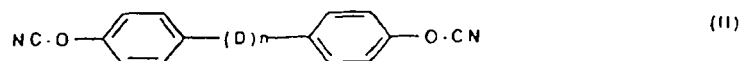
El componente de resina de éster de cianato dentro de la composición aislante de acuerdo con la presente invención está basado preferiblemente en los siguientes compuestos como compuestos sencillos o como una mezcla de estos compuestos, de fórmula (I) o fórmula (II):



D = -O-, -SO₂-, -CH₂-, -CH(CH₃), -C(CH₃)₂-, -C(CF₃)₂-

R = H o alquilo C₁-C₄, preferiblemente hidrógeno

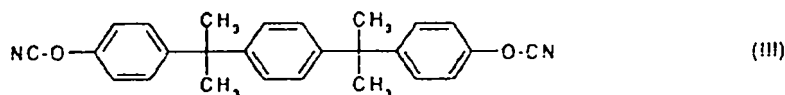
n = de 1 a 5



D = -O-, -SO₂-, -CH₂-, -CH(CH₃), -C(CH₃)₂-, -C(CF₃)₂-

n = cero o 1

o de fórmula (III):



Se prefieren los compuestos de fórmula (I) en la que R es hidrógeno o los compuestos de fórmula (II) en la que D = -CH₂- o -C(CH₃)₂-, o una mezcla de estos compuestos.

Las resinas epoxi preferidas usadas dentro del contexto de la presente invención son compuestos aromáticos y/o cicloalifáticos. Estos compuestos se conocen de por sí. Las resinas epoxi son compuestos de glicidilo reactivos que contienen al menos dos grupos 1,2-epoxi por molécula. Preferiblemente se usa una mezcla de compuestos de poliglicidilo como una mezcla de compuestos de diglicidilo y triglicidilo. Es posible combinar uno o más de estos compuestos de glicidilo con el componente de resina de éster de cianato como se ha definido anteriormente y obtener una composición de resina útil como material de encapsulación como se ha definido en la presente invención. La combinación de los dos componentes sólo es un problema de optimización.

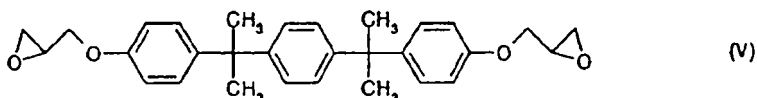
Los compuestos epoxi útiles para la presente invención comprenden grupos glicidilo no sustituidos y/o grupos glicidilo sustituidos con grupos metilo. Estos compuestos de glicidilo preferiblemente tienen un peso molecular entre 200 y 1200, especialmente entre 200 y 1000 y pueden ser sólidos o líquidos. El valor epoxi (equiv./100 g) es preferiblemente al menos tres, preferiblemente al menos cuatro y especialmente aproximadamente cinco, preferiblemente de

ES 2 318 260 T3

aproximadamente 4,9 a 5,1. Se prefieren los compuestos de glicidilo que tienen grupos glicidil éter y/o glicidil éster. Dichos compuestos pueden contener también ambas clases de grupos glicidilo, por ejemplo, glicidil éster del ácido 4-glicidiloxi-benzoico. Se prefieren los poliglicidil ésteres con 1-4 grupos glicidil éster, especialmente diglicidil éster y/o triglicidil ésteres. Los glicidil ésteres preferidos pueden proceder de un ácido dicarbónico aromático, aralifático, cicloalifático, heterocíclico, heterocíclico-alifático o heterocíclico-aromático con 6 a 20, preferiblemente 6 a 12 átomos de carbono en el anillo o de ácidos dicarbónicos alifáticos con 2 a 10 átomos de carbono. Se prefieren, por ejemplo, resinas epoxi opcionalmente sustituidas de fórmula (IV):



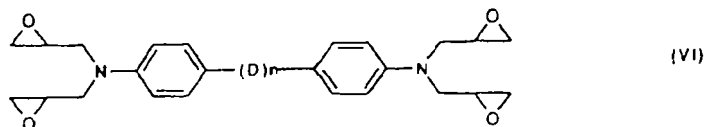
20 o de fórmula (V):



Los ejemplos son glicidil éteres derivados de Bisfenol A o Bisfenol F así como glicidil éteres derivados de resinas fenol-Novolak o resinas cresol-Novolak.

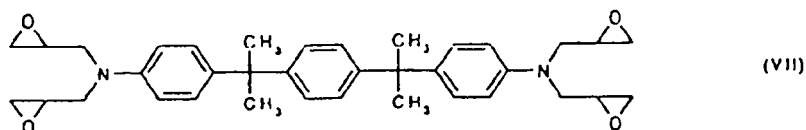
30 Las resinas epoxi cicloalifáticas son, por ejemplo, bis-glicidil éster del ácido hexahidro-o-ftálico, bis-glicidil éster del ácido hexahidro-m-ftálico o bis-glicidil éster del ácido hexahidro-p-ftálico. También las resinas epoxi alifáticas, por ejemplo 1,4-butano-diol diglicidil-éter, pueden usarse como un componente para la composición de la presente invención.

35 Se prefieren también dentro de la presente invención resinas epoxi aromáticas y/o cicloalifáticas que contienen al menos un, preferiblemente al menos dos, grupos aminoglicidilo en la molécula. Dichas resinas epoxi son conocidas y se describen, por ejemplo, en el documento WO 99/67315. Los compuestos preferidos son aquellos de fórmula (VI):



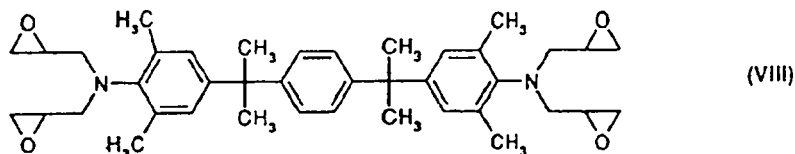
50 Los compuestos de aminoglicidilo especialmente adecuados son N,N-diglicidil-anilina, N,N-diglicidil-toluidina, N,N,N',N'-tetraglicidil-1,3-diaminobenceno, N,N,N',N'-tetraglicidil-1,4-diaminobenceno, N,N,N',N'-tetraglicidil-xililendiamina, N,N,N',N'-tetraglicidil-4,4'-diaminodifenilmetano, N,N,N',N'-tetraglicidil-3,3'-di-4,4'-diaminodifenilmetano, N,N,N',N'-tetraglicidil-3,3'-diaminodifenilsulfona, N,N'-Dimetil-N,N'-diglicidil-4,4'-diaminodifenilmetano, N,N,N',N'-tetraglicidil-alfa,alfa'-bis(4-aminofenil)-p-diisopropilbenceno y N,N,N',N'-tetraglicidil-alfa,alfa'-bis-(3,5-dimetil-4-aminofenil)-p-diisopropilbenceno.

Los compuestos de aminoglicidilo preferidos son también aquellos de fórmula (VII):



ES 2 318 260 T3

o de fórmula (VIII):



15 Otros compuestos de aminoglicidilo que pueden usarse de acuerdo con la presente invención se describen, por ejemplo, en Houben-Weyl, Methoden der Organischen Chemie, Band E20, Makromolekulare Stoffe, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1987, páginas 1926-1928.

20 Se conocen los materiales de carga mineral para aplicaciones eléctricas. Dichos materiales son, por ejemplo, polvo de vidrio, óxidos metálicos tales como óxido de silicio (Aerosil, cuarzo, polvo de cuarzo fino), hidróxido de magnesio y aluminio [Mg(OH)₂, Al(OH)₃, AlO(OH)], óxido de titanio; nitruros metálicos tales como nitruro de silicio, nitruro de boro y nitruro de aluminio; carburos metálicos tales como carburo de silicio (SiC); carbonatos metálicos (dolomita, CaCO₃), sulfatos metálicos (por ejemplo, barito), minerales naturales y sintéticos molidos principalmente silicatos tales como talco, mica, caolín, wolastonita, bentonita, silicatos cálcicos tales como xonolita [Ca₂Si₆O₁₇(OH)₂]; aluminosilicatos tales como andalusita [Al₂O₃-SiO₂] o zeolita; carbonatos de calcio/magnesio tales como dolomita [CaMg(CO₃)₂]; y silicato de calcio/magnesio conocido en diferentes tamaño de polvo. Se prefieren óxido de silicio y/o óxido de aluminio, xonolita, hidróxido de magnesio y aluminio, piedras naturales molidas, minerales naturales y sintéticos molidos derivados de silicatos. El material de carga tiene preferiblemente un tamaño granular medio dentro del intervalo de 1 μm a 300 μm, preferiblemente dentro del intervalo de 5 μm a 100 μm.

30 El material de carga puede estar opcionalmente recubierto por ejemplo con un silano o siloxano conocido para el recubrimiento de materiales de carga, por ejemplo dimetilsiloxanos que pueden estar reticulados u otros materiales de recubrimiento conocidos. Estos compuestos se han publicado en muchas publicaciones.

35 El silano, por ejemplo un trialquilsilano o un fenildimetilsilano, o los polisiloxanos usados para el recubrimiento del material de carga pueden contener grupos reactivos tales como hidroxilo, grupos hidrosililo (≡Si-H), grupos carboxilo, alquilo(C₁-C₄)-epoxi, vinilo (≡Si-CH=CH₂) o alilo (≡Si-CH₂CH=CH₂), y preferiblemente tienen una viscosidad que está dentro del intervalo de aproximadamente 0,97 mPa.s (1 cSt) a aproximadamente 19.500 mPa.s (medido de acuerdo con DIN 53 019 a 25°C, calculado con una densidad de 0,97) y pueden ser compuestos lineales, bidimensionales o tridimensionales, en concreto, composiciones, una mezcla de compuestos oligoméricos o una mezcla de los compuestos citados.

40 La viscosidad de estos organopolisiloxanos está preferiblemente dentro del intervalo de aproximadamente 0,97 mPa.s (1 cSt) a aproximadamente 4900 mPa.s, preferiblemente dentro del intervalo de 2 mPa.s a 2900 mPa.s, preferiblemente dentro del intervalo de 5 mPa.s a 700 mPa.s, de acuerdo con DIN 53 019 a 25°C. Preferiblemente, los polisiloxanos tienen un peso molecular medio dentro del intervalo de aproximadamente 300 a 100.000, preferiblemente de aproximadamente 300 a 50.000, preferiblemente de 400 a 10.000 Dalton, donde 1 Dalton = 1U.

45 El material de carga opcionalmente puede estar presente en una forma "porosa". Como un material de carga "poroso", que opcionalmente puede estar recubierto, se entiende que la densidad de dicho material de carga está dentro del intervalo del 60% al 80%, comparado, con la densidad "real" del material de carga no poroso. Dichos materiales de carga porosos tienen una superficie total mucho mayor que el material no poroso. Dicha superficie preferiblemente es mayor de 20 m²/g (BET m²/g) y preferiblemente mayor de 30 m²/g (BET) y preferiblemente está en el intervalo de 30 m²/g (BET) a 100 m²/g (BET), preferiblemente dentro del intervalo de 40 m²/g (BET) a 60 m²/g (BET). Dicho material de carga poroso puede recubrirse con un siloxano preferiblemente con un organopolisiloxano que puede estar reticulado con hasta el 50%-80% en peso, preferiblemente del 60%-70% en peso, calculado respecto al peso total del material de carga recubierta.

55 La composición aislante para encapsular las bobinas del transformador puede contener aditivos adicionales tales como endurecedores, agentes de curado, plastificantes, antioxidantes, absorbedores de luz así como otros aditivos usados en aplicaciones eléctricas.

60 Se sabe que los endurecedores se usan en resinas epoxi. En la presente composición dichos endurecedores sólo son opcionales. Los endurecedores son por ejemplo polímeros que contienen hidroxilo y/o carboxilo tales como poliéster terminado en carboxilo y/o polímeros de acrilato y/o metacrilato que contienen carboxilo y/o anhídridos de ácido carboxílico. Los endurecedores útiles son otros anhídridos cíclicos de ácidos policarbónicos aromáticos, alifáticos, cicloalifáticos y heterocíclicos. Los anhídridos preferidos de ácidos policarbónicos aromáticos son anhídrido de ácido ftálico y derivados sustituidos del mismo, dianhídrido del ácido benceno-1,2,4,5-tetracarbónico y derivados sustituidos del mismo. Se conocen otros numerosos endurecedores de la bibliografía.

ES 2 318 260 T3

El endurecedor opcional puede usarse en concentraciones dentro del intervalo de 0,2 a 1,2, equivalentes de grupos endurecedores presentes, por ejemplo, un grupo anhídrido por un equivalente de epóxido. Sin embargo, dentro de la presente invención se prefiere una concentración dentro del intervalo de 0,2 a 0,4, equivalentes de grupos endurecedores.

Los agentes de curado son, por ejemplo, aminas terciarias tales como bencildimetilamina o complejos de amina tales como complejos de aminas terciarias con tricloruro de boro o trifluoruro de boro; derivados de urea, tales como N-4-clorofenil-N',N'-dimetilurea (Monuron); imidazoles opcionalmente sustituido tales como imidazol o 2-fenil-imidazol. Se prefieren aminas terciarias. Otro catalizador de curado tal como complejos de metal de transición de cobalto (III), cobre, manganeso (II), zinc en acetilacetato pueden usarse por ejemplo acetilacetato de cobalto (III). La cantidad de catalizador es una concentración de aproximadamente 50 ppm-1000 ppm en peso, calculada respecto a la composición a curar.

La composición aislante se prepara simplemente mezclando todos los componentes, opcionalmente al vacío en cualquier secuencia deseada y curando la mezcla por calentamiento. Preferiblemente el endurecedor y el agente de curado se añaden por separado antes del curado. La temperatura de curado está preferiblemente dentro del intervalo de 50°C a 280°C, preferiblemente dentro del intervalo de 100°C a 200°C. El curado generalmente es posible también a menores temperaturas, aunque a menores temperaturas el curado completo puede durar hasta varios días, dependiendo también del catalizador presente y de su concentración.

Para encapsular la bobina del transformador con la composición aislante de acuerdo con la presente invención, la bobina del transformador se pone en un molde y se añade la composición aislante. Es posible calentar entonces la composición, aplicando una corriente eléctrica a la bobina para calentar de forma resistiva la composición hasta una temperatura deseada y durante un tiempo suficientemente largo, opcionalmente con aplicación de vacío para retirar toda la humedad y las burbujas de aire de la bobina y de la composición aislante. La composición de encapsulado puede curarse por cualquier método conocido en la técnica calentando la composición a la temperatura de curado deseada.

Ejemplos 1 y 2

Las bobinas, en concreto los bobinados de un transformador de distribución de tipo seco se encapsulan con un material aislante termoestable hecho de un sistema de resina de éster de cianato modificado con epoxi que contiene una carga. Las propiedades eléctricas, mecánicas y de procesado se comparan con las mismas bobinas, en concreto bobinados encapsulados con una resina epoxi convencional. Como se muestra, las bobinas de un transformador de distribución de tipo seco encapsuladas con un sistema de resina de éster de cianato modificado con epoxi que contiene una carga muestran unas propiedades mucho mejores. Las recetas usadas se dan en la Tabla 1.

TABLA 1

COMPONENTES	REFERENCIA	Ejemplo 1	Ejemplo 2
resina epoxi 1	100	-	50
Endurecedor 2	82	-	-
Acelerador 3	2	-	-
éster de cianato 4	-	100	50
Co-catalizador 5	-	-	100 ppm
carga (harina de sílice) 6	322	175	175
1 VE4518 Comp. A suministrado por Bakelite AG (nuevo nombre EPR 845)			
2 VE4518 Comp. B suministrado por Bakelite AG (nuevo nombre EPH 845)			
3 VE4518 Comp. C suministrado por Bakelite AG (nuevo nombre EPC 845)			
4 Primaset PT-15 suministrado por Lonza AG			
5 Acetilacetato de cobalto suministrado por Sheferd			
6 Millisil W12 suministrado por Quarzwerke			

Todas las formulaciones de la Tabla 1 contienen la misma cantidad de carga (63,6% en peso).

El componente epoxi es una mezcla de Bisfenol A/F con un equivalente epoxi de 4,9-5,1 (equiv./100 g).

ES 2 318 260 T3

La degradación dinámica a corto plazo se realizó calentando los materiales a 10°C/minuto desde temperatura ambiente a 800°C usando un analizador termogravimétrico (TGA). El comienzo de la degradación se midió y se presentó en la Tabla 2 mostrada a continuación. Los datos muestran que el comienzo de la degradación térmica es mayor para las formulaciones de la invención que para las de referencia. Esto indica una mayor estabilidad térmica de las formulaciones de la invención.

Los que están familiarizados con los procesos de moldeo al vacío generalmente aceptan que un material con un valor de viscosidad dinámica de 10 Pa.s o menor es adecuado para el proceso mencionado. Los datos de viscosidad en estado estacionario muestran que todos los materiales son adecuados para un proceso de moldeo.

Se evaluaron también las características de envejecimiento oxidativo a largo plazo. Se realizó un envejecimiento acelerado a 260°C y se midió la resistencia a la flexión (ISO 178) antes y después de 100 y 200 horas de envejecimiento. Se calculó la fracción de la resistencia a la flexión restante después del envejecimiento. Cuanto más alta sea esta fracción, mejor será la resistencia al envejecimiento térmico. Queda claro a partir de la Tabla 2 a continuación que las formulaciones de la invención presentan una resistencia al envejecimiento térmico significativamente mejorada comparada con las de referencia.

TABLA 2

PROPIEDAD	REFERENCIA	Ej. 1	Ej.2
Comienzo de la degradación térmica (°C)	360	410	371
Viscosidad en estado estacionario a 75°C (Pa.s)	1,0	2,2	1,4
% de resistencia a la flexión inicial después de 100 h a 260°C	66	92	94
% de resistencia a la flexión inicial después de 200 h a 260°C	12	83	88

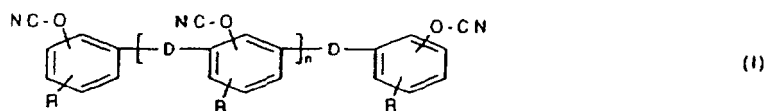
REIVINDICACIONES

1. Transformador de tipo seco, preferiblemente un transformador de distribución de tipo seco, en el que las bobinas del transformador se encapsulan con una carga mineral curada, estando **caracterizada** dicha carga mineral curada por que contiene una composición de resina de éster de cianato, opcionalmente una composición de resina de éster de cianato modificada con epoxi, en la que dicha composición de resina curada se obtiene a partir de una composición que comprende los componentes (i), (ii) y opcionalmente (iii), en la que el componente (i) es una resina de éster de cianato, que está presente dentro del intervalo del 1-60% en peso, calculado respecto al peso total de la composición aislante; el componente (ii) es un material de carga mineral, que está presente dentro del intervalo del 20-80% en peso, calculado respecto al peso total de la composición aislante; y el componente opcional (iii) es una resina epoxi, que está presente dentro del intervalo del 1-50% en peso, calculado respecto al peso total de la composición aislante.

2. Transformador de tipo seco de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el componente (i) está presente dentro del intervalo del 15-30% en peso, calculado respecto al peso total de la composición aislante; el componente (ii) está presente dentro del intervalo del 40-70% en peso, y preferiblemente dentro del intervalo del 50-65% en peso, calculado respecto al peso total de la composición aislante; y el componente opcional (iii) está presente dentro del intervalo del 15-30% en peso, calculado respecto al peso total de la composición aislante.

3. Transformador de tipo seco de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que la resina de éster de cianato dentro de la composición aislante está basada en un monómero de cianato de un solo anillo, preferiblemente fenil-1,3-dicianato, fenil-1,4-dicianato, en el que el anillo de fenileno opcionalmente está adicionalmente sustituido con un grupo alquilo (C₁₋₄) o fenil-1,3,5-tricianato; un oligómero o polímero de fenileno cianato, en el que los anillos de fenileno opcionalmente se unen juntos mediante diversos átomos de enlace o grupos de enlace tales como metileno, 1,1-etileno, 2,2-propileno, oxígeno, carbonilo, carboniloxi, sulfoxilo o bis-metilenoxi-dimetilsililo; un monómero de bisfenilcianato en el que los dos anillos de fenilo opcionalmente están unidos juntos por diversos átomos o grupos de enlace tales como metileno, 1,1-etileno, 2,2-propileno, oxígeno, carbonilo, carboniloxi, sulfoxilo o bis-metilenoxi-dimetilsililo; monómeros de cianato basados en las estructuras de naftaleno y antraquinona; dicianatos fluoroalifáticos; monómeros de carborano dicianato, o una mezcla de estos compuestos.

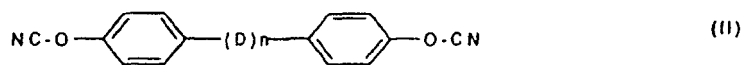
4. Transformador de tipo seco de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que dicho componente de resina de éster de cianato está basado en los siguientes compuestos como compuestos sencillos o como una mezcla de estos compuestos, de fórmula (I) o fórmula (II):



D = -O-, -SO₂-, -CH₂-, -CH(CH₃), -C(CH₃)₂-, -C(CF₃)₂-

R = H o alquilo C₁-C₄, preferiblemente hidrógeno

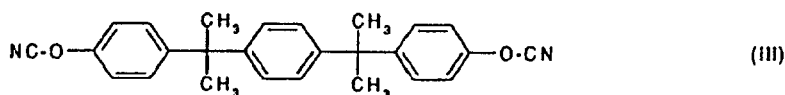
n = de 1 a 5



D = -O-, -SO₂-, -CH₂-, -CH(CH₃), -C(CH₃)₂-, -C(CF₃)₂-

n = cero o 1

o de fórmula (III):



5. Transformador de tipo seco de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el R de la fórmula (I) es hidrógeno o en el que el D de la fórmula (II) es -CH₂- o -C(CH₃)₂-.

6. Transformador de tipo seco de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en el que la resina epoxi opcionalmente presente está basada en compuestos de glicidilo aromáticos y/o cicloalifáticos reactivos que contienen al menos dos grupos 1,2-epoxi por molécula, preferiblemente una mezcla de compuestos de poliglicidilo, preferiblemente una mezcla de compuestos de diglicidilo y triglicidilo.

ES 2 318 260 T3

7. Transformador de tipo seco de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el compuesto epoxi comprende grupos glicidilo no sustituidos y/o grupos glicidilo sustituidos con grupos metilo, que preferiblemente tienen un peso molecular entre 200 y 1200, preferiblemente entre 200 y 1000.

5 8. Transformador de tipo seco de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, en el que el valor epoxi (equiv./100 g) de la resina epoxi es al menos tres, preferiblemente al menos cuatro y especialmente aproximadamente cinco, preferiblemente de aproximadamente 4,9 a 5,1.

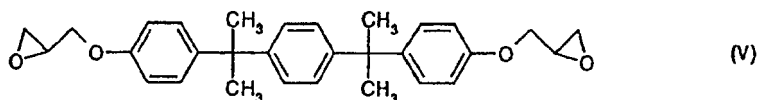
9. Transformador de tipo seco de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en el que la resina epoxi corresponde a la fórmula (IV):



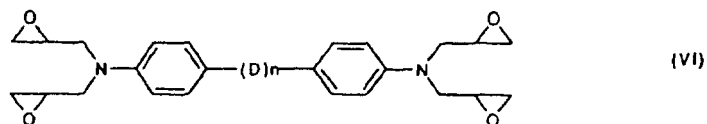
D = -O-, -SO₂-, -CO-, -CH₂-, -C(CH₃)₂-, -C(CF₃)₂-

n = cero o 1

o la fórmula (V):



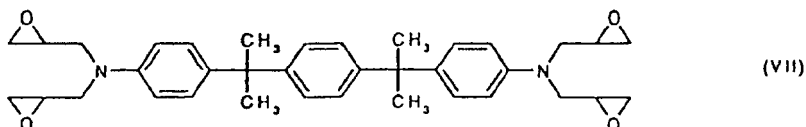
10. Transformador de tipo seco de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en el que la resina epoxi es una resina epoxi aromática y/o cicloalifática que contiene al menos un, preferiblemente al menos dos, grupos aminoglicidilo en la molécula, que preferiblemente corresponden a la fórmula (VI):



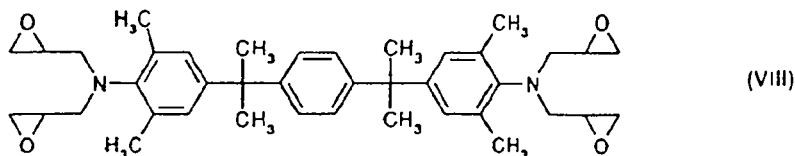
D = -O-, -SO₂-, -CO-, -CH₂-, -C(CH₃)₂-, -C(CF₃)₂-

n = cero o 1

o la fórmula (VII):



o la fórmula (VIII):



11. Transformador de tipo seco de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-10, en el que el material de carga mineral se selecciona entre el grupo que comprende polvo de vidrio, óxidos metálicos preferiblemente óxido de silicio (Aerosil, cuarzo, polvo de cuarzo fino), hidróxido de magnesio y aluminio [Mg(OH)₂, Al(OH)₃, AlO(OH)₂],

ES 2 318 260 T3

5 óxido de titanio; nitruros metálicos, preferiblemente nitruro de silicio, nitruro de boro y nitruro de aluminio; carburos metálicos, preferiblemente carburo de silicio (SiC); carbonatos metálicos (dolomita, CaCO_3), sulfatos metálicos (por ejemplo, barito), minerales naturales y sintéticos molidos principalmente silicatos, preferiblemente talco, mica, caolín, wolastonita, bentonita, silicatos cálcicos tales como xonolita [$\text{Ca}_2\text{Si}_6\text{O}_{17}(\text{OH})_2$]; aluminosilicatos, preferiblemente andalusita [$\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$] o zeolita; carbonatos de calcio/magnesio, preferiblemente dolomita [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$]; y silicato de calcio/magnesio conocido en diferentes tamaño de polvo.

10 12. Transformador de tipo seco de acuerdo con la reivindicación 11, en el que el material de carga mineral se selecciona entre el grupo que comprende óxido de silicio, óxido de aluminio, xonolita, hidróxido de magnesio, hidróxido de aluminio, piedras naturales molidas, minerales naturales y sintéticos molidos derivados de silicatos, preferiblemente con un tamaño granular medio dentro del intervalo de $1\ \mu\text{m}$ a $300\ \mu\text{m}$, preferiblemente dentro del intervalo de $5\ \mu\text{m}$ a $100\ \mu\text{m}$.

15 13. Transformador de tipo seco de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-12, en el que el material de carga mineral está recubierto con un silano o un siloxano, preferiblemente con un dimetilsiloxano que puede estar reticulado.

20 14. Transformador de tipo seco de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el silano o el siloxano contienen grupos reactivos seleccionados entre hidroxilo, grupos hidrosililo ($\equiv\text{Si-H}$), grupos carboxilo, alquilo ($\text{C}_1\text{-C}_4$)-epoxi, vinilo ($\equiv\text{Si-CH=CH}_2$) o alilo ($\equiv\text{Si-CH}_2\text{CH=CH}_2$).

25 15. Transformador de tipo seco de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el silano o el siloxano tienen una viscosidad dentro del intervalo de aproximadamente $0,97\ \text{mPa.s}$ ($1\ \text{cSt}$) a aproximadamente $19,500\ \text{mPa.s}$ (medida de acuerdo con DIN 53 019 a 25°C , calculada con una densidad de $0,97$), preferiblemente dentro del intervalo de $0,97\ \text{mPa.s}$ ($1\ \text{cSt}$) a $4900\ \text{mPa.s}$, preferiblemente dentro del intervalo de $2\ \text{mPa.s}$ a $2900\ \text{mPa.s}$, preferiblemente dentro del intervalo de $5\ \text{mPa.s}$ a $700\ \text{mPa.s}$, de acuerdo con DIN 53 019 a 25°C .

30 16. Transformador de tipo seco de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el polisiloxano tiene un peso molecular medio dentro del intervalo de aproximadamente 300 a 100.000 , preferiblemente de aproximadamente 300 a 50.000 , preferiblemente de 400 a 10.000 Dalton.

35 17. Transformador de tipo seco de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-16, en el que el material de carga es un material de carga "poroso", cuya densidad está dentro del intervalo del 60% al 80% , comparado con la densidad real del material de carga no poroso, que preferiblemente tiene una superficie total mayor de $20\ \text{m}^2/\text{g}$ (BET m^2/g), preferiblemente mayor de $30\ \text{m}^2/\text{g}$ (BET), preferiblemente dentro del intervalo de $30\ \text{m}^2/\text{g}$ (BET) a $100\ \text{m}^2/\text{g}$ (BET), preferiblemente dentro del intervalo de $40\ \text{m}^2/\text{g}$ (BET) a $60\ \text{m}^2/\text{g}$ (BET).

40 18. Transformador de tipo seco de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-17, en el que la composición aislante que encapsula las bobinas del transformador contiene otros aditivos seleccionados entre el grupo que comprende endurecedores, agentes de curado, plastificantes, antioxidantes, absorbedores de luz, así como otros aditivos usados en aplicaciones eléctricas.

45 19. Transformador de tipo seco de acuerdo con la reivindicación 18, en el que el endurecedor es un endurecedor conocido para el uso en resinas epoxi y está presente en concentraciones dentro del intervalo de $0,2$ al $1,2$, equivalentes de grupo endurecedor por 1 equivalente de epóxido, preferiblemente dentro del intervalo de $0,2$ a $0,4$, equivalentes de grupo endurecedor.

50 20. Método para encapsular las bobinas del transformador de un transformador de distribución de tipo seco de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-19, comprendiendo dicho método las etapas de:

- mezclar los componentes (i), (ii) y opcionalmente (iii) en cualquier secuencia deseada, siendo dichos componentes como se definen en una cualquiera de las reivindicaciones 1-19, y

55 - curar la mezcla.

en el que dicha mezcla se realiza opcionalmente al vacío, preferiblemente añadiendo por separado el endurecedor y el agente de curado a la mezcla antes del curado, y

60 dicho curado se realiza preferiblemente calentando la mezcla a una temperatura dentro del intervalo de 50°C a 280°C , preferiblemente dentro del intervalo de 100°C a 200°C , o a temperaturas menores durante hasta varios días, dependiendo del catalizador presente y de su concentración.

65