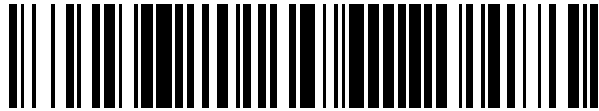


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 531 887**

51 Int. Cl.:

**H01F 27/28** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.04.2012 E 12717632 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.12.2014 EP 2695174**

54 Título: **Cable y dispositivo electromagnético que comprende el mismo**

30 Prioridad:

**07.04.2011 US 201161472912 P**

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

**20.03.2015**

73 Titular/es:

**ABB RESEARCH LTD. (100.0%)  
Affolternstrasse 44  
8050 Zürich, CH**

72 Inventor/es:

**THÖRNKVIST, CHRISTER;  
ERIKSSON, GÖRAN;  
HAJEK, JAN;  
SCHIESSLING, JOACHIM y  
PRADHAN, MANOJ**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 531 887 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

Cable y dispositivo electromagnético que comprende el mismo

## CAMPO TÉCNICO

- 5 La presente descripción se refiere en general a sistemas de energía eléctrica y en particular a un cable para bobinados o arrollamientos de un dispositivo electromagnético y a un dispositivo electromagnético que tiene bobinados que comprenden tal cable.

## ANTECEDENTES

- 10 Los dispositivos electromagnéticos, tales como transformadores y reactancias o balastos son utilizados en sistemas de energía para el control del nivel de tensión. Hasta el presente, un transformador es un dispositivo electromagnético utilizado para elevar escalonadamente y reducir escalonadamente la tensión en sistemas de energía eléctrica con el fin de generar, transmitir y utilizar energía eléctrica de una manera eficiente en costes. En un sentido más genérico un transformador tiene dos partes principales, un circuito magnético, el núcleo, hecho por ejemplo de hierro en láminas y un circuito eléctrico, bobinados o arrollamientos, usualmente hechos de alambre de aluminio o de cobre.

- 15 Los transformadores más grandes utilizados en redes de energía eléctrica son diseñados en general con una elevada eficiencia y con un conjunto de criterios operativos estrictos por ejemplo, criterios dieléctricos, térmicos, mecánicos y acústicos. Debido a la capacidad continuamente creciente de manejar energía, es decir valores de energía y tensión, de transformadores, el diseño del transformador se enfrenta cada vez a más restricciones.

- 20 La práctica de diseño moderna de transformadores implica entre otras cosas el equilibrio del uso de materiales en el núcleo y en los bobinados, y las pérdidas. Debido a la gran cantidad de energía manejada por un transformador de gran potencia y debido a la larga vida en servicio, típicamente de 40 años, cualquier mejora en la reducción de las pérdidas sería apreciable, si puede ser justificado por el coste.

- 25 La Pérdida de Potencia en los transformadores debido a las corrientes de carga es una gran parte de las pérdidas totales. La pérdida de carga (LL) consiste en tres tipos diferentes de pérdidas basados en su origen de manera perceptible, i) las pérdidas por  $I^2R$  debidas a la resistencia inherente de los conductores del bobinado, también denominadas pérdidas de corriente continua, ii) la pérdida por corrientes de Eddy (ECL) en los bobinados debido al campo magnético variable en el tiempo creado por la corriente de carga en todos los conductores del bobinado, el campo de fugas y iii) las pérdidas por fugas, es decir la ECL en otras partes estructurales del transformador debido al campo de fugas.

- 30 Las soluciones actuales para reducir las pérdidas por corrientes de Eddy incluyen cables traspuestos continuamente de múltiples hilos o filamentos (CTC). Estos cables requieren cobre más resistentes con el fin de ser capaces de manejar cortocircuitos en aplicaciones de alta tensión. Además, la fabricación de cables CTC que tienen una pluralidad de hilos suficientemente finos y traspuestos es un proceso muy caro y requiere el pegado o encolado y aislamiento de los hilos por medio de resina epoxídica. El coste material de los dispositivos inductivos de alta tensión aumenta por tanto de forma tremenda.

- 35 Otra técnica relacionada como el documento JP-A-9003692, describe un cable como se ha definido en el preámbulo de la reivindicación 1.

## RESUMEN

- 40 Un objeto de la presente descripción es proporcionar un cable para bobinados de un dispositivo electromagnético, cuyo cable reduce las pérdidas en el bobinado cuando está en un estado cargado a un menor coste de lo que ha sido posible previamente.

Así, en un primer aspecto de la presente descripción, se ha proporcionado un cable para un bobinado de un dispositivo electromagnético de acuerdo con la reivindicación 1.

Con permeabilidad relativa del material magnético se quiere indicar la permeabilidad magnética relativa  $\mu_r$  del material magnético a lo largo de todo este texto.

- 45 Previendo una delgada capa de material magnético elegida de forma adecuada con una permeabilidad relativa razonablemente elevada comparada con el material del que está hecho el conductor, al menos parcialmente alrededor del conductor, el flujo de fuga se redistribuirá y parte del mismo será confinado a la capa y por ello reducirá sustancialmente la pérdida por corrientes de Eddy en el conductor. Así, el funcionamiento de un dispositivo electromagnético que comprende el cable presente puede ser hecho más eficiente en el sentido del rendimiento. En particular, con unos parámetros optimizados del material magnético para una aplicación particular, se ha considerado que la reducción de pérdidas puede ser del orden de un 5-10%.
- 50

- Además, debido al material magnético, puede almacenarse más energía magnética en el cable y así en el bobinado, por lo que la capacidad de grandes dispositivos electromagnéticos para resistir la fuerza que ocurre debido a una corriente de cortocircuito es mejorada. En otras palabras la impedancia de un dispositivo electromagnético dispuesto con el cable presentado aquí puede ser controlada por medio del material magnético. Con este fin, el cable de acuerdo con la presente descripción puede ser particularmente ventajoso para aplicaciones de alta tensión en las que hay presentes corrientes elevadas, dando así como resultado pérdidas elevadas. Ha de observarse, sin embargo, que el cable podría también ser utilizado para aplicaciones de media tensión e incluso para aplicaciones de baja tensión.
- Además, debido a la reducción de pérdidas por corrientes de Eddy proporcionada por el material magnético, la sección transversal del cable puede ser hecha maciza, o el cable puede ser fabricado con un menor número de hilos, teniendo cada hilo una dimensión en sección transversal más gruesa. Además la necesidad de un material de cobre más resistente, es decir la resistencia mecánica de Yield, es reducida. Los hilos con una dimensión más gruesa son menos caros de fabricar, reduciendo por ello los costes de fabricación del cable.
- De acuerdo con el presente invento, la permeabilidad relativa del material magnético es del orden de 100 a 5000. Los ensayos han mostrado que para valores de permeabilidad relativa de este orden, especialmente superiores a 300, puede proporcionarse una pérdida por corrientes de Eddy total muy reducida por capa o disco de bobinado cuando el cable está dispuesto como un bobinado para un dispositivo electromagnético.
- De acuerdo con una realización, la capa rodea completamente el conductor.
- De acuerdo con una realización, el material magnético es ferromagnético.
- Una realización comprende varias subcapas dispuestas concéntricamente.
- De acuerdo con una realización, una de las subcapas comprende un material semiconductor.
- De acuerdo con una realización la capa es más gruesa en aquellas superficies del conductor que presentan las vueltas más interiores o más exteriores de un bobinado para una aplicación específica cuando el cable es formado como un bobinado.
- De acuerdo con una realización la capa o una de las subcapas comprende un material eléctricamente aislante con propiedades magnéticas, en el que las propiedades magnéticas son proporcionados por el material magnético.
- De acuerdo con una realización el material magnético es dispersado en el material aislante compuesto en forma de partículas magnéticas.
- De acuerdo con una realización el dispositivo electromagnético es un dispositivo electromagnético de alta tensión.
- De acuerdo con una realización el dispositivo electromagnético es un transformador de potencia.
- De acuerdo con el presente invento el revestimiento tiene un grosor que es del orden de 200 a 800  $\mu\text{m}$ . Los ensayos realizados por los inventores han mostrado que las pérdidas totales por capa de bobinado son reducidas en gran medida en este orden de grosor de revestimiento.
- De acuerdo con una realización el material magnético tiene una conductividad de un orden de  $1 \cdot 10^6$  siemens por metro o menos.
- De acuerdo con una realización el material magnético tiene un coeficiente de Steinmetz que es menor o igual a  $20 \text{ W/m}^3$ . El coeficiente  $\eta$  de Steinmetz, a veces denominado como la constante de Steinmetz o el coeficiente de histéresis, es el coeficiente de pérdida magnética en la ecuación de Steinmetz  $Q = \eta \cdot B^{1,6}$ , donde B es la inducción máxima. Los inventores han llevado a cabo experimentos que muestran que la reducción de pérdidas es sustancialmente mejorada para materiales magnéticos que tienen un coeficiente de pérdida magnética, es decir un coeficiente de Steinmetz muy bajo. En particular se han obtenido resultados ventajosos para valores del coeficiente de Steinmetz de 20 o inferiores.
- De acuerdo con una realización, el material magnético es un material amorfo.
- De acuerdo con una realización, el conductor tiene un primer terminal de extremidad y un segundo terminal de extremidad que definen partes del conductor que tienen una extensión tanto axial como radial, en que el primer terminal de extremidad y el segundo terminal de extremidad están sin la capa. Por ello, la capa no será conectada a otra capa cuando el cable es parte de un bobinado de un dispositivo electromagnético, eliminando así la generación de una corriente que circula en la capa. Por tanto, las pérdidas debidas a corrientes circulantes pueden ser reducidas.
- De acuerdo con el presente invento, la capa es un revestimiento.
- En un segundo aspecto de la presente descripción se ha proporcionado un dispositivo electromagnético que comprende un núcleo magnético y bobinados dispuestos alrededor del núcleo magnético, en que los bobinados comprenden al menos un cable de acuerdo con el primer aspecto presentado aquí.

De acuerdo con una realización, al menos un cable tiene un primer terminal de extremidad y un segundo terminal de extremidad, estando dispuesto al menos el cable de tal modo que la capa en el primer terminal de extremidad y en el segundo terminal de extremidad no está conectada eléctricamente a una capa de ningún otro cable que define los bobinados.

5 De acuerdo con una realización el dispositivo electromagnético es un transformador de potencia.

Generalmente, todos los términos utilizados en las reivindicaciones han de ser interpretados de acuerdo a su significado ordinario en el campo técnico, a menos que se defina de otro modo explícitamente aquí. Todas las referencias a "un/el elemento, aparato, componente, medios, etc." han de ser interpretadas de manera abierta como que se refieren al menos a un ejemplo del elemento, aparato, componente, medios, etc. a menos que se establezca específicamente de otro modo.

10

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Las realizaciones específicas del concepto del invento serán descritas a continuación, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La fig. 1a es un cable para un bobinado de un dispositivo electromagnético de acuerdo con la técnica anterior;

15 La fig. 1b es un ejemplo de un cable de acuerdo con la presente descripción;

Las figs. 2a-b muestran ejemplos de cables de acuerdo con la presente descripción;

Las figs. 3a-b muestran ejemplos de cables de acuerdo con la presente descripción;

Las figs. 4a-c muestran la distribución del flujo de fuga en un bobinado de un dispositivo electromagnético para tres valores diferentes de la permeabilidad magnética relativa de la capa; y

20 Las figs. 5 y 6 son gráficos de la inductancia y de la pérdida total por disco, respectivamente, trazadas como funciones de la permeabilidad del revestimiento a diferentes valores de grosor de revestimiento.

#### DESCIPCIÓN DETALLADA

El concepto del invento será descrito a continuación más completamente con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se han mostrado realizaciones ejemplares. El concepto del invento puede, sin embargo, ser puesto en práctica de muchas formas diferentes y no debe ser construido como estando limitado a las realizaciones descritas aquí; en vez de ello, estas realizaciones son proporcionadas a modo de ejemplo de manera que esta descripción será total y completa, y transportará completamente el marco del concepto del invento a los expertos en la técnica. Los números similares se refieren a elementos similares a lo largo de toda la descripción.

25

La fig. 1a es una vista en sección transversal de un cable 1 para un bobinado de acuerdo con la técnica anterior. El cable 1, que puede ser un cable transpuesto de manera continua (CTC) por ejemplo, comprende una pluralidad de hilos 3 que actúan como conductores para conducir la corriente. Los hilos 3 están dispuestos adyacentes uno a otro axialmente para formar un cable con una sección transversal rectangular. Cada hilo 3 está provisto con esmalte 5 que actúa como un aislante. La pluralidad de hilos 3 puede ser provista con una capa de resina epoxídica 7 o un material aislante similar encerrando así parte de la disposición completa de hilos 3. La capa de resina epoxídica 7 puede además ser provista con una capa de papel 9 u otro material a base de celulosa.

30

35

La fig. 1b es una vista en sección transversal de un ejemplo de un cable 10 para un bobinado de un dispositivo electromagnético. El cable 10 comprende una o más hilos 13 de los que cada uno puede tener una dimensión en sección transversal mayor que los hilos 3 de los cables existentes 1 para bobinados de un dispositivo electromagnético. Los hilos 3 forman un haz de hilos que define un conductor para conducir una corriente.

40

Los hilos pueden por ejemplo comprender cobre, aluminio, una combinación de cobre y aluminio, o cualquier otro material conductor adecuado para conducir la corriente con bajas pérdidas.

Cada hilo 13 puede estar provisto con una capa aislante 15 que comprende por ejemplo polímero de esmalte 15 o cualquier otro material adecuado. Los hilos 13 de acuerdo con el ejemplo en la fig. 1b están dispuestos de modo que formen una sección transversal de forma rectangular del cable 10. Son también posibles otras formas en sección transversal, dándose ejemplos en lo que sigue.

45

El cable comprende una capa 17 que comprende material magnético. La capa 17 puede de acuerdo con una variante rodear completamente el haz de hilos 3, es decir el conductor. Con este fin, la capa 17 puede estar dispuesta concéntricamente alrededor del conductor a lo largo de su extensión longitudinal.

De acuerdo con otra variación, la capa puede rodear parcialmente el conductor. Para un cable rectangular, la capa puede por ejemplo estar dispuesta en dos lados opuestos del conductor, por ejemplo por medio de cola o pegamento u otros

50

medios adhesivos. Tales lados corresponden preferiblemente a la dirección del flujo magnético cuando el cable es dispuesto como un bobinado alrededor de un núcleo magnético de un dispositivo electromagnético que está en un estado operativo. En otras palabras para tal realización, la capa puede estar dispuesta sobre los lados verticales del cable cuando el cable es dispuesto como un bobinado alrededor de un núcleo magnético.

- 5 El cable puede de acuerdo con una realización comprender además una capa 19 de material de celulosa tal como papel. La capa 17 puede estar rodeada por la capa de material de celulosa 19. Ha de observarse que un cable de acuerdo con la presente descripción no necesita obligatoriamente ser provisto con la capa aislante 15 y/o la capa 19 de material de celulosa.

- 10 Las figs. 2a y 2b muestran otros ejemplos de geometría de cable posibles. La fig. 2a muestra un cable 10' que tiene una sección transversal circular y que comprende un único hilo 13' que actúa como conductor para conducir corriente. El cable 10' tiene además una capa 17' que rodea el hilo 13', y cuya capa 17' comprende un material magnético.

La fig. 2b describe otro ejemplo de un cable 10". De acuerdo con este ejemplo, el cable 10" comprende una pluralidad de hilos 13", una capa 17" que comprenden un material magnético, en el que la capa 17" está prevista alrededor de cada hilo individual 3, y una capa de aislamiento 19" dispuesta alrededor del haz de hilos 13".

- 15 La capa de aislamiento 19" puede de acuerdo con una variante estar dividida en varias subcapas. La capa de aislamiento 19" puede por ejemplo comprender una capa de aislamiento interna y una capa externa que comprende material magnético. Alternativamente, la capa de aislamiento 19" puede comprender una capa interna que comprende material magnético y una capa externa que comprende un material aislante. El material aislante puede por ejemplo ser papel y/o Nomex y/o cola epoxídica y/o polietileno reticulado.
- 20 de acuerdo con una variante comprender un material semiconductor.

En general, el orden de capas, el material aislante, el material magnético, y la capa de polímero, papel o semiconductor pueden ser optimizados para diferentes aplicaciones es decir diseños de nivel de pérdida, tensiones y seguridad.

- 25 De acuerdo con una variante, la capa 17, 17', 17" comprende material eléctricamente aislante con propiedades magnéticas formando así un material aislante compuesto. Las propiedades magnéticas son proporcionadas por el material magnético. El material magnético puede por ejemplo ser dispersado en el material aislante compuesto en forma de partículas magnéticas. Tal material aislante compuesto puede por ejemplo ser papel magnetizado o resina epoxídica rellena de partículas magnéticas.

- 30 La capa 17, 17', 17" puede de acuerdo con una variante ser una sola capa. Alternativamente, la capa puede comprender varias subcapas. En el último caso, una capa de material magnético puede ser rodeada por una capa de material aislante o una capa de material aislante puede ser rodeada por una capa de material magnético. Estas capas pueden de acuerdo con distintas variantes estar rodeadas además por capas adicionales de papel y resina epoxídica, o papel y polietileno reticulado o sólo por una capa de polietileno reticulado.

- 35 Las figs. 3a y 3b muestran vistas en sección transversal de variantes de cables en los que la capa es más gruesa sobre aquellas superficie del conductor que no están enfrentadas a ningún otro conductor cuando el cable es formado como un bobinado. La capa puede por ejemplo ser más gruesa para aquellas secciones del cable que, cuando el cable es dispuesto como un bobinado alrededor de un núcleo magnético, presentan las vueltas de cables más exteriores del bobinado interior, mirando la superficie con la capa más gruesa radialmente hacia fuera. Además, la capa puede ser por ejemplo más gruesa para aquellas secciones del cable que, cuando el cable es dispuesto alrededor de un núcleo magnético, presenta el cable más interior del bobinado exterior, mirando la superficie con la capa más gruesa radialmente hacia dentro.
- 40 Alternativamente, las superficies superior e inferior del cable pueden estar provistas con una capa más gruesa que comprende material magnético, siendo las superficies superior e inferior aquellas superficies que definen la parte superior e inferior del cable cuando está dispuesto como un bobinado alrededor de un núcleo magnético.

La capa más gruesa puede por ejemplo ser definida como una sola capa gruesa, como se ha mostrado en la fig. 3a o varias subcapas más delgadas como se ha mostrado en la fig. 3b.

- 45 El cable de acuerdo con la presente descripción tiene un primer terminal de extremidad y un segundo terminal de extremidad dispuestos para ser conectados eléctricamente de modo que sean alimentados por una corriente. El primer terminal de extremidad y el segundo terminal de extremidad pueden ser partes del conductor que tiene extensiones axiales, no solamente extensiones radiales. De acuerdo con una variante, el cable está dispuesto de tal modo que el primer terminal de extremidad y el segundo terminal de extremidad están libres de, es decir, sin, la capa de material magnético. Así no hay capa que comprende material magnético prevista alrededor del conductor en el primer terminal de extremidad y en el segundo terminal de extremidad. Por ello la capa que comprende material magnético no puede ser conectada eléctricamente a una capa que comprende material magnético de cualquier otro cable que define los bobinados. Como resultado, no se crearán corrientes circulantes netas que proporcionarían pérdidas adicionales en la capa que comprende material magnético durante el funcionamiento.

- 55 Las figs. 4a-c muestran la distribución del flujo de fuga en un bobinado de un dispositivo electromagnético de alta tensión. En particular, se han mostrado vistas en sección transversal axial de un lado a lo largo de un eje de simetría de los

5 bobinados de un dispositivo electromagnético. De acuerdo con este ejemplo, el grueso de la capa del cable a partir del cual es construido el bobinado es de 300  $\mu\text{m}$ . Los bobinados LV de baja tensión a la izquierda en cada una de las figs. 4a-c tienen por simplicidad tres vueltas/discos y los bobinados HV de alta tensión a la derecha en cada una de las figs. 4a-c tienen cuatro vueltas/discos por simplicidad, utilizando cables de tipo CTC. El trenzado no está mostrado en estas figuras. Como puede verse, aumentando la permeabilidad relativa  $\mu_r$ , de la capa que comprende material magnético de los cables de bobinado, el campo magnético, y por tanto las pérdidas, dentro de los cables son reducidos.

10 La fig. 5 muestra la inductancia de fuga por disco de bobinado, donde N es el número de discos en el modelo denominado, trazados como una función de permeabilidad de la capa. La energía, y por tanto la inductancia, aumenta con la permeabilidad debido a la magnetización de la capa y al curvado del campo. Ha de observarse que  $N=Inf$  representa un modelo en el que se desprecian los efectos de extremidad, y describe la situación de un disco en el que la dirección de flujo es axial. d indica el grosor de la capa.

La fig. 6 muestra la pérdida total por disco trazada como una función de la permeabilidad relativa de la capa para diferentes valores de grosor de la capa. La conductividad del revestimiento se ha supuesto que es de  $1 \cdot 10^5$  S/m y la corriente de carga es de 1 A.

15 Ejemplos

De acuerdo con cualquier ejemplo dado aquí, el material magnético puede tener una permeabilidad relativa del orden de 2 a 100000. Ventajosamente, la permeabilidad relativa del material magnético es del orden de 100 a 5000. Ventajosamente, la permeabilidad relativa del material magnético puede ser mayor de 300, y preferiblemente superior a 500.

20 Un material magnético adecuado puede ser por ejemplo la aleación magnética 2605SA1. Ha de observarse, sin embargo, que pueden también utilizarse otros materiales que exhiben parámetros dentro de los márgenes definidos aquí como material magnético en la capa.

25 La capa puede tener un grosor que es del orden de 200 a 800  $\mu\text{m}$ . La conductividad del material magnético es de acuerdo con un ejemplo relativamente baja, siendo la conductividad de un orden de 10000 siemens por metro o menos. De acuerdo con una variante, el material magnético tiene un coeficiente de Steinmetz que tiene un valor que es menor o igual a 20, preferiblemente menor de 10. Otras variantes del material magnético pueden exhibir un valor de coeficiente de Steinmetz mayor de 20.

30 De acuerdo con una variante, el material magnético comprende un material amorfo. Alternativamente, el material magnético puede comprender un material cristalino. El material magnético puede ser ferromagnético. De acuerdo con una variante, el material magnético tiene una densidad de flujo de saturación de al menos 0,5 teslas.

En el presente invento, la capa es un revestimiento. En una implementación ejemplar la capa puede también ser una cinta, una tira o banda o un tubo.

35 De acuerdo con cualquier realización presentada aquí, el conductor puede por ejemplo comprender cobre, aluminio, una combinación de cobre y aluminio, o cualquier otro material conductor adecuado para conducir corriente con bajas pérdidas, y cuyo material conductor tiene una permeabilidad magnética relativa menor que la permeabilidad magnética relativa del material magnético.

La tabla siguiente muestra propiedades de un material magnético adecuado.

Propiedad	Ejemplo de margen adecuado	Margen posible
Permeabilidad	10-500	2-100000
Conductividad	100000 o menor	$10e7 - 10e-12$
Densidad de flujo de saturación	0,5 o mayor	superior a 0
Pérdida magnética	baja pérdida	

La permeabilidad es permeabilidad magnética relativa (menor de la unidad)

Conductividad (siemens por metro - S/m)

40 Densidad de flujo de saturación (tesla).

Hay varias posibilidades de cómo aplicar el material magnético a cada hilo o al conductor formado por el haz de hilos.

La capa puede por ejemplo ser una cinta magnetizada delgada o papel magnetizado similar a papel de celulosa con partículas magnéticas dispersas en el.

45 Alternativamente, puede aplicarse una delgada capa de material magnético a la superficie del conductor o hilo por medios adecuados por ejemplo mediante extrusión.

Partículas magnéticas adecuadamente dimensionadas puede ser mezcladas con resina epoxídica para formar un gel y aplicado como un revestimiento.

La partícula magnética puede tener origen en cualquier material ferromagnético en la naturaleza o producido artificialmente en particular hierro, cobalto níquel, sus óxidos y mezclas de todos.

- 5 El material magnético podría ser de estructura cristalina con dominios o tipos amorfos o una mezcla adecuada de los mismos.

La capa magnética podría ser formada mezclando un material aislante con un material de tierra rara como se ha descrito en la solicitud de Patente Japonesa JP20062222322.

- 10 La capa podría estar hecha de un revestimiento ferromagnético amorfo delgado hecho de Fe75Si15B10 y aplicado por pulverización térmica de polvo erosionado por una chispa, o Fe B Si C.

El material magnético podría ser tratado por medios adecuados para tener una permeabilidad mayor como se ha descrito en el documento US 3653986.

- 15 El aislamiento de los hilo de un cable existente, siendo típicamente el aislamiento esmalte como en un cable CTC, puede dejarse o puede ser reemplazado por una única capa de material adecuado que tiene tanto la función magnética como aislante. En caso de una capa separada de aislamiento, por ejemplo esmalte, y una capa magnética, las capas pueden ser intercambiadas.

- 20 Además de lo anterior, para facilitar el trayecto para el flujo de fuga, las vueltas en la proximidad de un conducto cuando el cable está dispuesto como un bobinado en un dispositivo electromagnético puede ser cubiertas con tiras magnéticas más gruesas para tener en cuenta el flujo que se curva en los extremos del bobinado. Las tiras pueden actuar como un trayecto magnético para el flujo de fuga y también una protección eléctrica, mejorando por tanto la resistencia a la tensión de descargas eléctricas de un bobinado de disco.

Además de lo anterior, la pérdida por corrientes de Eddy puede también ser reducida redistribuyendo el flujo de fuga utilizando cilindros de cartón prensado en el conducto que tienen una permeabilidad relativa mayor que 1.

- 25 Un bobinado definido por un cable como se ha descrito aquí puede ser sumergido en una cámara de fluido férrico, aislada del líquido aislante.

- 30 Un cable como se ha descrito aquí puede ser utilizado para construir un bobinado para un dispositivo electromagnético. Tal dispositivo electromagnético puede por ejemplo ser un transformador de potencia, un balasto o reactancia o un generador. El cable 10, 10', 10" puede ventajosamente ser utilizado para aplicaciones de alta tensión. Así, el dispositivo electromagnético puede ser beneficiosa mente un dispositivo electromagnético de alta tensión. El cable puede ser utilizado ventajosamente para aplicaciones de 50-60 Hz.

El marco del invento está solamente definido por las reivindicaciones adjuntas y cualquier ejemplo que no sea una realización del invento así definido será considerado solamente con propósitos ilustrativos.

35

**REIVINDICACIONES**

1. Un cable (10, 10', 10") para un bobinado de un dispositivo electromagnético, en el que el cable (10, 10', 10") comprende:  
un conductor (13; 13'; 13"), y
- 5 una capa (17; 17'; 17") que comprende un material magnético que tiene una permeabilidad relativa del orden de 100 a 5000, en el que la capa (17, 17', 17") rodea al menos parcialmente el conductor, en el que la capa es un revestimiento, y caracterizado por que el revestimiento tiene un grosor que es del orden de 200 a 800 µm.
2. El cable (10; 10'; 10") según la reivindicación 1, en el que la capa (17; 17'; 17") rodea completamente del conductor (13; 13'; 13").
- 10 3. El cable (10; 10'; 10") según la reivindicación 1 ó 2, en el que el material magnético es ferromagnético.
4. El cable (10; 10'; 10") según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la capa (17; 17'; 17") comprende varias subcapas dispuestas concéntricamente.
5. El cable (10; 10'; 10") según la reivindicación 4, en el que una de las subcapas dispuestas concéntricamente comprende un material semiconductor.
- 15 6. El cable (10; 10'; 10") según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la capa (17; 17'; 17") es más gruesa en aquellas superficies del conductor (13; 13'; 13") que presentan las vueltas más interiores o más exteriores de un bobinado para una aplicación específica cuando el cable (10; 10'; 10") es formado como un bobinado.
7. El cable (10; 10'; 10") según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la capa (17; 17'; 17") de una de dichas subcapas comprende un material eléctricamente aislante con propiedades magnéticas, en el que las propiedades magnéticas son proporcionadas por el material magnético.
- 20 8. El cable (10; 10'; 10") según la reivindicación 7, en el que el material magnético es dispersado en el material aislante compuesto en forma de partículas magnéticas.
9. El cable (10; 10'; 10") según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el material magnético tiene una conductividad del orden de 100000 siemens por metro o menor.
- 25 10. El cable (10; 10'; 10") según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el material magnético es un material amorfo.
11. El cable (10; 10'; 10") según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el conductor tiene un primer terminal de extremidad y un segundo terminal de extremidad que definen partes del conductor que tienen extensión tanto axial, radial, en que el primer terminal de extremidad y el segundo terminal de extremidad están sin la capa (17; 17'; 17").
- 30 12. Un dispositivo electromagnético que comprende un núcleo magnético y gobernados dispuestos alrededor del núcleo magnético, en el que los bobinados comprenden al menos un cable (10; 10'; 10") de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-11.
13. El dispositivo electromagnético según la reivindicación 12, en el que el dispositivo electromagnético es un transformador de potencia.
- 35 14. Un dispositivo electromagnético que comprende un cable (10; 10'; 10") según cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en el que el dispositivo electromagnético es un dispositivo electromagnético de alta tensión.
15. Un dispositivo electromagnético según la reivindicación 14, en el que el dispositivo electromagnético es un transformador de potencia.



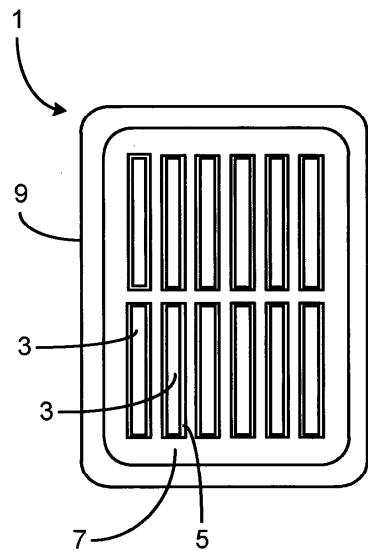


Fig. 1a  
(Técnica anterior)

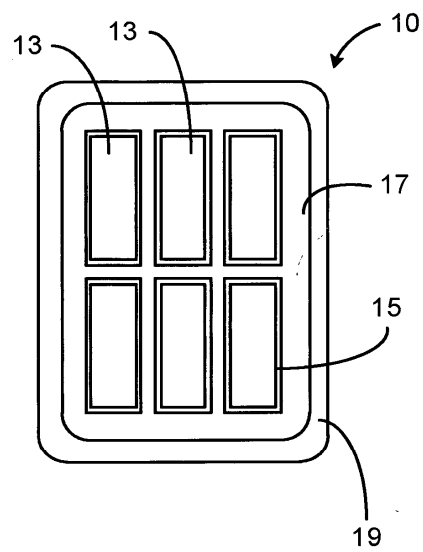


Fig. 1b

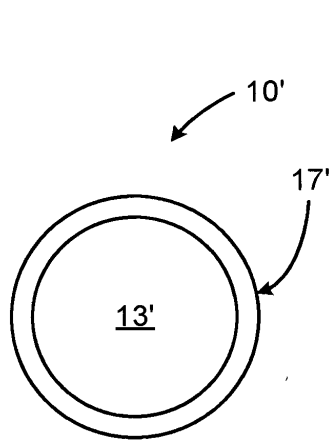


Fig. 2a

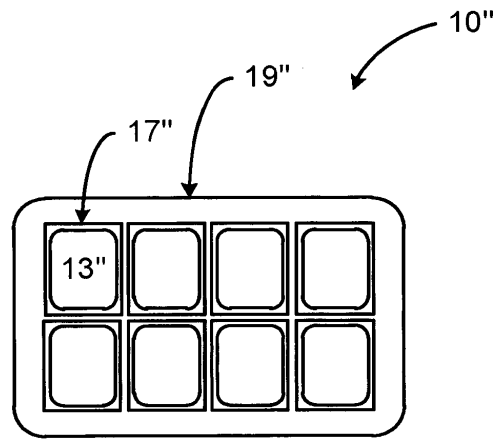


Fig. 2b

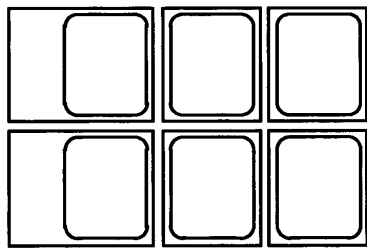


Fig. 3a

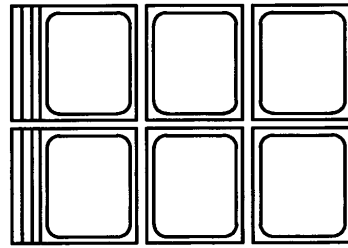
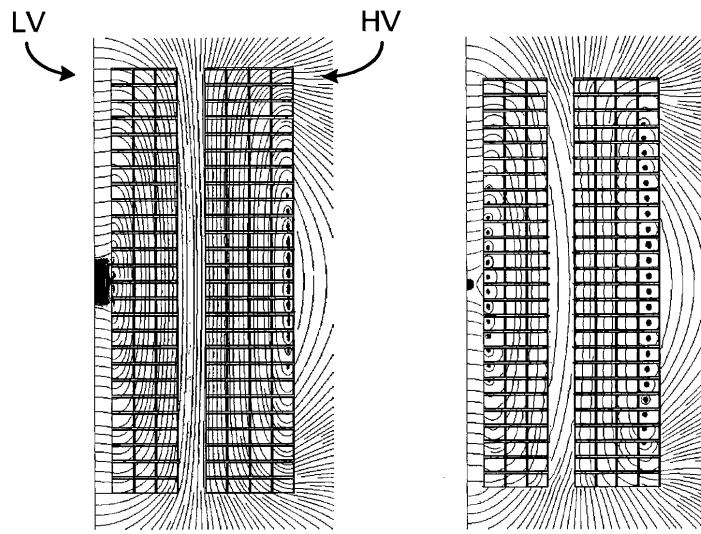


Fig. 3b

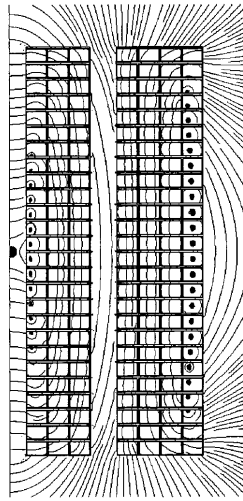


$\mu_r = 1$

$\mu_r = 100$

Fig. 4a

Fig. 4b



$\mu_r = 500$

Fig. 4c

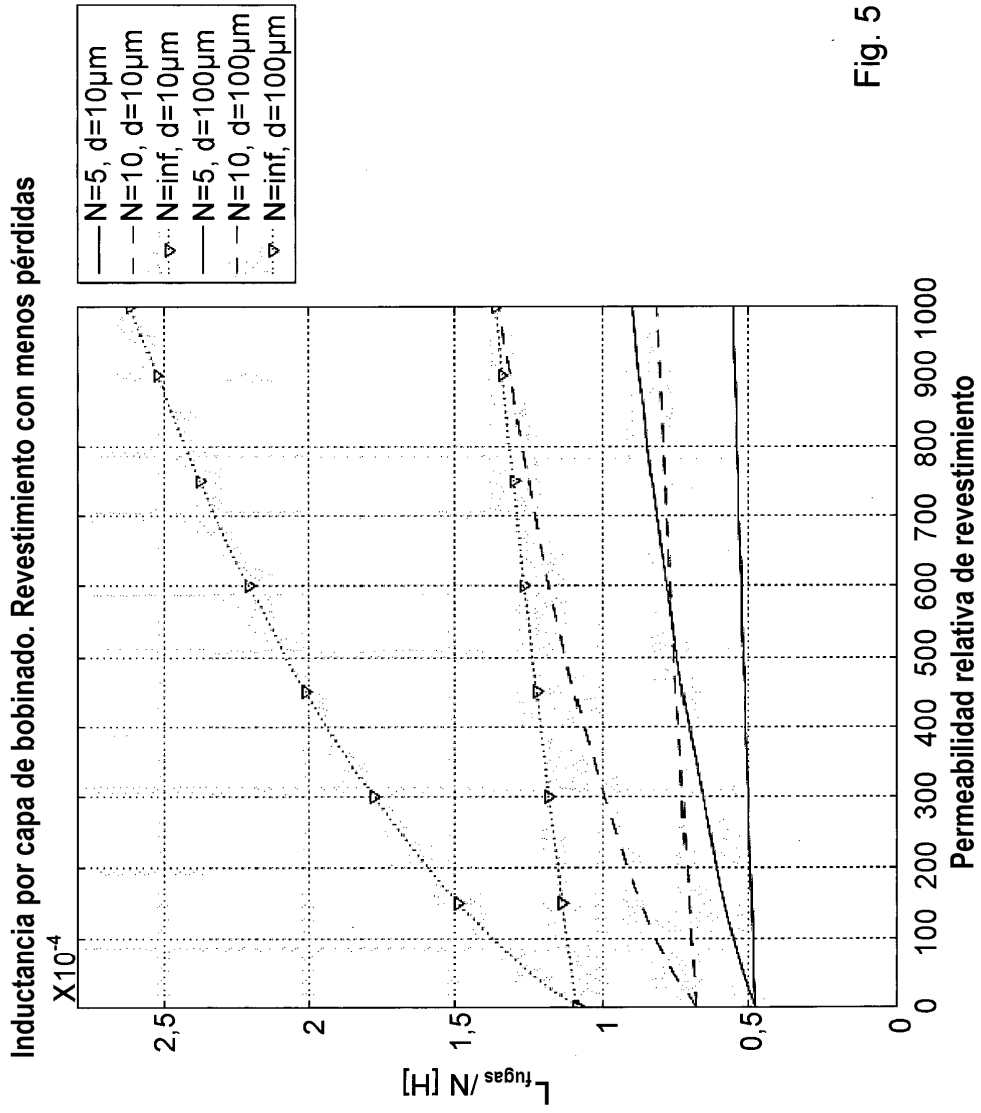


Fig. 5

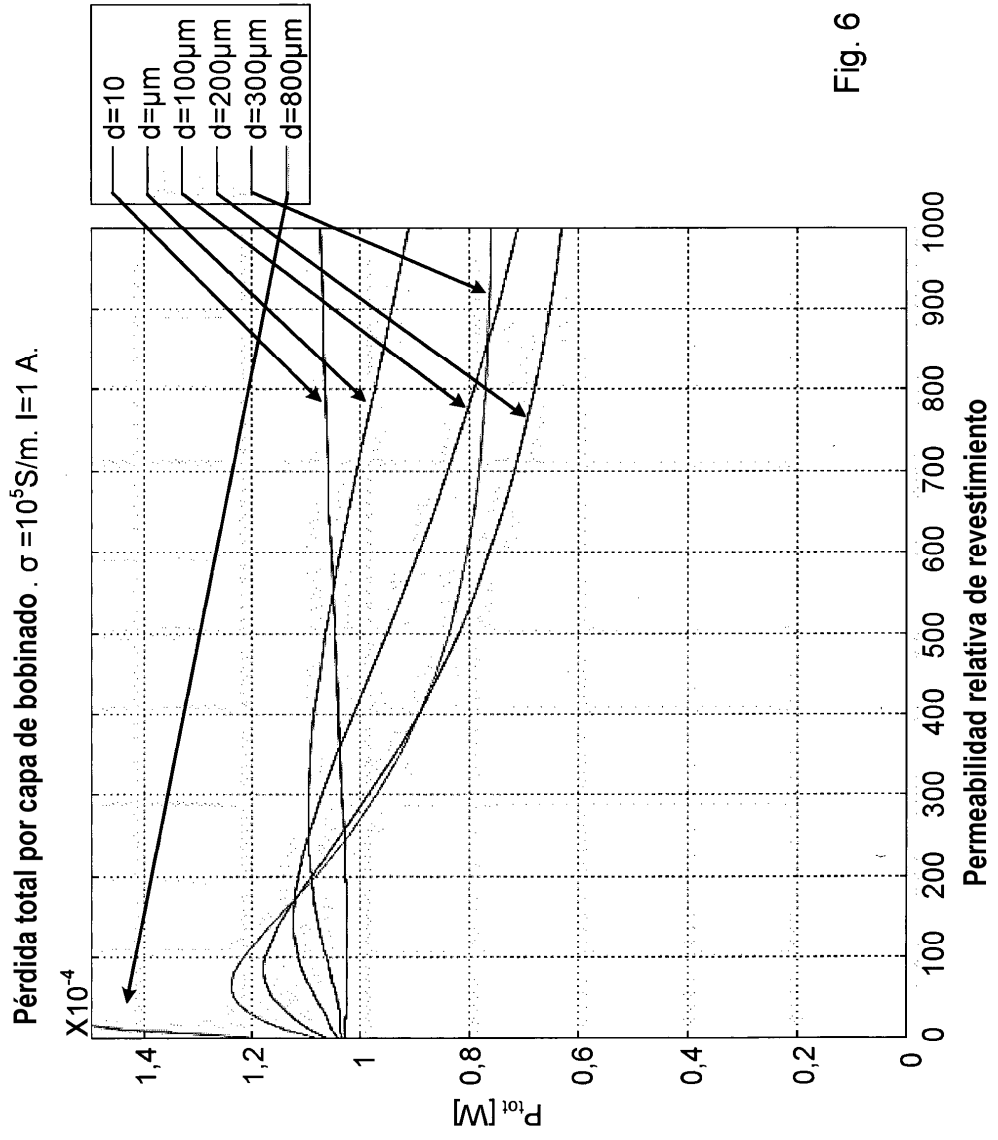


Fig. 6