

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 535 175**

51 Int. Cl.:

**H01F 27/28** (2006.01)

**H01F 27/32** (2006.01)

**H01F 41/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.01.2012 E 12701749 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.03.2015 EP 2673789**

54 Título: **Transformador de tipo seco y método de fabricación de un transformador de tipo seco**

30 Prioridad:

**08.02.2011 EP 11153738**

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

**06.05.2015**

73 Titular/es:

**ABB TECHNOLOGY AG (100.0%)  
Affolternstrasse 44  
8050 Zürich, CH**

72 Inventor/es:

**ROY, CARLOS;  
MURILLO, RAFAEL y  
CEBRIAN LLES, LORENA**

74 Agente/Representante:

**TOMAS GIL, Tesifonte Enrique**

**ES 2 535 175 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**

Transformador de tipo seco y método de fabricación de un transformador de tipo seco

- 5 [0001] La presente invención se refiere a un transformador eléctrico, y más particularmente a un transformador eléctrico de tipo seco que tiene un ensamblaje de bobina mejorada, y a un método de fabricación de un transformador eléctrico de tipo seco.
- 10 [0002] Es muy conocido en la técnica el uso de transformadores eléctricos cuya tarea básica es permitir el intercambio de energía eléctrica entre dos o más sistemas eléctricos normalmente de voltajes diferentes; en la práctica, un transformador convierte electricidad de un voltaje en electricidad de otro voltaje, ya sea de valor mayor o menor.
- 15 [0003] Muchos transformadores eléctricos comunes generalmente comprenden un núcleo magnético compuesto por una o varias patas o brazos conectados por horquillas que juntos forman una o varias ventanas de núcleo; alrededor de las patas están dispuestos ensamblajes de bobina primarios y secundarios correspondientes, donde cada ensamblaje de bobina está compuesto por uno o varios arrollamientos de fase, por ejemplo arrollamientos de bajo voltaje, arrollamientos de alto voltaje. Los arrollamientos de fase se realizan normalmente por embobinado alrededor de unos conductores adecuados de mandril, por ejemplo láminas, hilos o cables, o bandas, para conseguir el número deseado de giros.
- 20 [0004] Algunas técnicas de embobinado típico usadas para formar bobinas son las denominadas técnicas de embobinado de hoja y disco o embobinado de disco de hoja; en la práctica, en la técnica de embobinado de hoja se usa una hoja de ancho completo de conductor eléctrico, mientras en la técnica de embobinado de disco de hoja o de disco se usa una parte de la hoja, es decir que tiene un ancho que se corresponde con el disco que se va a enrollar.
- 25 [0005] El tipo de técnica de embobinado que se utiliza para formar una bobina se determina principalmente por el número de giros de la bobina y la corriente de la bobina.
- 30 [0006] Para arrollamientos de alta tensión con un gran número de giros requeridos, se usa típicamente la técnica de embobinado de disco de hoja o de disco, mientras que para arrollamientos de baja tensión con un número menor de giros requeridos, típicamente se usa la técnica de embobinado de hoja.
- 35 [0007] Un aspecto importante en la fabricación de los transformadores eléctricos reside en su capacidad para ser enfriados; de hecho, durante las operaciones, los transformadores eléctricos generan una cantidad de calor sustancial que debería ser disipada en lo posible para evitar el sobrecalentamiento que afectaría negativamente a los rendimientos eléctricos de los transformadores.
- 40 [0008] Para conseguir el enfriamiento necesario, una solución típica consiste en incluir en los arrollamientos uno o varios sectores de enfriamiento o conductos definidos entre giros adyacentes; dentro de estos sectores de enfriamiento o conductos circula un fluido de refrigeración, aire en caso de transformadores de tipo seco. La forma de realización de sectores de enfriamiento o conductos de aire en los arrollamientos es hasta cierto punto más bien difícil y voluminosa, especialmente cuando los giros se enrollan en una configuración de tipo disco.
- 45 [0009] Además, la inclusión de conductos de aire en un embobinado de un transformador de tipo seco puede suponer una diferencia en la capacitancia eléctrica entre los dos giros adyacentes que delimitan el sector de enfriamiento o conductos de aire y el resto de los propios giros; esto implica una distribución de voltaje desigual sobre los giros durante sacudidas de voltaje de alta frecuencia, por ejemplo impulsos de relámpagos, y puede llevar a roturas del material aislante en el sector de enfriamiento de los conductos de aire.
- 50 [0010] Patente de EE.UU. 3.678.428 divulga un transformador de energía que incluye un protector electrostático colocado entre los arrollamientos de alto y bajo voltaje; el protector está constituido por capas intercaladas de aislamiento y bandas conductoras que se ensamblan sobre un elemento de aislamiento y están colocadas alrededor del embobinado de baja tensión. El protector puede estar conectado a potencial de tierra mediante un cable de cabecera que está conectado a cada banda conductora.
- 55 [0011] La presente invención tiene como objetivo proporcionar un transformador eléctrico de tipo seco y un método de fabricación de un transformador eléctrico de tipo seco con algunas mejoras con respecto al actual estado de la técnica.
- 60 [0012] Por consiguiente, la presente invención se refiere a un transformador eléctrico de tipo seco que comprende:
- un ensamblaje de bobina que incluye al menos un embobinado, dicho al menos un embobinado incluye un conductor eléctrico enrollado alrededor de un eje longitudinal en una pluralidad de giros concéntricos;
  - al menos un sector de enfriamiento definido entre giros adyacentes de dicha pluralidad de giros concéntricos;
- 65

- una pluralidad de espaciadores que están situados dentro de dicho al menos un sector de enfriamiento y están distanciados entre sí para permitir tener una pluralidad de conductos de aire cada uno definido entre dos espaciadores adyacentes de dicha pluralidad de espaciadores;

5 - al menos un protector eléctrico que está situado en dicho al menos un sector de enfriamiento y está dispuesto para proteger eléctricamente dicha pluralidad de conductos de aire, caracterizado por el hecho de que dicho al menos un protector comprende un primer borde terminal que está conectado al giro en el lado interno del sector de enfriamiento, un segundo borde terminal que es libre y eléctricamente aislado de las partes circundantes y una parte central que se extiende entre dichos primer y segundo bordes terminales y está situado en el lado externo de dicha pluralidad de espaciadores.

[0013] También se proporciona conforme a la presente invención un método de fabricación de un transformador de tipo seco que comprende los pasos siguientes:

15 a) embobinado de un conductor eléctrico alrededor de un eje longitudinal en una primera pluralidad de giros concéntricos para formar una primera parte de un embobinado de un ensamblaje de bobina;

b) formación de al menos un sector de enfriamiento por posicionamiento, alrededor del último giro enrollado de dicha primera pluralidad de giros concéntricos, una pluralidad de espaciadores que están espaciados entre sí para formar una pluralidad de conductos de aire cada uno definido entre dos espaciadores adyacentes de dicha pluralidad de espaciadores, y luego continuando el embobinado de dicho conductor eléctrico alrededor de dicho eje longitudinal en una segunda pluralidad de giros concéntricos para formar una segunda parte de dicho embobinado de un ensamblaje de bobina, donde el primer giro de dicha segunda pluralidad de giros concéntricos está situada en el lado externo de dicha pluralidad de espaciadores, caracterizado por el hecho de que dicho paso

20 b) comprende además proporcionar un protector eléctrico en dicho al menos un sector de enfriamiento, dicho protector eléctrico está dispuesto para proteger eléctricamente dicha pluralidad de conductos de aire, y donde dicha proporción de un protector eléctrico en dicho al menos un sector de enfriamiento comprende la conexión de un borde terminal de dicho al menos un protector eléctrico a dicho último giro enrollado de dicha primera pluralidad de giros concéntricos y colocación de una parte central de dicho al menos un protector eléctrico en el lado externo de dicho al menos un sector de enfriamiento entre el lado externo de dicha pluralidad de espaciadores y dicho primer giro enrollado de dicha segunda pluralidad de giros concéntricos y dejando un segundo borde terminal del protector eléctrico libre y eléctricamente aislado de las partes circundantes.

[0014] Las características, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor con respecto a la siguiente descripción, reivindicaciones anexas y dibujos que las acompañan, donde:

la figura 1 es una vista transversal esquemática de un transformador realizado conforme a la presente invención;

la figura 2 muestra esquemáticamente una sección transversal de un embobinado realizado según la invención;

la figura 3 es una vista en perspectiva que ilustra un embobinado de alta tensión realizado según la invención en una configuración tipo disco;

las figuras 4-6 muestran esquemáticamente un embobinado de bobina formado con un método de fabricación de la presente invención.

[0015] Debe observarse que en la descripción detallada que sigue, componentes idénticos tienen los mismos números de referencia, independientemente de si se muestran en diferentes formas de realización de la presente invención. Debería asimismo tenerse en cuenta que para divulgar de forma clara y concisa la presente invención, los dibujos pueden no necesariamente ser a escala y ciertas características de la invención se pueden mostrar de forma algo esquemática.

[0016] Además, el método de fabricación y el transformador de tipo seco según la invención se describen haciendo referencia predominantemente a un transformador de tipo seco de disco de hoja trifásico sin intención ninguna de limitar su posible campo y alcance de aplicación. La figura 1 muestra esquemáticamente una vista interior de un transformador trifásico 10 que contiene una bobina realizada conforme a la presente invención. El transformador 10 comprende tres ensamblajes de bobina 12 (uno para cada fase) montados para un núcleo 18; estos elementos pueden estar encerrados dentro de un alojamiento externo ventilado 20. El núcleo 18 incluye un par de patas externas 22 que se extienden entre un par de horquillas 24. Una pata central 26 también se extiende entre las horquillas 24 y está dispuesta entre y está de forma sustancial uniformemente distanciada de las patas externas 22. Los ensamblajes de bobina 12 están montados en y dispuestos alrededor de las patas externas 22 y la pata interna 26, respectivamente. Cada ensamblaje de bobina 12 comprende un embobinado de alta tensión (que se puede denominar también bobina de alta tensión) 30 y un embobinado de baja tensión (que se puede denominar también bobina de baja tensión), cada uno de los cuales es cilíndrico en su forma. Si el transformador 10 es un transformador reductor, el embobinado de alta tensión o bobina 30 es la bobina primaria y el embobinado de baja tensión o bobina es la bobina secundaria. Alternativamente, si el transformador 10 es un transformador elevador, la bobina de alta tensión 30 es la bobina secundaria y la bobina de baja

tensión es la bobina primaria. En cada ensamblaje de bobina 12, la bobina de alta tensión 30 y la bobina de baja tensión se pueden montar concéntricamente, con la bobina de baja tensión dispuesta dentro y radialmente hacia adentro de la bobina de alta tensión 30. Alternativamente, la bobina de alta tensión 30 y la bobina de baja tensión se pueden montar para estar axialmente separadas, es decir apiladas con la bobina de baja tensión montada por encima o por debajo de la bobina de alta tensión 30.

[0017] Aunque el transformador 10 se muestra y describe como un transformador de distribución trifásico, se debe tener en cuenta que la presente invención no está limitada a transformadores trifásicos o transformadores de distribución. La presente invención se puede utilizar en transformadores monofásicos y transformadores diferentes de los transformadores de distribución.

[0018] Como se ilustra en la figura 2, un ensamblaje de bobina 12 incluye al menos un embobinado que comprende un conductor eléctrico 2 enrollado en una pluralidad de giros concéntricos 3, alrededor de un eje longitudinal 1, es decir un eje que se extiende a lo largo de la pata correspondiente 22 o 26.

[0019] El conductor 2 está compuesto por un metal, tal como cobre o aluminio, y puede ser de cualquier forma adecuada tal como un hilo, cable, etcétera; preferiblemente, en el transformador y el método según la invención, el conductor 2 está compuesto por un metal, tal como cobre o aluminio, en forma de hoja.

[0020] En particular, un embobinado de baja tensión se obtiene por embobinado, por ejemplo un conductor de hoja de ancho completo 2 en una configuración de hoja hasta que se consigue el número deseado de giros; por lo tanto, en este caso el conductor de hoja 2 es fino y rectangular, con una anchura tan amplia como la altura entera (medida paralela al eje de referencia 1) del embobinado 30.

[0021] La figura 3 muestra una de las bobinas de alta tensión o embobinados 30, construido de acuerdo con la presente invención, preferiblemente en una configuración de tipo disco, con una pluralidad de discos 36. En este caso, el conductor 2 está compuesto por un metal tal como cobre o aluminio y tiene forma de una parte de una hoja, es decir, el conductor 2 es fino y rectangular, con una anchura tan amplia como el embobinado de un solo disco 36 que forma.

[0022] En cada configuración, los giros del conductor 2 se enrollan en una dirección radial, uno encima del otro, es decir, un giro por capa. Una capa de material aislante 2a (véase figura 5, por ejemplo) está dispuesta entre cada capa o giro del conductor 2. De esta manera, hay capas alternantes del conductor 2 y del material aislante 2a. El material aislante puede estar compuesto de una película de poliamida, tal como la vendida bajo la marca registrada Nomex<sup>®</sup>; una película de poliamida, tal como la vendida bajo la marca registrada Kapton<sup>®</sup>, o una película de poliéster, tal como la vendida bajo la marca registrada Mylar<sup>®</sup>, o cualquier otro material adecuado.

[0023] Al menos un sector de enfriamiento 4, es decir un espacio para favorecer el enfriamiento, está definido entre los giros adyacentes 3a, 3b de la pluralidad de giros concéntricos 3.

[0024] Una pluralidad de espaciadores 40 están posicionadas, preferiblemente de forma no desmontable, dentro del al menos un sector de enfriamiento 4 y están distanciados entre sí para permitir la formación de una pluralidad de conductos de aire 41. En la práctica, los espaciadores 40 están colocados a lo largo del sector circular definido entre el giro interno 3a y el giro externo 3b que delimita el sector de enfriamiento 4.

[0025] Cada conducto de ventilación 41 está definido entre dos espaciadores adyacentes 40 dentro de este sector circular 4.

[0026] El número de espaciadores 40 y conductos de aire 41 mostrados en las figuras no debería ser interpretado como limitación del alcance de la presente invención; un número superior o inferior de espaciadores 40 y/o conductos 41 se puede utilizar.

[0027] Asimismo, por motivos de simplicidad, la presente invención se describirá haciendo referencia a la presencia de solo un sector de enfriamiento 4; está claro que cada embobinado de un ensamblaje de bobina 12 puede comprender más sectores de enfriamiento 4, cada uno definido entre dos giros adyacentes correspondientes 3.

[0028] Por ejemplo, en caso de embobinados de disco, los espaciadores 40 pueden estar formados por bloques pequeños de material aislante, en cualquier forma adecuada para la aplicación, o en caso de configuración de hoja de ancho completo, por bastones o barras más largos.

[0029] Preferiblemente, los espaciadores 40 están fijados de manera separada entre sí a una pieza de cinta indicada solo en las figuras 4, 5 por el número de referencia 110; la pieza de cinta 110 está enrollada alrededor de al menos una parte de un giro asociado 3.

[0030] Ventajosamente, en el transformador 10 según la invención, al menos un protector eléctrico 50 está situado en el sector de enfriamiento 4 y está dispuesto para proteger eléctricamente la pluralidad de conductos de aire 41.

[0031] Preferiblemente, al menos un protector eléctrico 50 comprende una pieza de conductor eléctrico; según una forma de realización particularmente preferida, el protector eléctrico 50 comprende una pieza de pre-corte adicional 50 del mismo conductor eléctrico 2 que se utiliza para formar la pluralidad de giros concéntricos 3.

5 [0032] Según una forma de realización preferida, y como se muestra en la figura 2, el protector eléctrico 50 comprende: un primer borde final 53 que está eléctricamente conectado al giro 3 en el lado interno del sector de enfriamiento 4; un segundo borde terminal 54 que se deja abierto, es decir, libre de cualquier conexión, y está eléctricamente aislado del área circundante, y en particular de los giros adyacentes. En la práctica, este segundo borde 54 puede estar eléctricamente aislado por plegado alrededor de él de una parte de una capa aislante asociada y permanece libre, cerca  
10 y después del último espaciador 40. Una parte central y en gran medida predominante del protector 50 se extiende casi circunferencialmente entre los dos bordes terminales 53 y 54 y está situado en el lado externo del sector de enfriamiento 4 entre el lado externo de la pluralidad de espaciadores 40 y el giro externo inmediatamente adyacente a los espaciadores en sí.

15 [0033] Haciendo referencia ahora a las figuras 2, 4-6, se describirá en sus pasos esenciales el método de fabricación de uno de los embobinados de alta tensión 30.

[0034] Primero, un conductor de hoja de disco 2 junto con su capa asociada de material aislante 2a se enrolla, por ejemplo alrededor de un mandril 44, hasta que un número deseado de giros de un devanado en disco 36 se obtiene. Por  
20 ejemplo, un medio-disco 36 puede ser inicialmente enrollado.

[0035] Luego, se forma un sector de enfriamiento 4. En particular, un protector eléctrico pre preparado 50 del tipo previamente descrito está provisto y conectado en su extremo terminal 53 al lado externo del último giro enrollado. Esta operación se puede ejecutar manualmente, de forma automática o ambas. Luego, la parte de devanado en disco 36 ya  
25 enrollada se envuelve en el lado externo con un giro de una cinta separadora 110 que comprende una pluralidad de espaciadores separados entre sí 40 fijada a una pieza de cinta aislante 114 compuesta por un material aislante, tal como poliimida, poliamida o poliéster. En el ejemplo ilustrado en las figuras 4-5, los espaciadores 40 tienen una sección transversal rectangular, mientras que en el ejemplo de la figura 2 tienen un perfil redondeado.

[0036] Los espaciadores 40 se fijan por ejemplo a la cinta 114 por un adhesivo y se extienden longitudinalmente a lo largo del ancho de la cinta 114. La cinta separadora 110 se envuelve sobre el embobinado de medio-disco 36 para formar un único giro de manera que la cinta 114 colinde con el embobinado de medio-disco enrollado 36 y los  
30 espaciadores 40 se extiendan hacia afuera en dirección radial como rayos. Los extremos de cada pieza de cinta separadora 110 se pueden unir juntos (tal como por cinta adhesiva) para formar un bucle que esté dispuesto en dirección radial hacia afuera del embobinado de medio disco 36. El bucle se puede fijar al embobinado en disco 36 en dirección radial hacia adentro. En lugar de usar una pieza separada de la cinta separadora 110 para formar el giro único, la cinta separadora 110 puede ser parte de una cinta aislante 114 de larga longitud que se utilice para formar un embobinado en disco externo 36 sobre los espaciadores 40.

[0037] Después de que el embobinado de medio disco interno 36 se ha envuelto con una pieza de cinta separadora 110, el segundo embobinado de medio disco externo 36 se forma sobre el bucle de la cinta separadora 110 para ser soportado en los espaciadores 40 y separado del embobinado de medio disco interno 36. En particular, antes de  
35 continuar embobinando el conductor 2 y formar el segundo medio disco 36, el protector eléctrico 50 se sitúa para ser enrollado sustancialmente junto con el primer giro del segundo medio disco 36.

[0038] Más en detalles, el protector 50 se enrolla junto con el conductor 2; en particular, la pieza de conductor 51 se envuelve sobre el lado externo del espaciador 40, luego hay una capa de material aislante 2a y parte asociada del conductor 2. Después de que el protector 50 está enrollado, el segundo borde 54 permanece libre y eléctricamente  
40 aislado de las partes circundantes. Luego, capas alternantes del material aislante 2a y del conductor 2 continúan siendo enrolladas hasta que el embobinado de medio disco externo 36 se forma por un número de giros concéntricos deseado 3; de esta manera, cuando el embobinado de disco externo 36 está completado, los medio discos internos y externos 36 están separados por una serie de espacios dispuestos circunferencialmente separados por los espaciadores 40 como se muestra por ejemplo en la figura 3.

[0039] Estas operaciones se repiten para cada disco 36 hasta que el número deseado de discos 36 que forma el embobinado 30 se consigue con los espaciadores 40 y los conductos de aire 41 de los varios discos 36 que están alineados a lo largo de la longitud axial de la bobina de alta tensión 30. De esta manera, cuando la formación del embobinado de disco está completada, los espaciadores alineados 40 forman una serie de pasajes (mostrados en la  
50 figura 3 y 6) que se extienden axialmente a través de la bobina de alta tensión parcialmente formada 30 y formando conductos de aire 41.

[0040] Si el embobinado 30 tiene que ser fundido, por ejemplo con resina, algunas barras de plástico desmontables o espaciadores 43 (ilustrados en las figuras 2 y 6) se insertan en los espacios entre los espaciadores 40 después de que el embobinado está completado. Una vez el embobinado 30 está fundido, entonces las barras 43 se retiran. Las barras  
55 43 son útiles para dar una forma final definida a los conductos de aire 41 y preferiblemente tienen una forma cónica para

facilitar su extracción. Además, piezas de material flexible se pueden localizar al final de las barras 43 para proporcionar un buen ajuste en el molde de fundición.

5 [0041] Las barras desmontables 43 no se necesitan si el embobinado no se funde, en cuyo caso los conductos de aire 41 se forman sustancialmente por los espacios definidos entre espaciadores adyacentes 40.

10 [0042] Los pasos anteriores son aproximadamente iguales en el caso de que un conductor de hoja de ancho completo 2 sea enrollado; en este caso los espaciadores 40 pueden ser en forma de barra o bastón con una longitud (medida en una dirección paralela al eje longitudinal 1) cercana al ancho del conductor de hoja 2.

15 [0043] La presencia de conductos de aire 41 en los embobinados aumenta la superficie de refrigeración del transformador y por lo tanto su capacidad para liberar calor al ambiente; además, el protector eléctrico 50, que en la práctica constituye una especie de giro adicional, permite reducir sustancialmente una caída de voltaje que se puede producir en ambos lados de los conductos de aire.

20 [0044] Debe entenderse que la descripción de la forma o formas de realización ejemplares anteriormente mencionadas está destinada a ser sólo ilustrativa, más que exhaustiva, de la presente invención. Los expertos en la materia serán capaces de hacer ciertas adiciones, deleciones y/o modificaciones a la forma o formas de realización del objeto descrito sin apartarse del espíritu de la invención o de su alcance, tal y como se define por las reivindicaciones anexas.

25 [0045] Por ejemplo, en la descripción mencionada anteriormente por razones de simplicidad, se describió la presencia de sólo un sector de enfriamiento 40 y conductos de aire 41 relacionados; claramente, al embobinar, se pueden realizar un número deseado de sectores de enfriamiento (con espaciadores y conductos de aire correspondientes), con cada sector de enfriamiento definido en una ubicación radial deseada entre giros sucesivos; el número, tipo, forma y tamaño de los espaciadores puede ser cualquiera dependiendo de la aplicación específica siempre que sean compatibles con el propósito de la presente invención, etc.; el protector eléctrico 50 puede estar hecho de o comprender una pieza de diferente conductor, o incluso estar asociado a una capa adicional de material eléctricamente aislante que está operativamente asociado a la pieza de pre-corte de conductor eléctrico.

30

REIVINDICACIONES

1. Transformador eléctrico de tipo seco (10) que comprende:

5 - un ensamblaje de bobina (12) que incluye al menos un embobinado (30), dicho al menos un embobinado (30) incluye un conductor eléctrico (2) enrollado alrededor de un eje longitudinal (1) en una pluralidad de giros concéntricos (3);

10 - al menos un sector de enfriamiento (4) definido entre giros adyacentes de dicha pluralidad de giros concéntricos (3);

15 - una pluralidad de espaciadores (40) que están situados dentro de dicho al menos un sector de enfriamiento (4) y están separados entre sí para permitir que tengan una pluralidad de conductos de aire (41) cada uno definido entre dos espaciadores adyacentes de dicha pluralidad de espaciadores (40);

20 - al menos un protector eléctrico (50) que está situado en dicho al menos un sector de enfriamiento (4) y está dispuesto para proteger eléctricamente dicha pluralidad de conductos de aire (41), **caracterizado por el hecho de que** dicho al menos un protector eléctrico (50) comprende un primer borde terminal (53) que se conecta al giro en el lado interno del sector de enfriamiento (4), un segundo borde terminal (54) que es libre y eléctricamente aislado de las partes circundantes y una parte central que se extiende entre dicho primero y segundo bordes terminales (53, 54) y está situado en el lado externo de dicha pluralidad de espaciadores (40).

25 2. Transformador eléctrico de tipo seco (10) según la reivindicación 1, donde dicho al menos un protector eléctrico (50) comprende una pieza de conductor eléctrico.

30 3. Transformador eléctrico de tipo seco (10) según la reivindicación 2, donde dicho al menos un protector eléctrico (50) comprende una pieza de pre-corte adicional de dicho conductor eléctrico (2) que forma dicha pluralidad de giros concéntricos (3).

35 4. Transformador eléctrico de tipo seco (10) según una o más de las reivindicaciones precedentes, donde comprende una pieza de cinta (114) que tiene los espaciadores (40) fijados a ella de manera espaciada.

5. Transformador eléctrico de tipo seco (10) según una o más de las reivindicaciones precedentes, donde dicho conductor eléctrico (2) se enrolla en una configuración de tipo hoja o de tipo disco alrededor de dicho eje longitudinal (1).

6. Método de fabricación de un transformador de tipo seco (10) que comprende los pasos siguientes:

40 a) embobinado de un conductor eléctrico (2) alrededor de un eje longitudinal (1) en una primera pluralidad de giros concéntricos (3) para formar una primera parte de un embobinado (30) de un ensamblaje de bobina (12);

45 b) formación de al menos un sector de enfriamiento (4) colocando, alrededor del último giro enrollado de dicha primera pluralidad de giros concéntricos (3), una pluralidad de espaciadores (40) que están espaciados entre sí para formar una pluralidad de conductos de aire (41) cada uno definido entre dos espaciadores adyacentes de dicha pluralidad de espaciadores (40), y luego continuando embobinando dicho conductor eléctrico (2) alrededor de dicho eje longitudinal (1) en una segunda pluralidad de giros concéntricos (3) para formar una segunda parte de dicho embobinado (30) de un ensamblaje de bobina (12), donde el primer giro de dicha segunda pluralidad de giros concéntricos (3) se sitúa en el lado externo de dicha pluralidad de espaciadores (40), **caracterizado por el hecho de que** dicho paso b) comprende además proporcionar un protector eléctrico (50) en dicho al menos un sector de enfriamiento (4), dicho protector eléctrico (50) está dispuesto para proteger eléctricamente dicha pluralidad de conductos de aire (41), y donde dicha provisión de un protector eléctrico (50) en dicho al menos un sector de enfriamiento (4) comprende la conexión de un borde terminal (53) de dicho al menos un protector eléctrico a dicho último giro enrollado de dicha primera pluralidad de giros concéntricos y colocación de una parte central de dicho al menos un protector eléctrico en el lado externo de dicho al menos un sector de enfriamiento (4) entre el lado exterior de dicha pluralidad de espaciadores (40) y dicho primer giro enrollado de dicha segunda pluralidad de giros concéntricos (3) y dejando un segundo borde terminal (54) del protector eléctrico libre y eléctricamente aislado de las partes circundantes.

60 7. Método según la reivindicación 6, donde dicha provisión de un protector eléctrico (50) en dicho al menos un sector de enfriamiento (4) comprende la provisión de una pieza de conductor eléctrico.

8. Método según la reivindicación 7, donde dicha provisión de un protector eléctrico (50) en dicho al menos un sector de enfriamiento (4) comprende la provisión de una pieza de pre-corte adicional de dicho conductor eléctrico (2) que forma dicha primera y segunda pluralidad de giros concéntricos (3).

65 9. Método según una o más de las reivindicaciones 6-8, donde comprende además:

- después de acabar el embobinado, inserción de una pluralidad de barras desmontables (43) en dicho al menos un sector de enfriamiento (4); y

5

- fundido del embobinado (30) previamente enrollado;

- eliminación de dicha pluralidad de barras desmontables (43).

10

10. Método según la reivindicación 6, donde dicha colocación alrededor del último giro enrollado de dicha primera pluralidad de giros concéntricos (3) de una pluralidad de espaciadores (40) comprende provisión de una pieza de cinta (114) que mantiene los espaciadores (40) fijados a ella de manera separada y embobinado de la pieza de cinta alrededor de al menos una parte de dicho último giro enrollado de dicha primera pluralidad de giros concéntricos (3).

11. Método según una o más de las reivindicaciones 6-10, donde dicho conductor eléctrico (2) está enrollado en una configuración de tipo disco o de tipo hoja alrededor de dicho eje longitudinal (1).

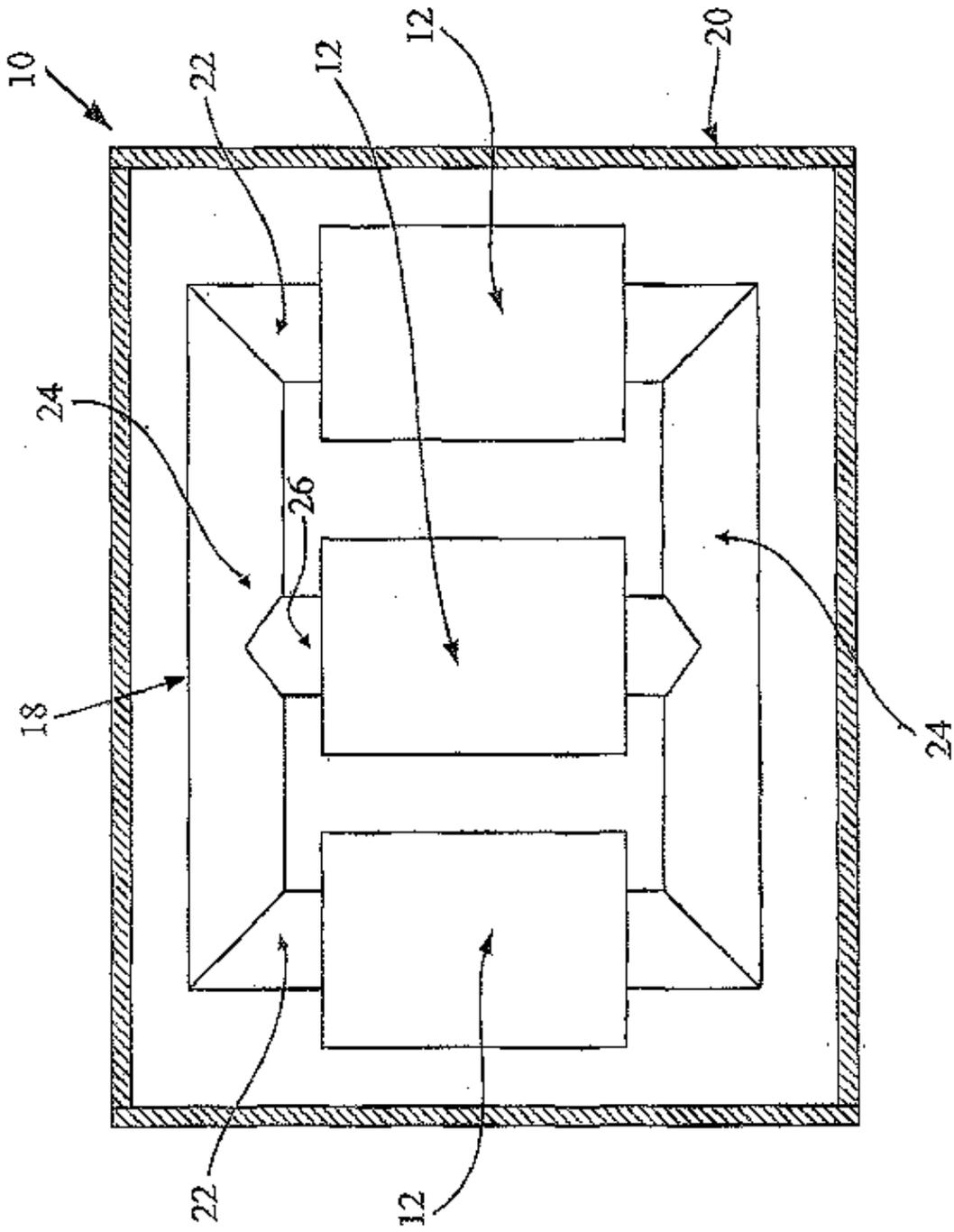


Fig. 1

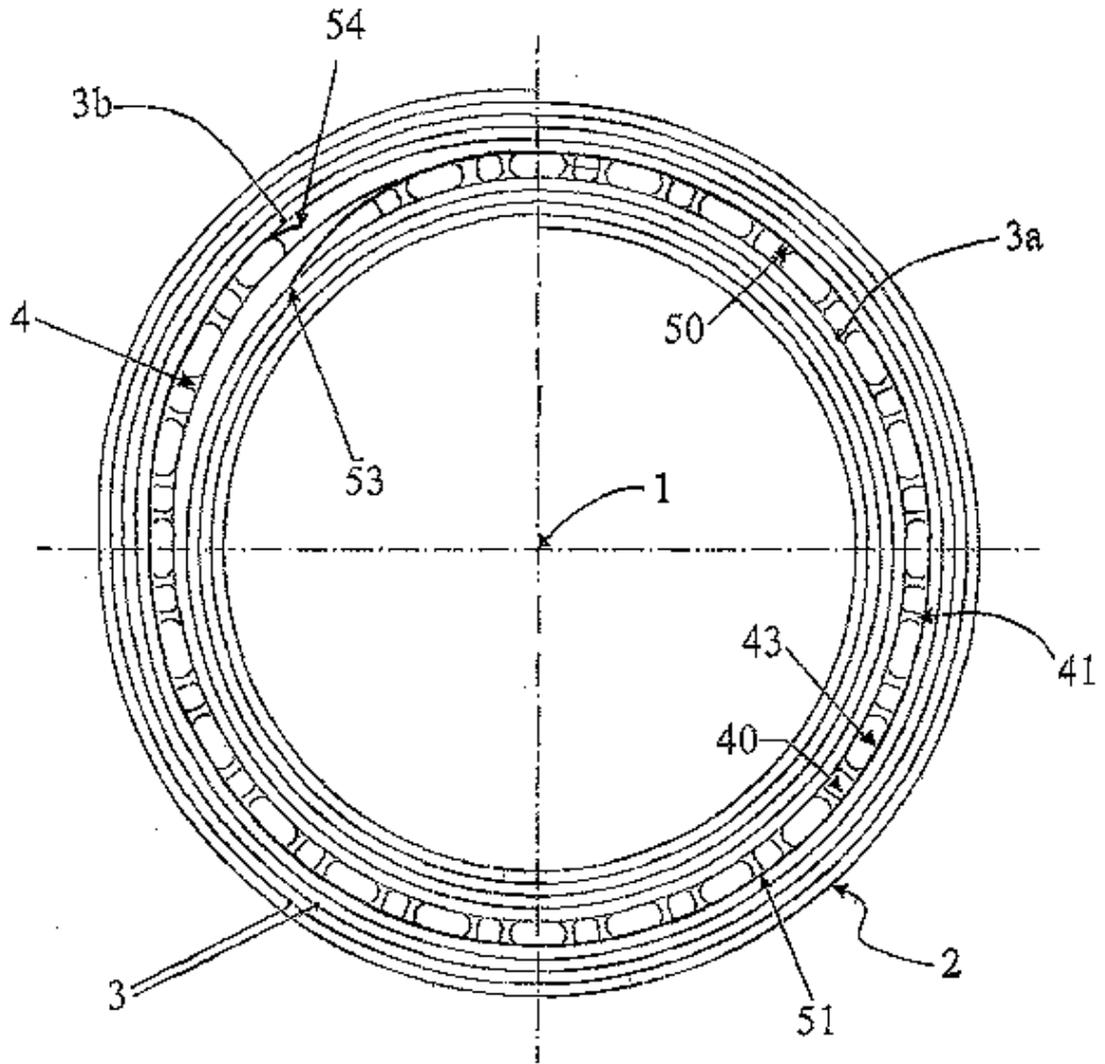


Fig. 2

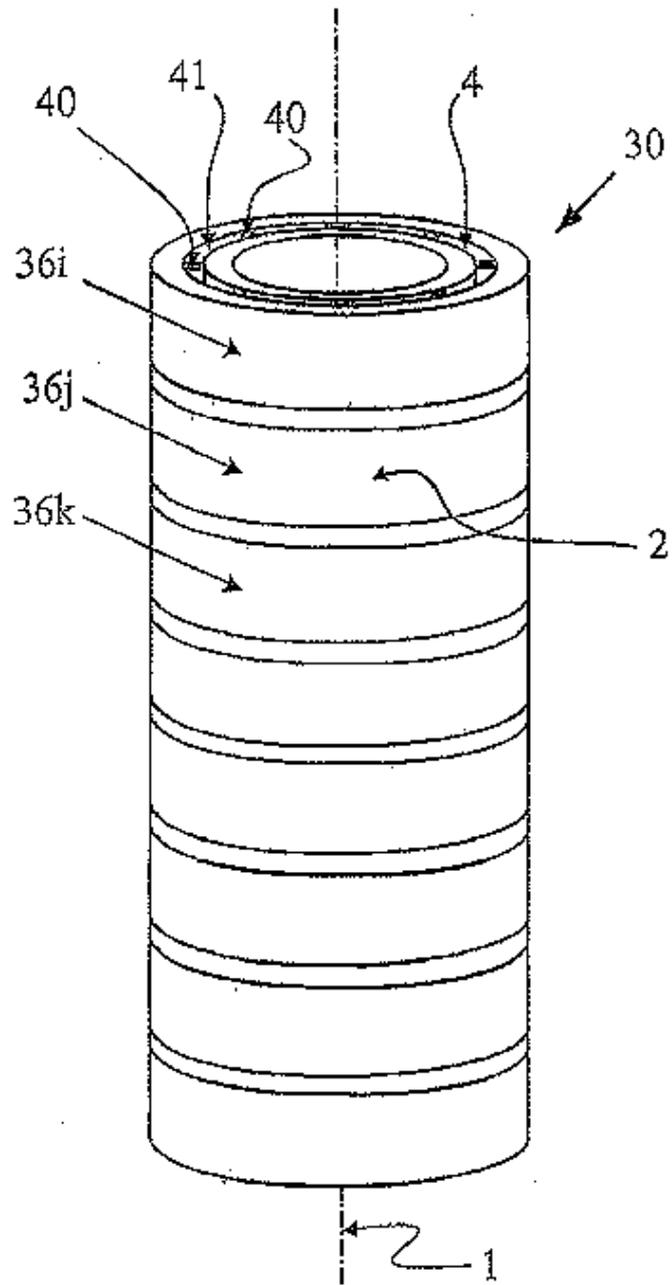


Fig. 3

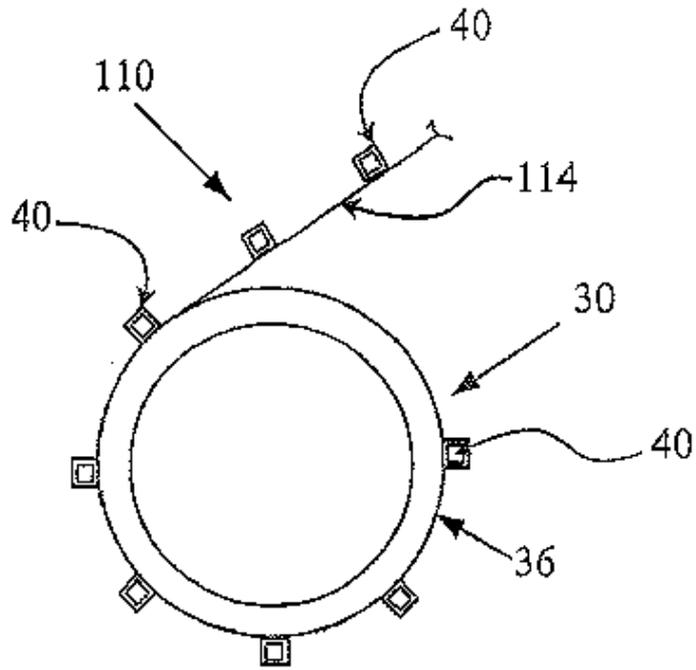


Fig. 4

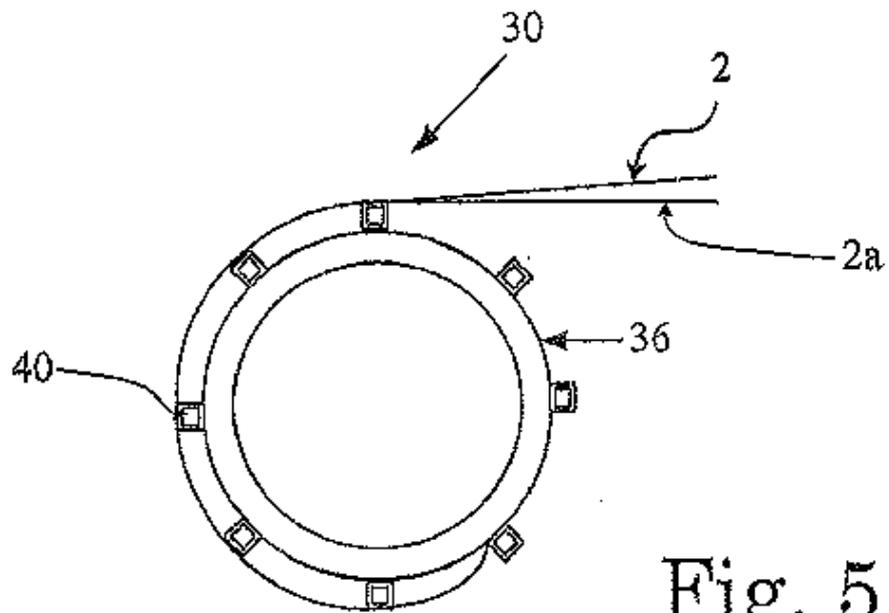


Fig. 5

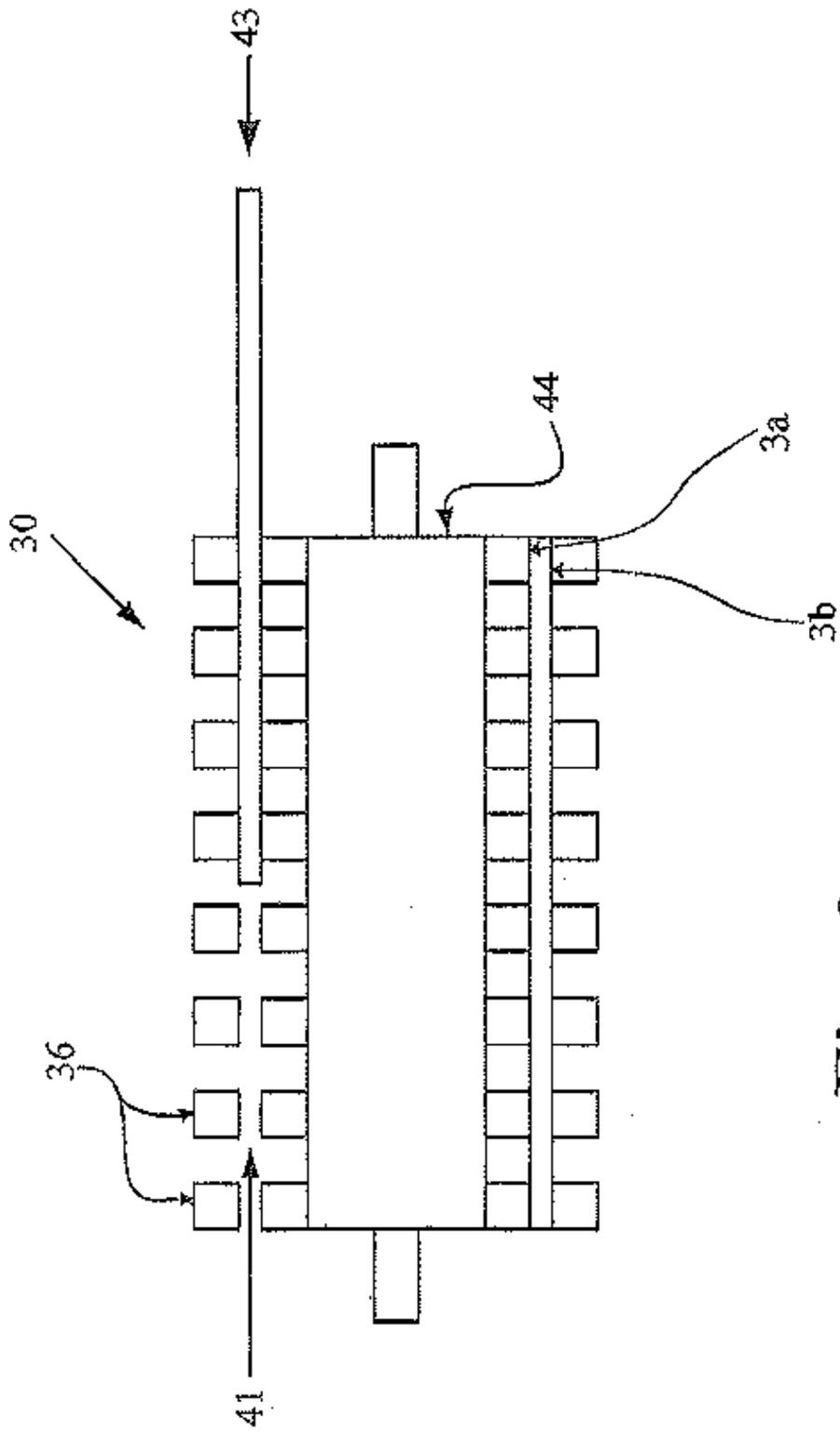


Fig. 6