



①9



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①1 Número de publicación: **2 269 128**

⑤1 Int. Cl.:
H01F 27/25 (2006.01)
H01F 41/02 (2006.01)

①2

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑧6 Número de solicitud europea: **00921014 .7**
⑧6 Fecha de presentación : **27.04.2000**
⑧7 Número de publicación de la solicitud: **1279177**
⑧7 Fecha de publicación de la solicitud: **29.01.2003**

⑤4 Título: **Núcleos de transformador de tiras devanadas y a uno de sus procedimientos de fabricación.**

④5 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.04.2007

④5 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.04.2007

⑦3 Titular/es: **A.T.T. Advanced Transformer Technologies (1998) Ltd.**
Ha'Atzmaut Street 1
Even Yehuda 40500, IL

⑦2 Inventor/es: **Adar, Eliezer**

⑦4 Agente: **Ponti Sales, Adelaida**

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

Núcleos de transformador de tiras devanadas y a uno de sus procedimientos de fabricación.

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a núcleos de transformador de tiras devanadas y a uno de sus procedimientos de fabricación.

10 **Antecedentes de la invención**

Un transformador es un dispositivo eléctrico conocido usado ampliamente para transferir la energía de una corriente alterna del devanado primario a la correspondiente a uno o más devanados secundarios mediante inducción electromagnética. Típicamente contiene dos o más circuitos eléctricos que comprenden devanados primarios y secundarios, realizado cada uno de ellos a partir de una bobina de múltiples espiras de conductores eléctricos con uno o más núcleos magnéticos que acoplan las bobinas transfiriendo un flujo magnético entre ellos.

Típicamente, los núcleos de los transformadores eléctricos se forman con laminaciones de acero al silicio con una alta orientación del grano. El procedimiento más habitual para fabricar un transformador de este tipo consiste en devanar el núcleo de forma independiente con respecto a una bobina o bobinas preformadas con las cuales se unirá finalmente dicho núcleo. Con este fin, en el núcleo se forma una unión por la cual se pueden separar las laminaciones del núcleo para abrir el mismo y de este modo facilitar la inserción del núcleo en la(s) ventana(s) de las bobinas. Típicamente, las uniones de los núcleos devanados son de los tipos denominados de unión escalonada a tope (*step-butt joint*) o de unión escalonada con solape (*step-lap joint*).

La patente US n.º 1.164.288 da a conocer una técnica de fabricación de un núcleo magnético cilíndrico para un transformador de potencia. El núcleo magnético se realiza a partir de tiras enrolladas, en las que el núcleo presenta una dimensión axial mayor que la anchura de la tira. Para fabricar el núcleo, una pluralidad de capas de las tiras de acero magnéticas se enrolla simultáneamente para formar el núcleo cilíndrico. La suma de la anchura de las tiras en cada capa es igual a la dimensión axial del núcleo, y por lo menos un borde longitudinal de cada tira está al tresbolillo en relación con los correspondientes a las espiras contiguas de la bobina resultante.

A partir de la descripción de la patente US n.º 2.909.742 se sabe que para obtener una altura deseada del núcleo de un transformador, se puede apilar una serie de toroides uno sobre otro. No obstante, esta técnica experimenta pérdidas de energía provocadas por la introducción inevitable de entrehierros no deseados entre cada dos toroides contiguos.

Se han realizado avances importantes en las aleaciones magnéticas amorfas destinadas a ser usadas como material del núcleo para transformadores ya que las mismas son materiales con pérdidas inferiores en comparación con el acero de grano. No obstante, los materiales amorfos recocidos resultan extremadamente frágiles, y por lo tanto se rompen cuando se sitúan bajo esfuerzos mecánicos, por ejemplo, durante la fase de cierre de las uniones del núcleo. Se han desarrollado varias técnicas destinadas a facilitar la fabricación de un núcleo de transformador devanado (10) a partir de tiras amorfas, en las que el núcleo presenta uniones en una zona localizada del mismo que posibilitan abrir el núcleo para permitir su inserción en la ventana de una estructura de bobina preformada. Estas técnicas se dan a conocer, por ejemplo, en las siguientes patentes: US 4.789.849; US 4.790.064; US 4.893.400; US 5.398.402; US 5.398.403; US 5.329.270; US 5.347.746, US 5.548.887.

La patente US n.º 4.413.406 da a conocer un procedimiento para formar núcleos para un transformador eléctrico, y también da a conocer los núcleos realizados a partir de dicho procedimiento. En una de las realizaciones, un núcleo de metal amorfo presenta unas laminaciones superpuestas relativamente gruesas, compuestas por láminas de metal amorfo relativamente finas. Las láminas de metal amorfo se calientan y se unen entre sí por medio de un agente de unión metálico para formar paquetes de metal amorfo relativamente gruesos para las laminaciones superpuestas del núcleo. El calentamiento y la unión de las láminas de metal amorfo reducen los esfuerzos mecánicos inducidos normalmente en el metal amorfo durante el proceso de fabricación. En otra de las realizaciones, un núcleo híbrido presenta laminaciones superpuestas algunas de las cuales comprenden láminas de metal amorfo no cristalino y una o más láminas de metal de acero al silicio cristalino.

El documento WO 91/12960 da a conocer una tira laminada de metal amorfo que tiene una primera capa con por lo menos dos tiras, una junto a otra, de metal amorfo de anchuras desiguales, y una segunda capa con por lo menos dos tiras, una junto a otra, de metal amorfo de anchuras desiguales, estando las capas en orden inverso con respecto a las anchuras de las tiras de tal manera que las tiras más anchas se superponen y forman un patrón de tipo mampostería en sección transversal. Entre las capas se dispone un material de unión polimérico flexible. Uno de los procedimientos para fabricar la tira laminada de metal amorfo incluye la obtención de rollos de metal, el posicionamiento de los rollos en tiras con anchuras diferentes, la aplicación del material de unión, la aplicación de presión mientras se hace avanzar el laminado, y el corte del laminado.

Resumen de la invención

En la técnica existe la necesidad de proporcionar un procedimiento y un aparato novedosos para fabricar un núcleo de un transformador de una altura deseada a partir de una pluralidad de tiras finas realizadas con un material magnético que presenten propiedades magnéticas predeterminadas, en las que la anchura disponible de dicha tira es menor que la altura deseada del núcleo.

La idea principal de la presente invención consiste en el uso de un número deseado de capas de tiras magnéticas que se van a devanar simultáneamente para formar un núcleo de transformador de tipo toroidal, sustancialmente cilíndrico, de una altura deseada para soportar un bloque de bobina montado en el mismo. La construcción es tal que cada capa se forma con un número deseado de tiras dispuestas a lo largo del eje longitudinal del núcleo, y las capas de un número deseado están dispuestas específicamente en relación mutua. Esta construcción está destinada a proporcionar la distribución óptima del flujo magnético en el interior de las tiras en las capas. El número de tiras en la capa viene dictado por la altura del núcleo del transformador y por las anchuras disponibles de las tiras magnéticas. El número de capas viene dictado por las propiedades magnéticas del material magnético con el cual se realizan las tiras. En cuanto al grosor del devanado resultante, el mismo viene dictado por los parámetros eléctricos y mecánicos del transformador, tales como la altura y la sección transversal del núcleo, y la frecuencia y la potencia nominal del transformador.

De este modo, según un aspecto de la presente invención, se proporciona un núcleo de transformador destinado a ser usado en un transformador de distribución de potencia, presentando el núcleo del transformador una altura deseada y una forma toroidal sustancialmente cilíndrica, en el que:

- el núcleo del transformador es en forma de una estructura multicapa devanada con respecto a un eje central del toroide;

- cada capa en la estructura está compuesta por un número predeterminado de tiras magnéticas dispuestas a lo largo de dicho eje central, existiendo naturalmente entrehierros entre cada dos tiras contiguas de la capa, siendo tal el número predeterminado de las tiras que la suma de las anchuras de dichas tiras es sustancialmente igual a dicha altura deseada del núcleo;

- el número requerido n de capas en dicha estructura viene definido por las propiedades magnéticas de las tiras, y las capas están desplazadas una con respecto a otra una distancia predeterminada a lo largo de dicho eje central de tal manera que sobre cada uno de los entrehierros en una capa se superponen $(n-1)$ tiras de las otras capas de la estructura.

Se sabe que las tiras disponibles comercialmente realizadas con metales amorfos están caracterizadas por un valor de trabajo de la inducción magnética, B_w , de aproximadamente 1,35 T, y el valor de saturación de la inducción magnética, B_{sat} , de aproximadamente 1,55 T. De este modo, el número n de las capas debería ser tal que un flujo magnético creado en la primera capa (la más superior) y que fluya a lo largo del eje longitudinal de la capa, al mismo tiempo que llega hasta un entrehierro en su camino y pasa a través de la totalidad del resto de capas en una dirección transversal para volver a la primera capa, no provoque la saturación de la inducción magnética en otras capas.

Hablando en términos generales, el número de capas debería satisfacer la siguiente relación: $n \geq B_w I (B_{sat} - B_w)$, siendo n un entero. Considerando los parámetros anteriores de las tiras amorfas disponibles comercialmente, el valor mínimo de n es 7.

La distancia predeterminada que define el desplazamiento entre cada dos capas contiguas es tal que sobre cada uno de los entrehierros en una capa se superponen $(n-1)$ tiras de las otras capas de la estructura.

Tal como se ha indicado anteriormente, el número de tiras de la capa queda definido por la altura deseada del núcleo del transformador, a saber la suma de la anchura de las tiras de la capa es sustancialmente igual a la altura del núcleo. Debería entenderse que, para aplanar las superficies superior e inferior del núcleo, el número de tiras en las capas extremas de la estructura total (capas 1ª y 7ª) es diferente con respecto al de las capas intermedias. Las dos tiras extremas opuestas en cada una de las capas intermedias tienen una anchura menor que la correspondiente a las otras tiras en la capa.

En un devanado resultante, en el que cada espira del devanado está formada por la estructura multicapa antes descrita, sobre cada entrehierro de la capa intermedia se superponen a su vez las $(n-1)$ tiras de otras capas. En este caso, algunas de las tiras superpuestas presentan la estructura de la misma espira y las otras presentan la estructura de una espira contigua.

Las capas de tiras se devanan simultáneamente siendo alimentadas desde un número correspondiente de carretes (por ejemplo, 7 carretes). A saber, los carretes están alineados en una formación, alimentando cada carrete una correspondiente de entre las siete capas de tiras. Las tiras se alimentan desde el carrete con el desplazamiento predeterminado entre las capas. Con este fin, los carretes se pueden preparar de tal manera que la capa de tiras devanada sobre cada uno de los carretes esté dispuesta con respecto a la capa de tiras devanada sobre los otros carretes de una manera correspondiente a la disposición de capas en el núcleo resultante. Como alternativa, los carretes se pueden devanar de forma idéntica con las capas de tiras, aunque montados con el desplazamiento deseado en relación mutua.

De este modo, según otro aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de fabricación de un núcleo de transformador según la reivindicación 4.

Según todavía otro aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato para fabricar un núcleo de transformador según la reivindicación 9.

La presente invención se puede usar para fabricar un transformador trifásico. Un circuito magnético de un transformador de este tipo está compuesto por tres núcleos de transformador, construido cada uno de ellos tal como se ha descrito anteriormente (para soportar, respectivamente, tres bloques de bobina) y dos elementos de tipo placa, paralelos, separados entre sí, fijados, respectivamente, a las superficies superior e inferior de los núcleos del transformador. En otras palabras, los núcleos del transformador con los bloques de bobina montados sobre ellos quedan cerrados entre las placas superior e inferior del circuito magnético. Los núcleos del transformador están separados a intervalos de 120 grados con respecto a un eje vertical central de la estructura global del transformador. Los núcleos están separados entre sí y con respecto a los elementos de tipo placa por unos separadores aislantes. Todos los separadores se pueden formar a partir de plástico con una sustancia de carga de un polvo magnético con una concentración de entre el 20 y el 50%.

Las placas y los núcleos se pueden formar a partir de tiras amorfas. La placa puede tener una forma sustancialmente triangular con bordes redondeados, o una forma circular que simplifique el proceso tecnológico de su fabricación. El elemento de tipo placa puede ser un toroide fabricado de forma similar a la del núcleo del transformador, tal como se ha descrito anteriormente.

Las ventajas de la construcción anterior de un transformador trifásico son las siguientes. La disposición de los elementos de tipo placa de una forma triangular con esquinas redondeadas permite una transferencia eficaz del flujo magnético entre los tres circuitos elementales de tipo columna cerrados entre las placas. La disposición de los circuitos elementales de tipo columna formados por uno o más tiroides producidos mediante el devanado de las tiras amorfas, posibilita la obtención de una altura deseada de la columna de forma independiente con respecto a la anchura limitada de la tira. Seleccionando adecuadamente las dimensiones de los elementos del circuito magnético (es decir, el diámetro de cada núcleo del transformador y cada uno de los elementos de tipo placa), se pueden conseguir las propiedades deseadas del transformador.

Breve descripción de los dibujos

Para entender la invención y averiguar cómo la misma puede llevarse a la práctica, a continuación se describirá una realización preferida, por medio solamente de un ejemplo no limitativo, haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

la Fig. 1A ilustra esquemáticamente un núcleo de transformador según la invención;

la Fig. 1B ilustra parcialmente una sección transversal del núcleo del transformador de la Fig. 1A;

la Fig. 2 ilustra más específicamente los fundamentos de la disposición de las capas en el núcleo de las Figs. 1A-1B;

la Fig. 3 ilustra esquemáticamente los componentes principales de un aparato para fabricar el núcleo del transformador de las Figs. 1A-1B;

la Fig. 4 es una ilustración esquemática de un transformador trifásico que hace uso del núcleo del transformador de la presente invención.

Descripción detallada de ejemplos de la invención

Haciendo referencia a la Fig. 1A, se ilustra un núcleo de transformador 10 a usar en un transformador de distribución de potencia (no mostrado en este caso). El núcleo tiene la hechura de un toroide de forma cilíndrica con una altura deseada L. El toroide 10 se forma enrollando una estructura multicapa 12 de tiras magnéticas con respecto a un eje central 14 de un mandril 16 (que constituye un eje central del toroide).

Tal como se muestra en la Fig. 1B, la estructura multicapa 12 está compuesta por una pluralidad de capas paralelas - siete capas L_1 a L_7 en el presente ejemplo, las cuales están dispuestas a lo largo de un eje perpendicular al eje central 14. Varias tiras (cintas) realizadas por ejemplo con una aleación amorfa ferromagnética blanda forman cada una de las capas: la capa L_1 está formada por las tiras S_1 , la capa L_2 está formada por las tiras S_2 , etcétera. Las tiras en la capa están dispuestas en una formación que se extiende a lo largo del eje central 14, con la existencia inevitable de un entrehierro, en general 18, entre cada dos tiras contiguas. Los entrehierros de cada capa están desplazados con respecto a los entrehierros de la capa contigua, tal como se describirá adicionalmente de forma específica a continuación.

Volviendo nuevamente a la Fig. 1A, debería entenderse que el devanado resultante del núcleo 10 está compuesto por una pluralidad de espiras de la estructura multicapa 12 que se repite de forma regular. El número de espiras (es decir, el grosor del devanado resultante) queda definido por la potencia requerida del transformador.

Se hace referencia a la Fig. 2, que ilustra más específicamente los filamentos de la disposición de las capas en la estructura 12, y en el devanado resultante. Tal como se ha indicado anteriormente, las cintas amorfas disponibles comercialmente tienen típicamente una anchura limitada (de hasta 200 mm), siendo típicamente la anchura I de la tira mucho menor que la requerida para la altura de un núcleo de un transformador. Por esta razón, cada una de las capas de la estructura 12 está compuesta por varias tiras de tal manera que la suma de las anchuras de las tiras (junto con los entrehierros entre las tiras) es sustancialmente igual a la altura del núcleo del transformador.

Por otro lado, las cintas amorfas tienen ciertas propiedades magnéticas tales como el valor del trabajo de una inducción magnética (por ejemplo, $B_w=1,35$ T) y el valor de saturación de la inducción magnética (por ejemplo, $B_{sat}=1,55$ T). Para optimizar el funcionamiento de un transformador (es decir, la distribución de un flujo magnético en la estructura), la estructura 12 está compuesta por 7 capas. En general el número n de capas se determina según las propiedades magnéticas del material amorfo, de la manera siguiente: $n \geq B_w I (B_{sat} - B_w)$, siendo n un entero.

Tal como se muestra en la Fig. 2, existen unos entrehierros entre cada dos tiras contiguas de la capa. Más específicamente, las tiras S_1 de la capa L_1 están dispuestas con los entrehierros 18a, las tiras S_2 de la capa L_2 - con los entrehierros 18b, las tiras S_3 de la capa L_3 - con los entrehierros 18c, las tiras S_4 de la capa L_4 - con los entrehierros 18d, las tiras S_5 de la capa L_5 - con los entrehierros 18e, las tiras S_6 de la capa L_6

- con los entrehierros 18f, y las tiras S_7 de la capa L_7 - con los entrehierros 18g. Los entrehierros de cada capa están desplazados con respecto a los de la capa contigua una distancia predeterminada a lo largo del eje central 14 de tal manera que sobre cada uno de los entrehierros en una capa se superponen seis tiras de las otras capas (en general, $(n-1)$ tiras). Por ejemplo, sobre el entrehierro 18a de la capa L_1 se superponen las tiras S_2 a S_7 de las capas L_2 a L_7 de la misma espira del devanado resultante, sobre el entrehierro 18c de la capa L_3 se superponen las tiras S_4 a S_7 y adicionalmente las tiras de S_1 - S_2 de las capas L_1 y L_2 de una espira contigua del devanado resultante. Tal como se ha ejemplificado con respecto a la capa L_1 , el flujo magnético F (producido por el paso de una corriente eléctrica a través de la tira S_1) fluye cruzando la tira S_1 , y al mismo tiempo que alcanza al intersticio 18a, fluye a través de las seis tiras S_2 a S_7 de la capa L_2 a L_7 que se superponen sobre este entrehierro 18a.

Debería entenderse que el desplazamiento entre las capas se selecciona de forma adecuada. Por ejemplo, considerando que la anchura de las tiras intermedias de la capa (es decir, tiras entre dos tiras extremas opuestas) es la misma, la suma de las distancias del desplazamiento de todas las capas en la estructura no debería superar la anchura de la tira intermedia.

La Fig. 3 ilustra los componentes principales de un aparato 20 para fabricar el núcleo de transformador 10. El aparato 20 comprende siete carretes B_1 a B_7 (en general, n carretes), cada uno de ellos para soportar una capa de tiras correspondiente a alimentar hacia el mandril 16. Las capas se devanan previamente sobre los carretes de una manera que se describirá de forma adicional posteriormente, y se alimentan simultáneamente sobre el mandril 16, por medio de un conjunto de accionamiento adecuado, el cual no se muestra de forma específica.

El conjunto de accionamiento puede ser de cualquier tipo adecuado conocido, y puede estar asociado al mandril 16 para accionar el giro del mismo, mientras que los carretes están montados giratoriamente sobre sus ejes (no mostrados) para girar en contra de la tensión de las capas de alimentación. Para proporcionar la tensión deseada de las capas durante el procedimiento de enrollado, el conjunto de accionamiento también puede estar asociado a los ejes de los carretes para accionar el giro de los mismos. La construcción puede ser tal que los carretes sean accionados conjuntamente para girar con respecto al mandril, el cual, en este caso, está montado de forma fija.

En el aparato 20 se proporciona además un conjunto guía 22, que comprende uno o varios rodillos guía, en general con la referencia 24, y un par de rodillos limitadores de la anchura 26 alojados en extremos opuestos del mandril 16 y que se extienden de forma normal a la dirección del movimiento de las capas sobre el mandril.

Tal como se muestra adicionalmente en la figura, las capas se preparan sobre los carretes con el desplazamiento correspondiente entre las tiras de cada dos capas contiguas tal como se ha descrito anteriormente. Con este fin, bien las disposiciones correspondientes de tiras de capas diferentes se determinan previamente, y las tiras se devanan sobre los carretes de forma correspondiente, o bien se preparan carretes devanados de forma idéntica y a continuación los mismos se cortan por medio de cualquier herramienta de corte adecuada.

Debería observarse, aunque no se muestre de forma específica, que las capas con una anchura suficiente, desplazadas adecuadamente una con respecto a otra, se podrían devanar sobre el mandril, y a continuación el núcleo producido de esta manera se podría cortar por los extremos opuestos. En este caso, los medios de bobinado y/o de guía se pueden desplazar de forma adecuada.

A continuación se hace referencia a la Fig. 4, que ilustra un transformador trifásico 30 que hace uso de los núcleos de transformador diseñados tal como se ha descrito anteriormente. El transformador 30 comprende un circuito magnético formado por un elemento superior de tipo placa 32a, un elemento inferior de tipo placa 32b, y tres núcleos idénticos paralelos 10 (mostrándose en el dibujo únicamente dos de ellos). El circuito magnético está dispuesto de tal manera que las placas 32a y 32b son paralelas entre sí, y los núcleos 10 actúan como soportes entre las placas, formando de este modo una estructura de tipo jaula espacialmente simétrica con respecto a un eje central CA. En el presente ejemplo, cada una de las placas 32a y 32b es un toroide, y se ha realizado con cintas amorfas 34 devanadas

ES 2 269 128 T3

con respecto a un agujero central 35 para formar el toroide plano. Se proporcionan además tres bloques de bobina 36, montado cada uno de ellos sobre uno correspondiente de los núcleos 10. Cada uno de los bloques de bobina 36 incluye un devanado primario 36a y un devanado secundario 36b. De este modo, cada fase del transformador 30 está formada por el núcleo de transformador 10 con el bloque de bobina 36 correspondiente montado sobre el mismo.

El transformador 30 tiene una estructura modular, a saber, las placas 32a y 32b, y los núcleos 10 se pueden ensamblar entre sí y desensamblar fácilmente. Cuando se extrae una de las placas 32a ó 32b, también se pueden extraer los bloques de bobina 36, posibilitando de este modo, por ejemplo, la reparación de la bobina.

En el presente ejemplo, cada una de las placas 32a y 32b tiene una forma en general triangular con lados y esquinas redondeados. La cinta amorfa 34 se realiza con una aleación que presenta propiedades ferromagnéticas blandas. Cada uno de los núcleos 10 es un toroide fabricado tal como se ha descrito anteriormente. Esta construcción permite alcanzar una altura deseada del núcleo 10, a pesar del hecho de que típicamente la anchura de la cinta amorfa sea limitada.

La estructura completa se mantiene unida con tres bandas desmontables 38 (presentándose únicamente dos de ellas en la figura), que tienen cada una de ellas un tornillo (o cruceta) 40 para apretar la banda. Se proporcionan unos órganos estructurales 42, situado cada uno de ellos entre la correspondiente de las bandas 38 y cada una de las placas 32a y 32b. Una base 44 sostiene toda la estructura. Se hace que una superficie interior, superior, de la placa 32b esté en contacto con las superficies inferiores de los núcleos 10 para transferir flujos magnéticos entre ellos, tal como se describirá de forma específica adicionalmente a continuación.

El transformador 30 de la manera siguiente. Cuando pasa una corriente eléctrica a través de cada devanado primario 36a del bloque de bobina 36, se genera un flujo magnético y el mismo se propaga a lo largo del núcleo correspondiente 10 entre las placas superior e inferior 32a y 32b. Las flechas 46, 48 y 50 muestran respectivamente los flujos generados en los tres núcleos 10. El flujo magnético que fluye a través de la columna 10 genera un voltaje inducido en el devanado secundario 36b del bloque de bobina 36 correspondiente. De este modo, el dispositivo con la estructura mencionada funciona como un transformador trifásico.

Así, la corriente eléctrica, por ejemplo, con la frecuencia de funcionamiento de 50 Hz, se suministra desde una fuente de alimentación (no mostrada) hacia un terminal de la bobina del devanado primario 36a, y, mientras pasa a través de las espiras de la bobina, crea el flujo magnético básico 46. Supóngase, por ejemplo, que en un momento determinado el flujo 46 fluye hacia arriba. A continuación, el flujo 46 se divide en dos flujos idénticos 52 y 54 en la placa 32a. Estos flujos 52 y 54 fluyen a lo largo de dos partes idénticas de la placa toroidal 32a, y, a continuación, fluyen hacia abajo a través de los otros dos núcleos 10. El flujo 52 se convierte en el flujo 48, y el flujo 54 se convierte en el flujo 50 que pasa en dirección descendente a través de los núcleos 10. A continuación, los flujos 48 y 50 fluyen a lo largo de dos caminos iguales de la placa toroidal 32b. Mientras pasa a lo largo de la placa toroidal 32b, el flujo 48 se convierte en un flujo 56, y el flujo 50 se convierte en un flujo 58. Los flujos 56 y 58 son transferidos al núcleo 10 formando el flujo suma 46, el cual fluye hacia arriba. De este modo, se cierra el bucle entre el flujo magnético. Los flujos de las otras fases del transformador fluyen de una forma similar sumándose para formar el flujo magnético total.

Las placas 32a y 32b podrían tener una forma circular. En este caso, las corrientes de los flujos 52, 54, 56 y 58 fluirán a lo largo de caminos circulares en dichas placas. En el ejemplo de la Fig. 4, cada una de las placas 32a y 32b tiene la forma de un triángulo equilátero con lados y esquinas redondeados. Esta opción da como resultado un camino más corto para las corrientes de los flujos en las placas entre los núcleos 10, es decir, la forma de las corrientes de los flujos es más parecida a una línea recta. Esto permite conseguir una reluctancia magnética menor, o una mejor conductancia del flujo magnético.

Aquellos expertos en la materia apreciarán fácilmente que se pueden aplicar varias modificaciones y cambios en las realizaciones preferidas de la invención según se ha ejemplificado anteriormente en el presente documento sin desviarse con respecto a su alcance, definido en y por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Núcleo de transformador (10) destinado a ser usado en un transformador de distribución de potencia, presentando el núcleo de transformador (10) una altura deseada (L) y una forma toroidal sustancialmente cilíndrica en forma de una estructura multicapa (12) devanada con respecto a un eje central (14) del toroide, estando compuesta cada capa de la estructura (12) por un número predeterminado de tiras magnéticas (S) dispuestas a lo largo de dicho eje central (14), existiendo naturalmente entrehierros (18) entre cada dos tiras contiguas de la capa, siendo tal el número predeterminado de las tiras que la suma de las anchuras (1) de dichas tiras es sustancialmente igual a dicha altura deseada (L) del núcleo (10), estando **caracterizado** el núcleo de transformador (10) por el hecho de que

el número requerido n de capas en dicha estructura queda definido por las propiedades magnéticas de las tiras para satisfacer una relación $n \geq B_w I (B_{sat} - B_w)$, en la que B_w es un valor de trabajo de una inducción magnética, y B_{sat} es un valor de saturación de la inducción magnética, y

las capas están desplazadas una con respecto a otra una distancia predeterminada en una dirección a lo largo de dicho eje central de tal manera que sobre cada uno de los entrehierros de una capa se superponen $(n-1)$ tiras de las otras capas de la estructura.

2. Núcleo de transformador (10) según la reivindicación 1, en el que dichas tiras magnéticas (S) están realizadas con metales amorfos.

3. Núcleo de transformador (10) según la reivindicación 2, en el que el valor de trabajo de la inducción magnética y el valor de saturación de la inducción magnética de la tira amorfa son, respectivamente, aproximadamente 1,35 T y 1,55 T, no siendo menor que 7 el número de capas.

4. Procedimiento de fabricación de un núcleo de transformador (10) destinado a ser usado en un transformador de distribución de potencia, en el que el núcleo (10) del transformador tiene una altura deseada (L) y está formado por una estructura multicapa (12) de tiras magnéticas (S) devanadas para crear un devanado del núcleo resultante toroidal sustancialmente cilíndrico, incluyendo dicha estructura multicapa (12) un número predeterminado (n) de capas que incluyen cada una de ellas un número predeterminado de dichas tiras magnéticas (S), estando **caracterizado** el procedimiento por el hecho de que:

(a) el número n de dichas capas en la estructura (12) se especifica según propiedades magnéticas de las tiras para satisfacer una relación $n \geq B_w I (B_{sat} - B_w)$, en la que B_w es un valor de trabajo de una inducción magnética, y B_{sat} es un valor de saturación de la inducción magnética;

(b) cada una de las capas se prepara a partir de dicho número predeterminado de las tiras magnéticas paralelas (S), existiendo naturalmente entrehierros (18) entre cada dos tiras contiguas en la capa;

(c) dicha estructura multicapa (12) se devana con respecto a un eje central (14) de un mandril (16) que sostiene el núcleo durante la fabricación, alimentando simultáneamente las n capas de manera que las capas del núcleo están desplazadas una con respecto a otra una distancia predeterminada a lo largo de dicho eje central de tal modo que sobre cada uno de los entrehierros de una capa se superponen $(n-1)$ tiras de las otras capas de la estructura.

5. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que la preparación de cada una de las capas comprende el devanado de las tiras sobre un carrete (B) de tal manera que una suma de anchuras (1) de las tiras es sustancialmente igual a la altura deseada (L) del núcleo (10), estando alineados los carretes en una relación paralela de separación mutua, de tal manera que las capas sobre los carretes están desplazadas una con respecto a otra, dicha distancia predeterminada, a lo largo del eje del carrete.

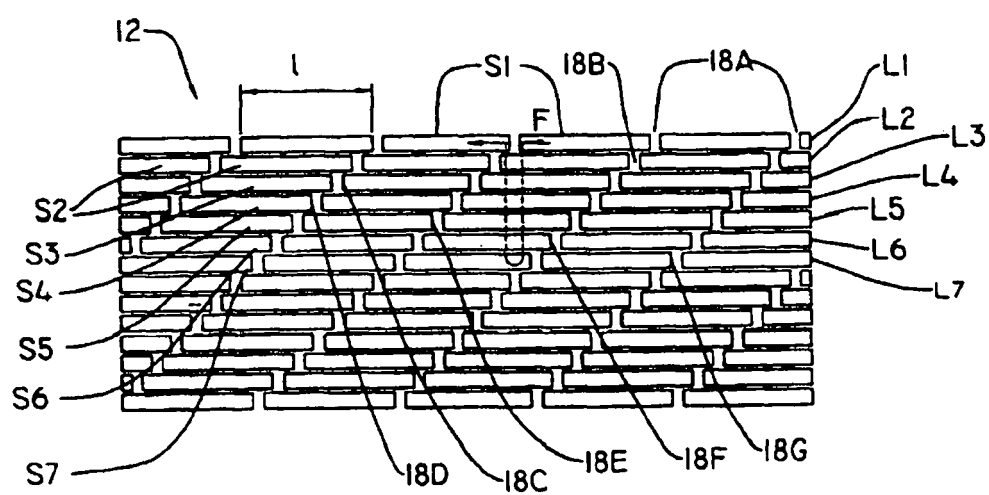
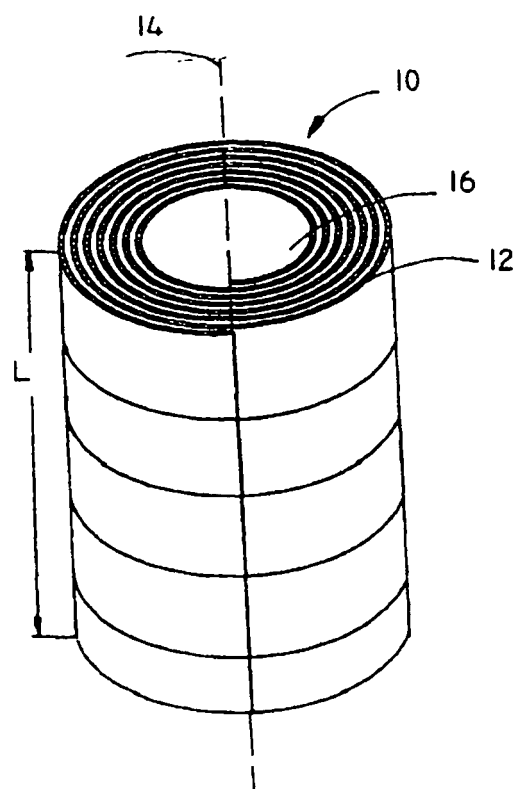
6. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que los bordes de por lo menos algunas de las capas devanadas se cortan de tal manera que las tiras extremas sobre dichos carretes tienen anchuras diferentes en comparación con la correspondiente a tiras intermedias idénticas sobre los carretes.

7. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que la preparación de las capas comprende el devanado de capas idénticas de las tiras sobre carretes y el alojamiento de los carretes de manera que se obtenga el desplazamiento de las capas una con respecto a otra.

8. Procedimiento según la reivindicación 7, y que comprende además la etapa en la que se cortan extremos opuestos del núcleo resultante para aplanar su superficie superior e inferior.

9. Aparato (20) para fabricar un núcleo de transformador (10) destinado a ser usado en un transformador de distribución de potencia, en el que el núcleo (10) del transformador tiene una altura deseada (L) y está formado por una estructura multicapa (12) de tiras magnéticas (S) devanadas para crear un devanado toroidal sustancialmente cilíndrico del núcleo, **caracterizado** el aparato por el hecho de que comprende:

- 5 i. un número requerido de carretes (B), soportando cada uno de ellos un número predeterminado de las tiras magnéticas (S) para una correspondiente de las capas, estando devanadas las tiras sobre el carrete y dispuestas a lo largo de un eje del mismo, existiendo naturalmente unos entrehierros (18) pequeños entre cada dos tiras contiguas, en el que el número requerido (n) de las capas queda definido por propiedades magnéticas de las tiras para satisfacer una relación $n \geq B_w I (B_{sat} - B_w)$, en la que B_w es un valor de trabajo de una inducción magnética, y B_{sat} es un valor de saturación de la inducción magnética;
- 10 ii. un conjunto de accionamiento para accionar el movimiento simultáneo de las capas de tiras desde los carretes sobre un mandril que sostiene el núcleo (10) del transformador; y
- 10 iii. un conjunto guía (22) para guiar el devanado de las capas alimentadas con respecto a un eje central (14) del mandril (16) con una densidad requerida entre las capas,
- 15 en el que las capas del núcleo (10) están desplazadas una con respecto a otra una distancia predeterminada a lo largo de dicho eje central del mandril de tal manera que sobre cada uno de los entrehierros de una capa se superponen (n-1) tiras de las otras capas.
- 20 10. Aparato según la reivindicación 9, en el que los carretes están alineados en una relación paralela de separación mutua a lo largo de un eje perpendicular al eje del carrete, y las capas sobre los carretes están desplazadas una con respecto a otra dicha distancia predeterminada a lo largo del eje del carrete.
- 25 11. Aparato según la reivindicación 9, en el que las tiras de capas diferentes están dispuestas sobre carretes respectivos de una manera similar, y los carretes están alineados en una relación paralela de separación mutua a lo largo de un eje perpendicular al eje del carrete, estando desplazados uno con respecto a otro dicha distancia predeterminada a lo largo de un eje paralelo al eje del carrete.
12. Aparato según la reivindicación 9, en el que el conjunto de accionamiento está asociado a un árbol del mandril para accionar el giro del mismo.
- 30 13. Aparato según la reivindicación 9, en el que el conjunto de accionamiento está asociado a los carretes para proporcionar la rotación de los mismos con respecto al eje del mandril.
14. Aparato según la reivindicación 9, en el que el conjunto guía (22) comprende rodillos limitadores de la anchura (26) alojados en extremos opuestos del mandril (16).
- 35 15. Transformador trifásico (30) que comprende un circuito magnético (32a, 32b, 10) y tres bloques de bobina (36), en el que el circuito magnético comprende dos elementos de tipo placa, paralelos, separados entre sí (32a, 32b); y tres núcleos de transformador paralelos, separados entre sí (10), construido cada uno de ellos según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, y soportando el correspondiente de entre dichos tres bloques de bobina (36) y estando destinados para la correspondiente de entre las tres fases, en el que las columnas (10) son sustancialmente perpendiculares a los elementos de tipo placa (32a, 32b) y quedan cerradas entre ellos para formar una estructura simétrica espacial con respecto a un eje central (CA) del transformador (30).



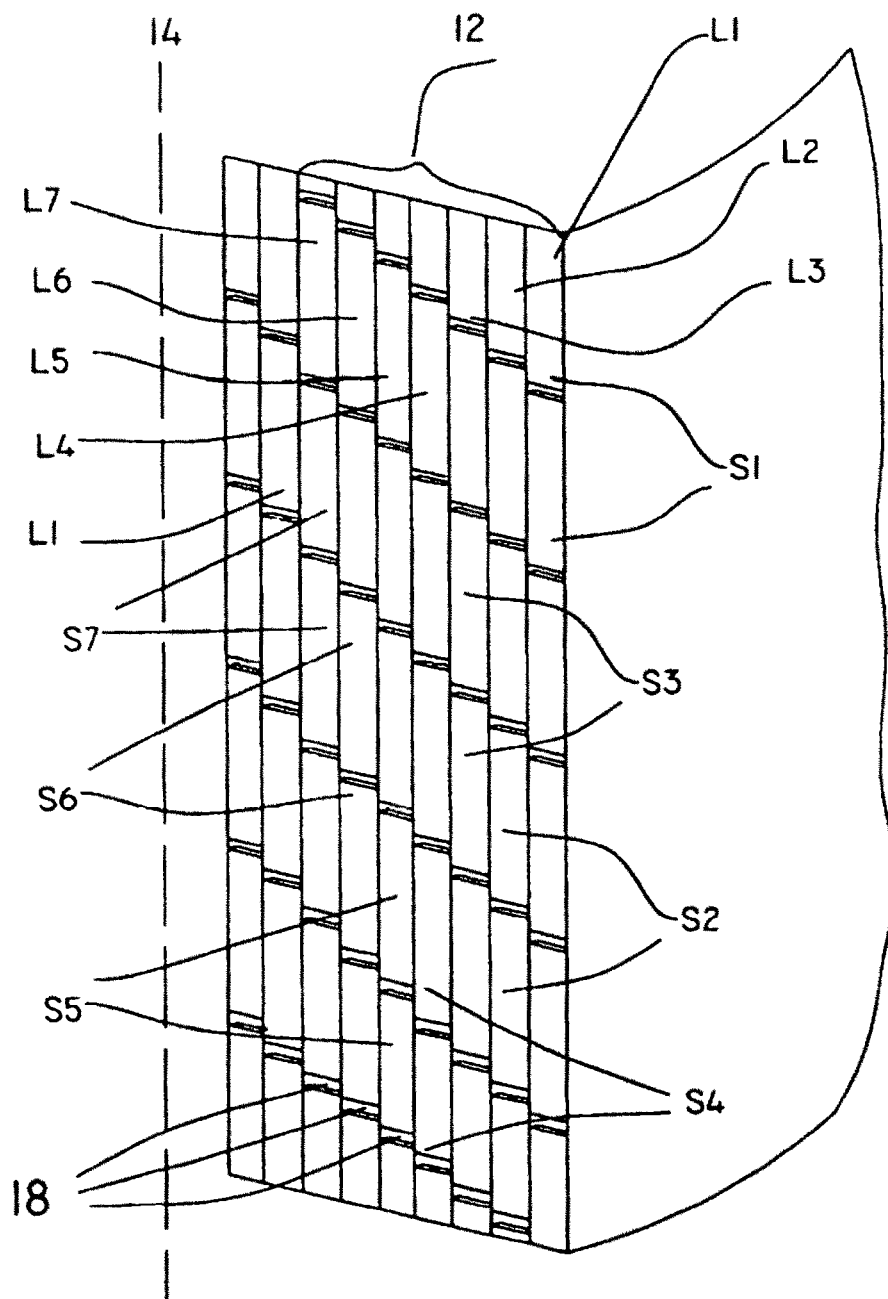


FIG. 1B

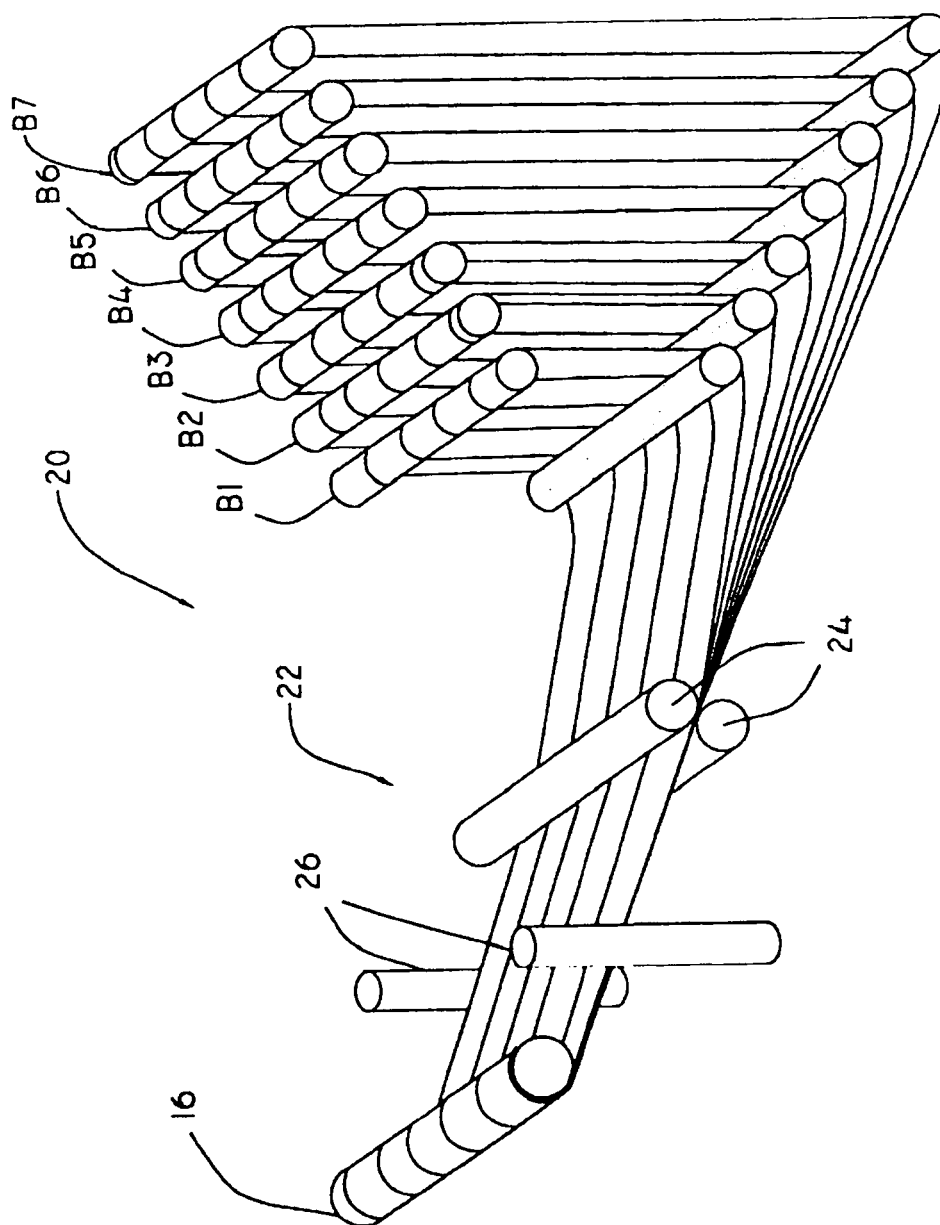


FIG. 3

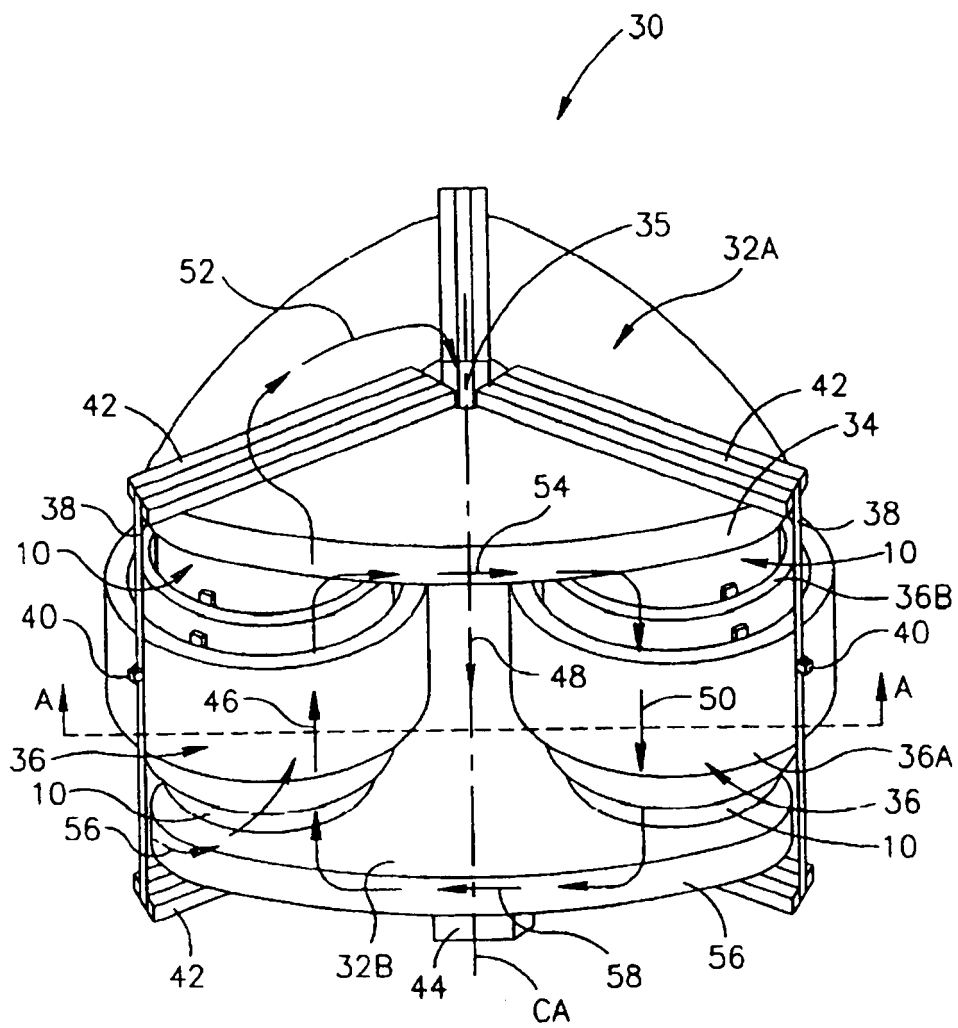


FIG. 4