

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 598 156**

51 Int. Cl.:

H01F 3/10 (2006.01)

H01F 27/24 (2006.01)

H01F 41/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.05.2013 PCT/EP2013/061172**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.01.2014 WO14009054**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.05.2013 E 13726764 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.07.2016 EP 2873078**

54 Título: **Núcleos de transformador híbrido**

30 Prioridad:

13.07.2012 EP 12176379

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

25.01.2017

73 Titular/es:

**ABB SCHWEIZ AG (100.0%)
Brown Boveri Strasse 6
5400 Baden, CH**

72 Inventor/es:

FOGELBERG, THOMAS

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 598 156 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

Núcleos de transformador híbrido

CAMPO TÉCNICO

5 La presente descripción se refiere a núcleos de transformadores híbridos, especialmente a tales núcleos de transformadores híbridos que combinan culatas de acero amorfo con columnas de acero de grano orientado.

ANTECEDENTES

10 A lo largo de las pasadas décadas, las comunidades de todo el mundo han hecho esfuerzos concertados para reducir el riesgo del calentamiento global. Desgraciadamente, no hay una solución única para el problema. Así, durante las décadas venideras la eficiencia energética será un factor crítico para reducir las emisiones de carbono y luchar contra el calentamiento global. la industria de generación de energía y las industrias de transmisión y distribución (T y D) contribuyen a una gran parte de las pérdidas de energía en la sociedad. Las pérdidas en los sistemas de T y D solas son en total el 10% de una media global de la energía de T y D transferida.

15 Existe así una necesidad de inversiones en el uso eficiente de la energía, en la eficiencia energética de infraestructuras de energía eléctrica y en recursos renovables. El desarrollo de un sistema eficiente para utilizar la electricidad puede permitir un uso a mayor escala de energía primaria en forma de electricidad comparado con la situación actual.

Contribuyendo al menos a una tercera parte de las pérdidas de T y D totales, los transformadores y las reactancias de derivación son corrientemente los componentes más caros en el sistema de potencia y por tanto el diseño eficiente de estos dispositivos de potencia podría reducir las pérdidas de T y D.

20 Además, la Comisión Europea (EC) ha establecido una serie de objetivos que demandan que se satisfagan objetivos climáticos y energéticos para el 2020, conocidos como los objetivos "20-20-20". En línea con los objetivos "20/20/20" la Comisión Europea (EC) y organizaciones que elaboran las normas de transformadores están actualmente trabajando en desarrollar directivas para reducir las pérdidas en transformadores.

25 Un modo de reducir las pérdidas en transformadores es no solo comprar transformadores con pérdidas mínimas como se ha definido por las Normas, por ejemplo la EN 50464-1 sino también aplicar valores de evaluación de pérdida en el proceso de adquisición.

30 Los métodos científicos disponibles para reducir las pérdidas en los transformadores por debajo del nivel actual son escasos. Sin embargo, un método para transformadores de distribución es utilizar acero amorfo como el material del núcleo. Con esta tecnología amorfa puede ser posible reducir las pérdidas sin carga hasta en un 70%. También disminuyendo la densidad de corriente y/o la densidad de flujo por debajo del límite necesario para un transformador fiable, puede conseguirse con más material un amplio rango de diseños de transformador con menores pérdidas.

35 El documento US 4.668.931 describe un núcleo de transformador que tiene una o más patas de arrollamiento construidas a partir de una pluralidad de láminas de acero al silicio y un par de culatas construidas a partir de una pluralidad de láminas de acero amorfo. Las culatas y las patas son unidas en serie por juntas de laminación de acero al silicio-acero amorfo para crear un circuito magnético en bucle y así proporcionar un núcleo de transformador que tiene características de pérdida en el núcleo mejoradas significativamente en comparación con un núcleo de transformador de potencia formado exclusivamente de láminas de acero al silicio.

40 El documento DE 39 18 187 A1 se refiere a un núcleo de hierro para aparatos electromagnéticos tales como transformadores, inductancias, estabilizadores de tensión magnéticos y aparatos similares, que tienen al menos dos culatas que son enrolladas a partir de material de tiras magnéticas dulces y están a una distancia una de otra y que acomodan entre ellas al menos tres columnas laminadas cuyas superficies de extremidad, que son utilizadas como puntos de tope, descansan contra puntos de tope de acoplamiento sobre las culatas.

Sin embargo existe aún una necesidad para un diseño de transformador mejorado.

RESUMEN

45 En vista de lo anterior, un objeto general de la presente descripción es proporcionar un diseño de transformador mejorado que dé como resultado bajas pérdidas. Se han identificado un número de factores diferentes que pueden reducir diferentes tipos de pérdidas.

Un objeto particular de la presente descripción es proporcionar un núcleo de transformador híbrido perfeccionado que combina culatas de acero amorfo con columnas de acero de grano orientado.

50 Por tanto, de acuerdo con un primer aspecto de la presente descripción se ha proporcionado un núcleo de transformador híbrido. El núcleo de transformador híbrido comprende además al menos una primera culata de acero amorfo y una segunda culata de acero amorfo. El núcleo de transformador híbrido comprende al menos dos columnas de acero de

5 grano orientado que se extienden entre la primera culata y la segunda culata. La primera extremidad de cada uno de al menos las dos columnas está acoplada a una primera cara de la primera culata en un primer plano de conexión y en que la segunda extremidad de cada una de al menos las dos columnas está acoplada a una segunda superficie de la segunda culata en un segundo plano de conexión. La primera superficie en todas direcciones a lo largo del primer plano de conexión se extiende más allá de la primera extremidad de al menos las dos columnas. La segunda superficie en todas direcciones a lo largo del segundo plano de conexión se extiende más allá de la segunda extremidad de cada una de al menos las dos columnas.

10 Ventajosamente el núcleo del transformador híbrido proporciona mejoras para el acero refinado de dominio permitiendo chapas de acero más delgadas que las actualmente utilizadas. La combinación de materiales de núcleo isotrópicos amorfos con acero refinado de dominio muy anisotrópico en transformadores es eficiente energéticamente.

Ventajosamente el núcleo de transformador híbrido descrito proporciona un control avanzado del flujo del núcleo por las uniones del núcleo previstas. La anisotropía del material del núcleo así como las dimensiones del núcleo tienen un gran potencial para reducir las pérdidas del núcleo.

15 Ventajosamente el núcleo del transformador híbrido descrito proporciona métodos de control de flujo de fuga para reducir pérdidas en los arrollamientos, depósitos y otros materiales de soporte magnéticos estructurales.

20 De acuerdo con las realizaciones las culatas tienen una altura de aproximadamente 1,3 veces el diámetro de las columnas. Así: cada una de al menos las dos columnas tiene un diámetro, en el que en la primera culata puede extenderse perpendicularmente desde el primer plano de conexión 1,1 -1,5 veces, preferiblemente 1,2 -1,4 veces, más preferiblemente 1,3 veces dicho diámetro, y en el que la segunda culata se extiende perpendicularmente desde el segundo plano de conexión 1,1 -1,5 veces, preferiblemente 1,2 -1,4 veces, más preferiblemente 1,3 veces dicho diámetro.

De acuerdo con un segundo aspecto se ha proporcionado una reactancia que comprende al menos un núcleo de transformador híbrido de acuerdo con el primer aspecto.

25 De acuerdo con un tercer aspecto se ha proporcionado un método de fabricación de un núcleo de transformador híbrido, preferiblemente el núcleo de transformador híbrido de acuerdo con el primer aspecto. El método comprende construir culatas como vigas a partir de bandas de acero amorfo: ensamblar un núcleo de transformador híbrido utilizando las vigas construidas: e instalar, probar, y/o hacer funcionar el núcleo del transformador híbrido ensamblado.

30 Construir culatas como vigas a partir de bandas de acero amorfo puede comprender cortar las bandas a placas de acero amorfo: apilar las placas cortadas: encolar las placas durante el apilamiento: y/o ensamblar dos o más vigas individuales formando de ese modo una viga compuesta. Estas operaciones de fabricación pueden ser también utilizadas para construir columnas de grano orientado como vigas a placas con acero de núcleo anisotrópico más delgado de lo que hay comercialmente hoy día para reducir adicionalmente las pérdidas del núcleo híbrido. Las culatas pueden ser también construidas como bobinas, anillos, elipsoides, etc.

35 Ensamblar un núcleo de transformador híbrido puede comprender colocar la segunda culata de acuerdo con una configuración preferida: fijar las columnas a la segunda culata, acoplando por tanto las columnas a la segunda culata: colocar ventanas sobre al menos una de las columnas: fijar la primera culata a las columnas, acoplando por ello la primera culata a las columnas: montar medios de conexión a los arrollamientos: y/o colocar el núcleo del transformador híbrido en una caja y sujetar al menos una de la primera culata y de la segunda culata a la caja por medios de sujeción.

40 Generalmente, todos los términos utilizados en las reivindicaciones han de ser interpretados de acuerdo con su significado ordinario en el campo técnico, a menos que se hayan definido explícitamente de otro modo en este documento. Todas las referencias a "un/uno/el elemento, aparato, componente, medio, operación, etc." han de ser interpretadas abiertamente como refiriéndose al menos a un ejemplo del elemento, aparato, componente, medio, operación, etc., a menos que se haya establecido explícitamente de otra manera. Las operaciones de cualquier método descrito en este documento no han de ser realizadas en el orden exacto descrito, a menos que se haya establecido explícitamente.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La invención es descrita a continuación, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

Las figs. 1 - 10 ilustran núcleos de transformador de acuerdo con las realizaciones: y

50 La fig. 11 es un diagrama de flujo para un método de fabricación de un núcleo de transformador como se ha ilustrado en cualquiera de las figs. 1 - 10.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

La invención será descrita a continuación más completamente en lo que sigue con referencia a los dibujos adjuntos, en

los que se han mostrado ciertas realizaciones de la invención. Esta invención puede, sin embargo, ser realizada muchas formas diferentes y no debería considerarse como limitada a las realizaciones descritas en este documento; 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 de la invención a los expertos en la técnica. Números similares se refieren a elementos similares a lo largo de toda la descripción.

La figura 1 es una vista en perspectiva de un núcleo 1 de transformador híbrido de acuerdo con una realización preferida. Las partes verticales (alrededor de las cuales son enrollados los arrollamientos) del núcleo del transformador son comúnmente denominadas como columnas o patas 3a, 3b y las partes superior e inferior del núcleo del transformador son comúnmente denominadas como culatas 2a, 2b. Como en la fig. 1 los transformadores del tipo de núcleo monofásicos pueden tener dos núcleos con columnas. Sin embargo, son posibles también otras configuraciones.

En términos generales, los transformadores son comúnmente utilizados para transferir energía eléctrica desde un circuito a otro a través de conductores acoplados inductivamente. Los conductores acoplados inductivamente están definidos por las bobinas del transformador. Una corriente variable en el primer arrollamiento o arrollamiento primario crea un flujo magnético variable en el núcleo del transformador y así un campo magnético variable a través del arrollamiento secundario.

Algunos transformadores, tales como transformadores para utilizar en frecuencias de potencia o audio, tienen típicamente núcleos hechos de acero al silicio de elevada permeabilidad. El acero tiene una permeabilidad muchas veces mayor que la del espacio libre y el núcleo sirve así para reducir en gran medida la corriente magnetizadora y confinar el flujo a un trayecto que se acopla estrechamente a los arrollamientos.

Un diseño común de un núcleo laminado está hecho a partir de apilamientos entrelazados de chapas de acero en forma de E tapadas con piezas en forma de I. Los transformadores con tales núcleos son comúnmente denominados como transformadores E-I. Los transformadores E-I tienden a exhibir más pérdidas que los transformadores tradicionales. Por otro lado, los transformadores E-I son económicos de fabricar.

En los núcleos de transformador híbrido comunes las culatas están hechas de acero amorfo mientras que las columnas están hechas de acero de núcleo de grano orientado. Comúnmente, el núcleo magnético está compuesto de un apilamiento de laminas de acero al silicio delgadas. Para transformadores de 50 Hz las láminas son típicamente del orden de aproximadamente 0,23 - 0,35 mm de grueso. En esta descripción sería posible además hacer el acero de grano orientado más delgado. Con el fin de reducir las pérdidas por corriente de Eddy, las láminas deben ser aisladas unas de otras, por ejemplo por delgadas capas de barniz. Con el fin de reducir las pérdidas del núcleo, los transformadores pueden tener un núcleo magnético hecho de chapa de acero de grano orientado laminada en frío. Este material, cuando es magnetizado en la dirección de laminación, tiene bajas pérdidas de núcleo y elevada permeabilidad.

Las realizaciones descritas se refieren a núcleos de transformador híbrido, especialmente a núcleos de transformador híbrido tales que combinan culatas de acero amorfo y columnas de acero de grano orientado.

El núcleo del transformador híbrido de la fig. 1 será descrito a continuación con más detalle. El núcleo 1 del transformador híbrido comprende una primera culata 2a y una segunda culata 2b. La primera culata 2a y la segunda culata 2b están compuestas de acero amorfo. Preferiblemente hay la misma isotropía en todas direcciones de las culatas 2a, 2b. Así el acero amorfo de la primera culata 2a y de la segunda culata 2b tiene preferiblemente la misma isotropía en todas direcciones.

La primera culata 2a puede ser considerada como una culata superior y la segunda culata 2b puede ser considerada como una culata inferior. La primera culata 2a y la segunda culata 2b pueden ser consideradas típicamente como vigas. Las vigas pueden tener una de varias formas de diferentes. La forma puede estar definida generalmente por la sección transversal de las vigas. De acuerdo con una realización preferida cada una de la primera culata 2a y de la segunda culata 2b tiene una sección transversal de forma rectangular. De acuerdo con otra realización la sección transversal es cuadrada. De acuerdo aún con otra realización la sección transversal es elipsoidal. De acuerdo aún con otra realización la sección transversal es circular.

El núcleo del transformador híbrido comprende además un número de columnas 3a, 3b. Las columnas 3a, 3b están compuestas de acero de grano orientado. De acuerdo con una realización preferida cada una de la primera columna 3a y de la segunda columna 3b tiene una sección transversal de forma rectangular. De acuerdo con otra realización la sección transversal es cuadrada. De acuerdo aún con otra realización la sección transversal es elipsoidal. De acuerdo aún con otra realización la sección transversal es circular.

Preferiblemente el núcleo del transformador híbrido comprende al menos dos columnas 3a, 3b, como en la fig. 1. Las columnas 3a, 3b están posicionadas entre la primera culata (superior) 2a, y la segunda culata (inferior) 2b. Dicho en otras palabras, las columnas 3a, 3b se extienden entre la primera culata 2a y la segunda culata 2b.

Además, las columnas 3a, 3b están acopladas a las culatas 2a, 2b. Particularmente, una primera extremidad 4a, 4b de cada una de las columnas está acoplada a una primera superficie 5a de la primera culata 2a. Una segunda extremidad 6a, 6b de cada una de las columnas está acoplada a una segunda superficie 5b de la segunda culata 2b. La primera

superficie 5a define un primer plano de conexión 7a y la segunda superficie 5b define un segundo plano de conexión 7b, véanse las figs. 2 y 3. Las figs. 2 y 3 ilustran vistas laterales del núcleo 1 de transformador híbrido de la fig. 1. La fig. 3 es una vista lateral, tomada en corte A-A en la fig. 2. Preferiblemente, la primera extremidad 4a, 4b de cada una de las columnas 3a, 3b es encolada a la primera superficie 5a de la primera culata 2a. Similarmente, de manera preferible la segunda extremidad 6a, 6b de cada una de las columnas 3a, 3b es encolada a la segunda superficie 5b de la segunda culata 2b. Las culatas 2a, 2b pueden así ser directamente encoladas a las columnas 3a, 3b. Preferiblemente las culatas 2a, 2b son encoladas a las extremidades planas de las columnas 3a, 3b. Por tanto ya no hay ninguna razón para tener una conexión a 45 grados, una conexión de empalmes escalonados o una conexión sin empalmes escalonados entre las culatas 2a, 2b y las columnas 3a, 3b. Como el acero amorfo no está orientado el flujo procedente de las columnas 3a, 3b será distribuido por la energía magnética más baja en las culatas 2a, 2b.

Las culatas 2a, 2b están dispuestas de tal modo que la primera superficie 5a de la primera culata 2a mira a la segunda superficie 5b de la segunda culata 2b. Así el primer plano de conexión 7a y el segundo plano de conexión 7b son preferiblemente paralelos. En los puntos de conexión (es decir donde las culatas 2a, 2b encuentran a las columnas 3a, 3b) las culatas 2a, 2b son más anchas que las columnas 3a, 3b. Es decir, en los acoplamientos entre las culatas 2a, 2b y las columnas 3a, 3b las culatas 2a, 2b se extienden más allá de las columnas 3a, 3b en todas direcciones, véanse las figs. 2 y 3. Más particularmente, la primera superficie 5a (de la primera culata 2a) en todas direcciones a lo largo del primer plano de conexión 7a se extiende más allá de la primera extremidad 4a, 4b de cada uno de al menos las dos columnas 3a, 3b. De modo similar, la segunda superficie 5b (de la segunda culata 2b) en todas direcciones a lo largo del segundo plano de conexión 7b se extiende más allá de la segunda extremidad 6a, 6b de cada una de al menos las dos columnas 3a, 3b. Las culatas 2a, 2b tienen por ello tanto el flujo del núcleo como el flujo axial en relación a la energía magnética acoplada a la impedancia del transformador 1. Por ello las culatas 2a, 2b son capaces de distribuir mejor el flujo desde las columnas 3a, 3b, reduciendo por ello las fugas. Por tanto los transformadores 1 descritos tienen menos corrientes de Eddy en los arrollamientos y otros componentes de acero.

El número de columnas puede variar. Típicamente hay dos columnas (por ejemplo como en la fig. 1) o tres columnas (por ejemplo como en las figs. 7 y 8). En la fig. 7 hay tres columnas 3a, 3b, 3c en un núcleo 1 de transformador que tiene una configuración lineal. Además, como se ha ilustrado en la fig. 7, una de las vigas de la culata puede ser más larga que la otra viga de la culata. Las vigas de culata a las que son acopladas las columnas son las vigas de culata más largas. En la fig. 8 hay tres columnas 3a, 3b, 3c en un núcleo 1 de transformador que tiene una configuración circular.

Preferiblemente las culatas 2a, 2b tienen una altura h que es mayor que el diámetro máximo d de las columnas 3a, 3b. Mas preferiblemente la altura h es aproximadamente 1,3 veces mayor que el diámetro máximo d de las columnas 3a, 3b. De acuerdo con una realización todas las columnas 3a, 3b pueden tener el mismo diámetro d . De acuerdo con otra realización las columnas 3a, 3b pueden tener diámetros diferentes. En relación al primer plano de conexión 7a definido anteriormente, la primera culata 2a puede extenderse perpendicularmente desde el primer plano de conexión 7a 1,1-1,5 veces, preferiblemente 1,2-1,4 veces, mas preferiblemente 1,3 veces el diámetro d de las columnas 3a, 3b. De manera similar, en relación al segundo plano de conexión 7b definido anteriormente, la segunda culata 2b se extiende perpendicularmente desde el segundo plano de conexión 7b 1,1-1,5 veces, preferiblemente 1,2-1,4 veces, mas preferiblemente 1,3 veces el diámetro d de las columnas 3a, 3b.

Las culatas 2a, 2b están así ventajosamente hechas más altas que el diámetro máximo d de las columnas 3a, 3b y también más largas que el diámetro d de las columnas 3a, 3b con el fin de compensar la saturación inferior de las placas de acero amorfo. Esto implica que cuando el flujo magnifico procedente de una columna 3a, 3b entra en una culata amorfa 2a, 2b el flujo debe superar en primer lugar un pequeño espacio de aire en la junta a tope entre ellas. Cuando el flujo alcanza la culata amorfa 2a, 2b la primera "parte del volumen" del flujo contra la columna 3a, 3b es saturada, pero la isotropía de la culata 2a, 2b redistribuye directamente el flujo sobre un volumen mayor en la culata 2a, 2b. Este proceso puede por un lado aumentar mínimamente las pérdidas pero por otro lado da lugar a picos en la corriente de magnetización y a una reactancia de vacío ligeramente más elevada. La junta a tope da así lugar a dos efectos. En primer lugar, picos en la corriente de magnetización. En segundo lugar, una compresión de fuerza mecánica de 100 Hz o 120 Hz entre culatas y columnas. Estos efectos pueden ser minimizados mediante el uso de anillos de flujo de fuga embrollados en la extremidad de las columnas, actuando los anillos para derivar el flujo a las culatas 2a, 2b. Como las culatas 2a, 2b pueden ser tanto más largas como más anchas que las columnas 3a, 3b, las culatas 2a, 2b pueden también absorber los flujos de fuga de las fases.

Preferiblemente la primera culata 2a, 2b y la segunda culata 3a, 3b están compuestas de una pluralidad de placas 8 de culata apiladas de acero amorfo, como se ha ilustrado en las figs. 4 y 5. La pluralidad de placas 8 de culata apiladas pueden ser encoladas juntas. Las culatas 2a, 2b pueden por ello ser consideradas como paquetes encolados en los que la resistencia mecánica es obtenida mediante la cola o pegamento. Las culatas 2a, 2b son por ello una parte estructural junto con la caja en la que es colocado el transformador 1. Las culatas 2a, 2b reciben por ello todas las fuerzas. Definen a continuación un primer plano 9 de placa que se extiende entre las columnas 3a, 3b y que es perpendicular al primer 7a y al segundo 7b planos de conexión, véase la fig. 4 que ilustra parte de la fig. 3. La pluralidad de placas 8 de culata apiladas están orientadas preferiblemente paralelas al primer plano 9 de placa. Las placas 8 de culata (también llamadas láminas) son preferiblemente encoladas juntas.

Preferiblemente las columnas 3a, 3b están compuestas de una pluralidad de placas apiladas 10 de acero de grano

orientado. La fig. 6 ilustra una columna 3a, 3b que tiene una pluralidad de placas 10 de la columna. La pluralidad de placas 10 de columna están preferiblemente encoladas o unidas. Las columnas 3a, 3b están orientadas de tal modo que la pluralidad apilada de placas 10 de la columna son preferiblemente paralelas al primer plano 9 de placa. Además, la dirección del flujo en las placas orientadas 10 de las columnas 3a, 3b es utilizada en las esquinas de manera que el flujo entre en las placas amorfas de las culatas 2a, 2b directamente en una unión a 90 grados.

Como se ha indicado anteriormente las culatas 2a, 2b se extienden más allá de las columnas 3a, 3b en todas direcciones a lo largo de los planos de conexión 7a, 7b entre las culatas 2a, 2b y las columnas 3a, 3b. Así las culatas 2a, 2b se extienden además más allá de las columnas 3a, 3b de las culatas tradicionales. Por ejemplo, cada culata 2a, 2b es más larga que la longitud l del núcleo. La primera culata 2a y la segunda culata 2b pueden extenderse en longitud desde el núcleo del transformador híbrido en una distancia total de al menos el diámetro d de una columna 3a, 3b. Así, cada culata 2a, 2b puede extenderse en una distancia total de al menos la mitad del diámetro d de una columna 3a, 3b en la extremidad del núcleo. Por ejemplo, cada culata 2a, 2b es más ancha que las columnas 3a, 3b. La primera culata 2a y la segunda culata 2b pueden extenderse en anchura desde el núcleo del transformador híbrido en una distancia total de al menos el diámetro d de una columna 3a, 3b. Así, cada culata 2a, 2b puede extenderse preferiblemente en una distancia total de al menos la mitad del diámetro de una columna 3a, 3b en cada lado de las columnas 3a, 3b. La anchura w de las culatas 2a, 2b puede adicional y/o alternativamente también estar relacionada a los arrollamientos de las columnas 3a, 3b. Así al menos una de las columnas 3a, 3b puede tener un arrollamiento 11a, 11b formando así una columna arrollada. La primera culata 2a y la segunda culata 2b pueden tener una anchura w de al menos el diámetro de la columna arrollada.

Un método para fabricar un núcleo 1 de transformador híbrido será descrito a continuación con referencia al diagrama de flujo de la fig. 11. En resumen el método comprende una operación S1 de construir culatas 2a, 2b (y columnas 3a, 3b) como vigas (o anillos) a partir de bandas, una operación S2 de ensamblar un núcleo 1 del transformador híbrido utilizando las vigas construidas, y una operación S3 de instalar, probar, y hacer funcionar el núcleo 1 del transformador híbrido ensamblado. Cada una de estas operaciones será descrita a continuación con más detalle.

Construir culatas amorfas 2a, 2b como vigas 12 a partir de bandas, operación S1, comprende una operación S1.1 de cortar bandas a partir de placas de acero amorfo. Las bandas pueden ser cortadas mediante una máquina de cortar. La máquina de cortar puede utilizar punzonado para cortar las placas de acero amorfo. Alternativamente la máquina de cortar puede utilizar haces de láser para cortar el acero. El láser es utilizado ventajosamente en caso de que las placas de acero sean delgadas o quebradizas. Como las placas son muy delgadas sólo es necesario un cortador láser de baja potencia. La altura de las placas puede ser determinada por ejemplo a partir del coste y de la complejidad de fabricación. Algunas placas pueden ser encoladas juntas antes de que la placa sea cortada. En una operación S1.2 las bandas cortadas son apiladas. Durante el apilamiento las bandas pueden ser colocadas en un accesorio. Utilizar un accesorio también permite el moldeo por vacío, por ejemplo, utilizando epoxi. Con el fin de reducir la elevada magneto-estricción una lámina de acero orientado puede ser colocada entre las láminas apiladas a ciertos intervalos (por ejemplo, en un orden de una lámina de acero orientado por 20 láminas apiladas). Durante el apilamiento las láminas son también encoladas, operación S1.3, con el fin de formar una viga 12. Cuando las culatas 2a, 2b son de bandas amorfas las bandas pueden ser fácilmente cortadas y apiladas en vigas y encoladas simultáneamente. Las vigas amorfas puede ser fácilmente bloqueadas en fondos del depósito o paredes del depósito para conseguir las fuerzas axiales necesarias y el soporte del depósito en todas direcciones. La viga 12 puede a continuación ser utilizada como una culata (tal como se ha descrito en este documento en la primera 12a y en la segunda 12b culatas). Opcionalmente dos o más vigas individuales 12 pueden ser ensambladas, operación S1.4, para formar una viga compuesta 13. La viga compuesta 13 puede ser utilizada a continuación como una culata (tal como se han descrito en este documento la primera 2a y la segunda 2b culatas). En la fig. 9 una viga compuesta 13 que comprende cuatro vigas individuales 12 es utilizada como la primera culata 2a. Con el fin de formar una viga compuesta 13 las vigas individuales 12 son apiladas, encoladas y moldeadas juntas. Las vigas individuales 12 pueden ser unidas por Asecond. Asecond puede ser formado a partir de materiales epoxi no curados, véase el documento WO 2008020807 A1. Típicamente una culata 2a, 2b está hecha a partir de 1, 2, 4, 6, 8 o más vigas individuales 12. Las culatas 2a, a una altura y altura arbitrarias y por tanto las culatas 2a, 2b no están ya restringidas a tamaños fijos. Análogamente a lo anterior, la máxima altura de las vigas apiladas (es decir las vigas centrales) puede ser aproximadamente 1,3 veces el diámetro de las columnas 3a, 3b. La altura de las vigas apiladas es en los bordes (es decir las vigas colocadas a la izquierda y a la derecha de las vigas centrales) entonces típicamente de aproximadamente 0,6 veces el diámetro de las columnas.

El mismo proceso que en la operación S1 (corte, apilamiento, encolado, ensamblaje) puede ser utilizado para construir columnas 3a, 3b de acero orientado como vigas a partir de bandas.

En una operación S2 un núcleo 1 del transformador híbrido es ensamblado utilizando las vigas construidas 12. En una operación S2.1 la culata inferior (la segunda culata 2b) es colocada de acuerdo con una configuración requerida. En este contexto la culata inferior puede ser una viga compuesta 13 y por tanto está compuesta de una o más vigas individuales 12 como son construidas durante la operación S1. En una operación S2.2 las columnas 3a, 3b son fijadas a la culata inferior. Las columnas 3a, 3b son por ello acopladas a la culata inferior. En una operación S2.3 los arrollamientos 11a, 11b pueden ser colocados sobre las columnas 3a, 3b. Alternativamente, los arrollamientos 11a, 11b pueden ser enrollados alrededor de las columnas 3a, 3b, en una etapa posterior. En una operación S2.4 la culata superior (la primera

culata 2a) es fijada a las columnas 3a, 3b. La culata superior está por ello acoplada a las columnas 3a, 3b. En este contexto la culata superior puede ser una viga compuesta 13 y por tanto estar compuesta de una o más vigas individuales 12 como son construidas durante la operación S1. En una operación S2.5 los medios de conexión 14 están montados en los arrollamientos 11a, 11b. En una operación S2.6 el núcleo 1 del transformador híbrido así formado es colocado en una caja (o depósito) 16 y las culatas son sujetadas a la caja (o depósito) por medios de sujeción 17a, 17b. Por tanto el núcleo 1 del transformador híbrido puede ser sujetado a una caja o depósito 16 mediante medios de sujeción 17 a, 17b en al menos una de las culatas 2a, 2b. Los medios de sujeción pueden bloquear fuerzas verticales aplicadas al núcleo 1 del transformador híbrido durante la operación y también contra la fuerza coercitiva existente entre las superficies de extremidad de las columnas y las superficies de las culatas. Los medios de sujeción pueden aislar el núcleo 1 del transformador híbrido de la caja o depósito 16. Esto puede evitar el uso de bloquear el núcleo 1 del transformador híbrido a la caja o depósito 16 por medio de tornillos, tuercas y/o pernos o similares.

En una operación S3 el núcleo 1 del transformador híbrido ensamblado es instalado, probado y hecho funcionar.

Los núcleos de transformador híbrido descritos en este documento pueden ser previstos en una reactancia. Se ha descrito así una reactancia que comprende al menos un núcleo de transformador híbrido como se ha descrito en este documento.

Por tanto los núcleos de transformador de acuerdo con las realizaciones como se ha ilustrado esquemáticamente en las figs. 1-10 podría igualmente bien ser un núcleo de una reactancia. En términos generales, con respecto a las reactancias (inductancias), estas comprenden un núcleo que la mayor parte de las veces es proporcionado con un arrollamiento solamente. En otros aspectos, lo que se ha indicado anteriormente con relación a los transformadores es sustancialmente importante también para las reactancias.

La reactancia puede ser una reactancia de derivación o una reactancia en serie. El núcleo de transformador descrito en este documento puede de acuerdo con una realización ser aplicado en reactancias con espacios de aire sin acero de núcleo eléctrico. Tales reactancias son preferiblemente adecuadas para una potencia reactiva en la región de kVAR (voltamperios reactivos) a unos pocos MVAR. El núcleo de transformador descrito en este documento puede de acuerdo con otra realización ser aplicado en reactancias con espacios de aire con un núcleo de acero (eléctrico). Tales reactancias son preferiblemente adecuadas para una potencia reactiva en la región de varios MVAR.

La invención ha sido descrita de manera principal anteriormente con referencia a unas pocas realizaciones. Sin embargo, como es fácilmente apreciado por un experto en la técnica, son igualmente posibles otras realizaciones distintas de las descritas, dentro del marco de la invención, como se ha definido por las reivindicaciones de patente adjuntas. Por ejemplo, generalmente, como las culatas amorfas pueden ser construidas de anchuras paralelas de bandas amorfas existentes el transformador descrito no está limitado a ningún tamaño máximo.

REIVINDICACIONES

1. Un núcleo (1) de transformador híbrido que comprende:
 - una primera culata (2a) de acero amorfo y una segunda culata (2b) de acero amorfo; y
 - al menos dos columnas (3a, 3b) de acero de grano orientado que se extienden entre la primera culata y la segunda culata;
 - en que una primera extremidad (4a, 4b) de cada uno de al menos las dos columnas está acoplada a una primera superficie (5a) de la primera culata en un primer plano (7a) de conexión y en que la segunda extremidad (6a, 6b) de cada una de al menos las dos columnas está acoplada a una segunda superficie (5b) de la segunda culata en un segundo plano (7b) de conexión,
 - en que la primera superficie en todas direcciones a lo largo del primer plano de conexión se extiende más allá de la primera extremidad de al menos las dos columnas, y
 - en que la segunda superficie en todas direcciones a lo largo del segundo plano de conexión se extiende más allá de la segunda extremidad de cada una de al menos las dos columnas.
2. El núcleo de transformador híbrido según la reivindicación 1, en el que cada uno de al menos las dos columnas tiene un diámetro (d), en el que en la primera culata se extiende perpendicularmente desde el primer plano de conexión 1,1-1,5 veces, preferiblemente 1,2-1,4 veces, más preferiblemente 1,3 veces dicho diámetro, y en el que la segunda culata se extiende perpendicularmente desde el segundo plano de conexión 1,1-1,5 veces, preferiblemente 1,2-1,4 veces, más preferiblemente 1,3 veces dicho diámetro.
3. El núcleo de transformador híbrido según la reivindicación 1 o 2, en el que cada una de la primera y segunda culatas está compuesta de al menos una viga de culata, comprendiendo cada viga de culata una pluralidad de placas (8) de culata apiladas de acero amorfo.
4. El núcleo de transformador híbrido según la reivindicación 3 o 4, en el que la pluralidad de placas de culata apiladas están orientadas paralelas a un primer plano (9) de placa perpendicular al primer y segundo planos de conexión, extendiéndose el primer plano de placa entre al menos las dos columnas.
5. El núcleo de transformador híbrido según la reivindicación 3 o 4, en el que al menos una de la primera culata (2a) y de la segunda culata (2b) consiste de al menos dos vigas de culata de diferentes longitudes, en que la viga de culata a la que está acoplada cada una de al menos las dos columnas es la más larga de al menos las dos vigas de culata.
6. El núcleo de transformador híbrido según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que cada una de al menos las dos columnas está compuesta de una pluralidad de placas (10) de columna apiladas de acero de grano orientado.
7. El núcleo de transformador híbrido según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la primera culata y la segunda culata y/o al menos las dos columnas tienen secciones transversales de forma circular, elipsoidal, cuadrada o rectangular.
8. El núcleo de transformador híbrido según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que cada una de al menos las dos columnas tiene un diámetro (d) en el que la primera culata y la segunda culata se extienden cada una en longitud más allá de las columnas en una distancia total de al menos el diámetro de una columna.
9. El núcleo de transformador híbrido según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que cada una de al menos las dos columnas tiene un diámetro (d) en el que la primera culata y la segunda culata tienen cada una de ellas una anchura (w) de al menos dos veces el diámetro de una columna.
10. El núcleo de transformador híbrido según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además al menos un arrollamiento (11a, 11b) estando enrollado cada uno al menos de un arrollamiento alrededor de una al menos de las dos columnas, formando por ello al menos una columna arrollada, teniendo al menos una columna arrollada un diámetro, en el que la primera culata y la segunda culata tienen una anchura de al menos el diámetro de la columna arrollada.
11. El núcleo de transformador híbrido según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que al menos una de la primera culata (2a) y de la segunda culata (2b) comprende medios de sujeción (17a, 17b) para sujetar el núcleo de transformador híbrido al menos a una pared de un depósito o de una caja (16).
12. Una reactancia que comprende al menos un núcleo de transformador híbrido según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.
13. La reactancia según la reivindicación 12, en el que la reactancia es o bien una reactancia de derivación o una

reactancia en serie.

14. Un método para fabricar un núcleo (1) de transformador híbrido según la reivindicación 1, que comprende las operaciones de:

construir (S1) culatas como vigas a partir de bandas de acero amorfo;

5

ensamblar (S2) un núcleo de transformador híbrido utilizando las vigas construidas, e

instalar, probar, y/o hacer funcionar (S3) el núcleo del transformador híbrido ensamblado.

15. El método según la reivindicación 14,

en el que la operación S1 comprende además:

cortar (S1.1) las bandas a partir de placas de acero amorfo;

10

apilar (S1.2) las bandas cortadas;

encolar (S1.3) las bandas cortadas durante el apilamiento; y/o

ensamblar (S1.4) dos o más vigas individuales, formando por ello una viga compuesta:

y/o en el que la operación S2 comprende además:

colocar (S2.1) la segunda culata de acuerdo con una configuración preferida;

15

fijar (S2.2) las columnas a la segunda culata, acoplando por ello las columnas a la segunda culata;

colocar (S2.3) arrollamientos sobre al menos una de las columnas;

fijar (S2.4) la primera culata a las columnas, acoplando por ello la primera culata a las columnas;

montar (S2.5) medios de conexión en los arrollamientos; y/o

20

colocar (S2.6) el núcleo del transformador híbrido en una caja y sujetar al menos una de la primera culata y de la segunda culata a la caja mediante medios de sujeción.

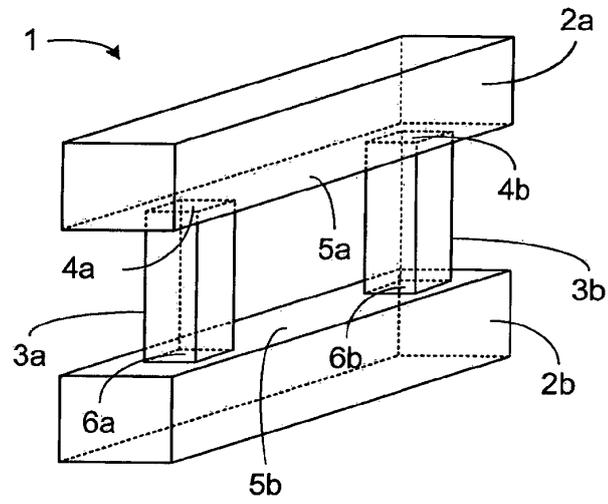


Fig. 1

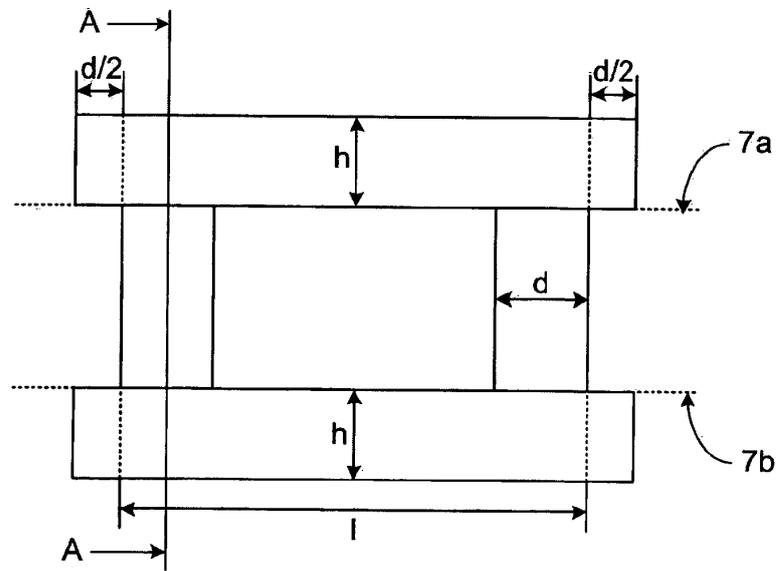


Fig. 2

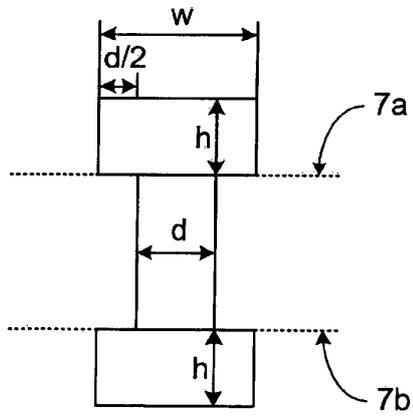


Fig. 3

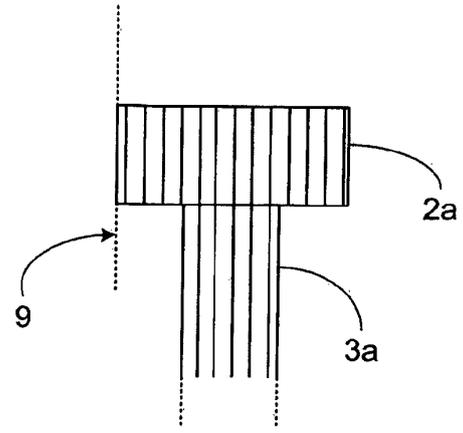


Fig. 4

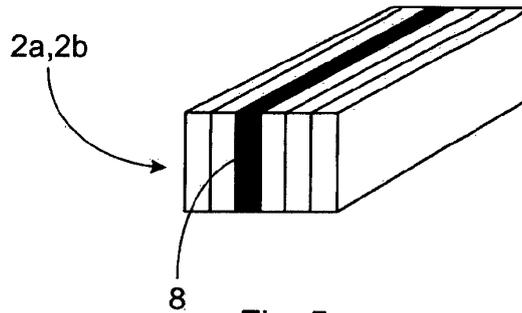


Fig. 5

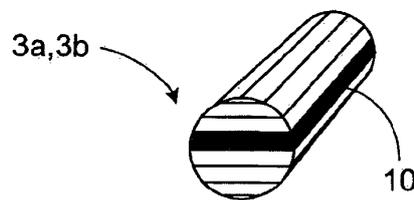


Fig. 6

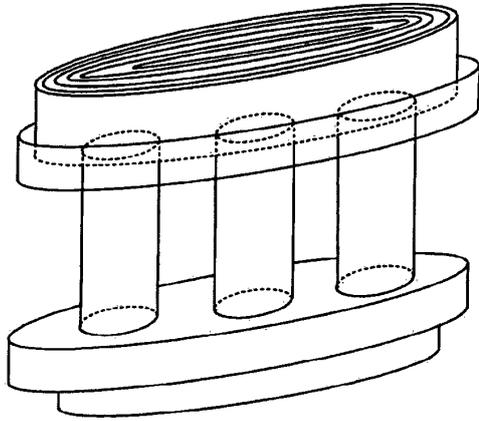


Fig. 7

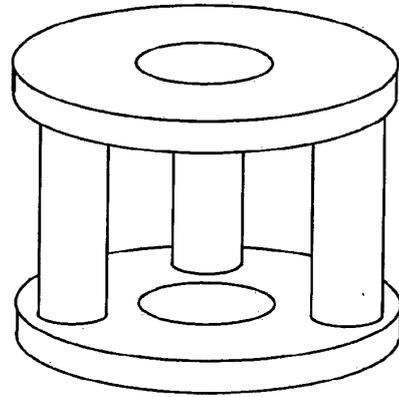


Fig. 8

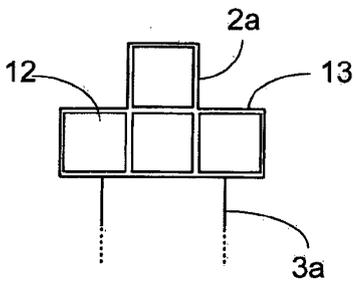


Fig. 9

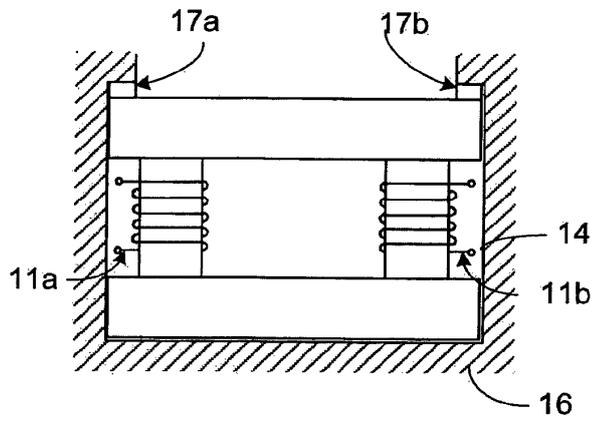


Fig. 10

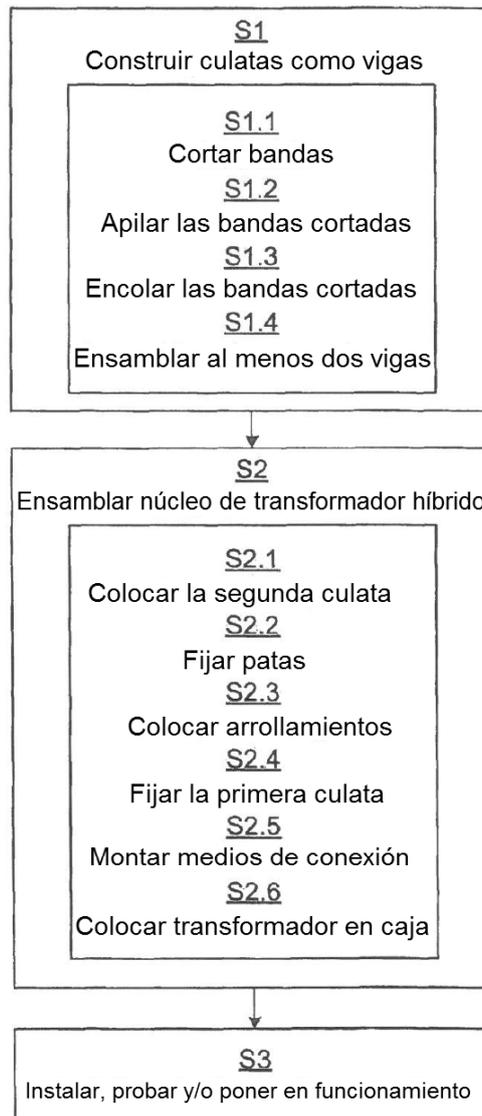


Fig. 11