(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 844 728**

(51) Int. CI.:

H01F 27/25 (2006.01)
H01F 30/10 (2006.01)
H01F 30/12 (2006.01)
H01F 41/02 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.03.2016 PCT/EP2016/055243**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **15.09.2016 WO16142504**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.03.2016 E 16709442 (4)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.10.2020 EP 3268973**

(54) Título: **Método y dispositivo para fabricar transformadores con un núcleo realizado en material amorfo, y transformador producido de este modo**

(30) Prioridad:

12.03.2015 IT FI20150071

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.07.2021

(73) Titular/es:

MONTAGNANI, GUGLIELMO (100.0%)
Via San Donato 28
53031 Casole d'Elsa (SI), IT

(72) Inventor/es:

DE LUCIA, MAURIZIO y
MESSERI, MATTEO

(74) Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

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

Método y dispositivo para fabricar transformadores con un núcleo realizado en material amorfo, y transformador producido de este modo

Campo de la invención

La presente invención se refiere a equipos y a métodos para fabricar transformadores eléctricos. En particular, la presente invención se refiere a mejoras en métodos y dispositivos para fabricar núcleos ferromagnéticos continuos, por ejemplo, utilizando bandas de metal amorfo.

Técnica anterior

Los transformadores son dispositivos eléctricos, que toman electricidad a un nivel de tensión y la cambian a electricidad a otro nivel de tensión. Los transformadores se utilizan normalmente, por ejemplo, en subestaciones de transformadores de alta a media tensión y en subestaciones de transformadores de media a baja tensión. En términos generales, un transformador está compuesto por una pluralidad de devanados realizados de material eléctricamente conductor en forma de banda o en forma de alambre, enrollado alrededor de uno o más núcleos ferromagnéticos. Los núcleos ferromagnéticos presentan habitualmente columnas, alrededor de las cuales se enrollan los devanados eléctricamente conductores, y horquillas que unen las columnas entre sí, garantizando, por tanto, la continuidad del circuito magnético definido por el núcleo.

En los transformadores trifásicos típicos, están previstos unos núcleos ferromagnéticos con tres columnas, alrededor de las cuales se enrollan el devanado primario y el devanado secundario de cada fase. Según técnicas conocidas, el núcleo ferromagnético está realizado en laminaciones apiladas unas sobre otras y eléctricamente aisladas unas de otras, para reducir las pérdidas debidas a corrientes parásitas. Las pilas de laminaciones se unen entre sí en puntos de unión entre horquillas y columnas. En estas zonas se producen altas pérdidas debido a la discontinuidad dada por los bordes de las laminaciones apiladas.

El ensamblaje de núcleos ferromagnéticos según esta técnica requiere mucho tiempo, debido al alto número de laminaciones que forman el núcleo. Las laminaciones utilizadas para fabricar esta clase de núcleos ferromagnéticos se realizan habitualmente de una aleación de hierro-carbono, con una estructura de granos orientados.

Recientemente, se ha desarrollado una técnica de fabricación de transformadores diferente, en la que el núcleo está realizado en un metal amorfo (transformador de distribución de metal amorfo, AMDT). Los metales amorfos son aleación de hierro que contiene boro en vez de carbono, utilizándose este último para las laminaciones ferromagnéticas de granos orientados. Esta técnica se ha desarrollado desde la década de los años 70. Utiliza bandas de metal amorfo muy delgadas fabricadas mediante solidificación rápida de la masa fundida. El grosor de la banda debe ser muy bajo, con el fin de lograr velocidades de enfriamiento suficientemente altas como para mantener la estructura amorfa del material incluso después de la solidificación.

La estructura amorfa del material permite una reducción significativa del trabajo de magnetización en comparación con los transformadores tradicionales. Esto da como resultado una zona de histéresis muy pequeña y, por tanto, pérdidas relativas muy bajas. El bajo grosor y la alta resistividad del metal amorfo también permiten una reducción significativa de pérdidas debido a corrientes parásitas. Por tanto, los núcleos ferromagnéticos realizados en metal amorfo presentan pérdidas de núcleo que son significativamente inferiores a los transformadores con laminaciones tradicionales, y esto da como resultado un consumo de electricidad significativamente inferior.

Sin embargo, debido a la propia naturaleza del material amorfo, se producen problemas tecnológicos significativos en la fabricación de núcleos. Se han desarrollado procedimientos de fabricación, en los que la banda se enrolla para formar una o más bobinas que se consolidan posteriormente, por medio de resinas termoestables polimerizables, para formar el núcleo final. Después, se enrollan los devanados eléctricamente conductores alrededor de las columnas de núcleo. Los documentos US2013/0200967, US8.373.529, US2013/0219700, US6.683.524, EP 2 395 521, EP 1 110 227, EP 1 277 217 divulgan ejemplos de transformadores con núcleos realizados por medio de una banda continua de metal amorfo.

El enrollado de los conductores alrededor del núcleo es muy complejo y presenta restricciones tecnológicas dado que es imposible devanarlos con suficiente tracción.

El documento GB-A-2283864 divulga un método para fabricar transformadores bifásicos compuestos por dos devanados eléctricamente conductores y un núcleo ferromagnético. Los dos devanados eléctricamente conductores se fabrican de manera independiente y después se mueven uno hacia el otro, de modo que las respectivas columnas están adyacentes entre sí. Se proporciona un carrete de devanado alrededor de las dos columnas adyacentes de los devanados eléctricamente conductores; después, se forma el núcleo ferromagnético alrededor del carrete, enrollando una banda individual de material ferromagnético. En algunas formas de

realización el núcleo ferromagnético se forma enrollando en secuencia, una detrás de otra, varias bandas de material ferromagnético de anchura decreciente. Las bandas de material ferromagnético se enrollan una detrás de otra, de modo que una segunda banda de material ferromagnético se enrolla totalmente fuera de una bobina formada por una primera banda de material ferromagnético anteriormente enrollado.

El método descrito en el documento GB-A-2283864 presenta muchos límites e inconvenientes. Concretamente, el producto obtenido con este método no está económicamente optimizado y es poco eficiente desde un punto de vista eléctrico, dado que el núcleo ferromagnético presenta una sección transversal circular que requiere la utilización de devanados eléctricamente conductores de sección interna ancha. Además, la sección transversal circular implica muchos espacios vacíos alrededor de los devanados eléctricamente conductores y, por tanto, es necesario utilizar una gran cantidad de material ferromagnético.

Por tanto, existe una necesidad de nuevos métodos y dispositivos para fabricar transformadores dotados de núcleos realizados en material ferromagnético en forma de banda, en particular de metal amorfo.

Sumario de la invención

Según un primer aspecto de la invención, se proporciona un método para fabricar un transformador en la reivindicación 1.

Con el método según la invención, se proporciona un transformador más compacto, más económico y eficiente por medio de un procedimiento mecanizado, sin necesidad de ensamblaje manual, reduciendo, por tanto, el coste global del transformador.

Según un primer aspecto de la invención, un método para fabricar un transformador que comprende devanados eléctricamente conductores y por lo menos un núcleo ferromagnético compuesto por un material ferromagnético en forma de banda enrollado, comprende las etapas siguientes: mover un primer devanado eléctricamente conductor y un segundo devanado eléctricamente conductor uno hacia el otro; fijar un borde libre inicial de un material ferromagnético en forma de banda enrollado para dar una bobina con respecto al primer devanado eléctricamente conductor y al segundo devanado eléctricamente conductor; mover la bobina de material ferromagnético en forma de banda a lo largo de una trayectoria cerrada que une el primer devanado eléctricamente conductor y el segundo devanado eléctricamente conductor, tal como para devanar el material ferromagnético en forma de banda según dicha trayectoria cerrada, formando un primer núcleo ferromagnético unido al primer devanado eléctricamente conductor y al segundo devanado eléctricamente conductor.

En la práctica, cada devanado eléctricamente conductor puede incluir uno o más conductores enrollados para formar una bobina respectiva de un circuito primario y/o un circuito secundario del transformador. Los devanados eléctricamente conductores pueden realizarse de cualquier manera adecuada, utilizando, por ejemplo, un conductor de laminación o uno lineal. Los devanados eléctricamente conductores pueden formarse en un procedimiento independiente, no relevante para los fines de la presente descripción.

En términos generales, el método descrito en la presente memoria puede utilizarse para producir cualquier transformador. El método presenta grandes ventajas para la producción de transformadores trifásicos, normalmente compuestos por tres devanados eléctricamente conductores unidos a una pluralidad de núcleos ferromagnéticos, normalmente tres núcleos ferromagnéticos.

Cada devanado eléctricamente conductor puede comprender el circuito primario y el circuito secundario de la fase respectiva.

Con el método de fabricación de núcleos ferromagnéticos descrito en la presente memoria las etapas de fabricación pueden mantenerse independientes unas de otras, concretamente la etapa de fabricar los devanados eléctricamente conductores puede mantenerse independiente de la etapa de fabricar el/los núcleo(s) ferromagnético(s). Por tanto, es posible elegir la técnica y los materiales más adecuados para la producción de los devanados eléctricamente conductores, por ejemplo, bandas de cobre o aluminio, que no pueden enrollarse alrededor de un núcleo ferromagnético previamente formado, tal como sucede en las técnicas conocidas de fabricación de transformadores de material amorfo.

Dado que el espacio disponible a lo largo de la trayectoria unida a los devanados es limitado, puede ser necesario proporcionar no solo una bobina, sino una pluralidad de bobinas de material ferromagnético en forma de banda. En este caso, el método comprende las etapas de: fijar los bordes libres iniciales del material ferromagnético en forma de banda de cada bobina a los devanados eléctricamente conductores; mover las bobinas de material ferromagnético en forma de banda a lo largo de la trayectoria cerrada que une los devanados eléctricamente conductores, formando, por tanto, el núcleo ferromagnético unido a los dos devanados eléctricamente conductores enrollando una pluralidad de bandas de material ferromagnético.

Si la formación del núcleo ferromagnético requiere una cantidad de material ferromagnético que es mayor que la

cantidad que puede recogerse en forma de banda en las bobinas dispuestas a lo largo de la trayectoria unida, pueden repetirse las etapas descritas anteriormente. Cada vez que se agotan las bobinas de material ferromagnético en forma de banda, pueden sustituirse por nuevas bobinas, cuyos bordes iniciales se fijan sobre la superficie exterior del núcleo que se ha formado parcialmente durante la etapa anterior. Las nuevas bobinas se mueven a lo largo de la trayectoria cerrada, para desenrollar las bandas respectivas y aumentar el volumen del núcleo ferromagnético.

Ventajosamente, el material ferromagnético en forma de banda es un metal amorfo, por ejemplo, una aleación de hierro que contiene boro. El material ferromagnético en forma de banda puede ser muy delgado, con un grosor del orden de 0.02 mm. Con el método descrito en la presente memoria es posible presentar un núcleo ferromagnético de volumen adecuado disponiendo una cantidad adecuada de bobinas a lo largo de la trayectoria cerrada y, si es necesario, repitiendo el procedimiento varias veces.

Las bobinas de material ferromagnético pueden montarse sobre unos pasadores o husillos de desenrollado, unidos, por ejemplo, a un elemento flexible continuo que se mueve a lo largo de la trayectoria unida a los devanados eléctricamente conductores. Para presentar un núcleo ferromagnético suficientemente compacto, el material ferromagnético en forma de banda se tensará de manera adecuada, por ejemplo, por medio de pasadores con freno, desenrollando el material ferromagnético en forma de banda mediante fricción.

En formas de realización prácticas, el transformador presenta más de dos devanados eléctricamente conductores, por ejemplo, tres devanados eléctricamente conductores para tres fases de un sistema trifásico. En este caso, el circuito ferromagnético puede comprender tres núcleos ferromagnéticos, cada uno de los cuales se forma tal como se describió anteriormente y tal como se detalla a continuación con referencia a algunas formas de realización. En particular, es posible formar: un primer núcleo ferromagnético unido a un primer devanado eléctricamente conductor y a un segundo devanado eléctricamente conductor, un segundo núcleo unido al segundo devanado eléctricamente conductor y al tercer devanado eléctricamente conductor, y un tercer núcleo unido al primer devanado eléctricamente conductor y al tercer devanado eléctricamente conductor. Combinados entre sí, los tres núcleos ferromagnéticos forman un núcleo ferromagnético compuesto con tres columnas, alrededor de las cuales se enrollan los tres devanados eléctricamente conductores.

Según un aspecto adicional de la invención, está previsto un dispositivo para producir un transformador en la reivindicación 12.

Según un aspecto adicional de la invención, está previsto un transformador en la reivindicación 16.

Características y formas de realización adicionales del método, del dispositivo y del transformador según la presente invención se describen a continuación en la presente memoria con referencia a ejemplos de formas de realización y en las reivindicaciones adjuntas, que forman una parte integrante de la presente descripción.

Breve descripción de los dibujos

La invención se entenderá mejor siguiendo la descripción y los dibujos adjuntos, que muestran formas de realización prácticas no limitativas de la invención. Más en particular, en los dibujos:

la figura 1 es una vista axonométrica de un dispositivo para la producción de un núcleo según la invención;

la figura 2 es una vista explosionada del dispositivo de la figura 1;

la figura 3 es una vista lateral según III-III en la figura 1;

las figuras 4 y 5 muestran detalles a escala ampliada de las zonas de unión entre partes de la guía lineal del dispositivo de las figuras 1 a 3;

las figuras 6, 7 y 8 muestran etapas de un método para la formación de núcleos ferromagnéticos en un transformador trifásico;

la figura 9 es una vista explosionada del dispositivo configurado para la formación del núcleo más grande del transformador mostrado en la secuencia de las figuras 6, 7 y 8;

las figuras 10 a 12 muestran esquemáticamente las etapas iniciales del enrollado de un núcleo ferromagnético;

la figura 10A muestra un aumento a escala del detalle XA de la figura 10;

la figura 12A muestra esquemáticamente una sección transversal de un transformador trifásico completo según un plano ortogonal al eje de devanado de los núcleos ferromagnéticos;

la figura 12B muestra un aumento a escala de un detalle de la figura 12A;

las figuras 13 y 14 son una vista axonométrica y una vista lateral, respectivamente, de una realización modificada de múltiples estaciones de un dispositivo según la invención;

la figura 15 muestra una forma de realización modificada.

Descripción detallada de formas de realización

La siguiente descripción detallada de formas de realización ejemplificativas se realiza haciendo referencia a los dibujos adjuntos. Los mismos números de referencia en diferentes dibujos identifican elementos iguales o similares. Además, los dibujos no están necesariamente a escala. La siguiente descripción detallada no limita la invención. El alcance de protección de la presente invención está definido por las reivindicaciones adjuntas.

En la descripción, la referencia a “una forma de realización” o “la forma realización” o “algunas formas de realización” significa que una característica, estructura o elemento particular descrito con referencia a una forma de realización está comprendido en por lo menos una forma de realización del objeto descrito. Por tanto, las expresiones “en una forma de realización” o “en la forma de realización” o “en algunas formas de realización” en la descripción no se refieren necesariamente a la misma realización o formas de realización. Las características, estructuras o elementos particulares pueden combinarse además de cualquier manera adecuada en una o más formas de realización.

Las figuras 1 a 5 ilustran las partes principales de una realización de un dispositivo según la invención. En las figuras 1 a 5, el dispositivo se muestra sin el soporte para los devanados eléctricamente conductores, que se muestra en las siguientes figuras 6, 7 y 8. En las figuras, los devanados eléctricamente conductores solo se muestran esquemáticamente y se indican con A, B y C.

El ejemplo ilustrado muestra el procedimiento para devanar los núcleos ferromagnéticos de un transformador trifásico. También puede utilizarse el mismo método para fabricar núcleos ferromagnéticos para transformadores monofásicos.

En la práctica, cada devanado eléctricamente conductor A, B, C contiene por lo menos una bobina de un devanado primario y por lo menos una bobina de un devanado secundario.

El dispositivo se marca como 1 en su conjunto y está compuesto por un bastidor de soporte 3 que soporta elementos de devanado, descritos a continuación, para devanar un material ferromagnético en forma de banda, formando, por tanto, uno o más núcleos ferromagnéticos del transformador. Tal como se muestra en las figuras 6, 7 y 8, el bastidor de soporte 3 está asociado con un soporte 5, sobre el cual están dispuestos los devanados eléctricamente conductores A, B, C de un transformador, que se ilustran esquemáticamente en las figuras 6 a 8.

En algunas formas de realización, unas guías 7 se extienden a lo largo del soporte 5, permitiendo el movimiento del bastidor de soporte 3 según la doble flecha f3. De esta manera, tal como se muestra en las figuras 6, 7 y 8 y tal como se detallará a continuación, el bastidor de soporte 3 puede adoptar diferentes posiciones a lo largo del soporte 5 para formar los diversos núcleos ferromagnéticos alrededor de partes de devanados eléctricamente conductores A, B, C.

Tal como se muestra específicamente en las figuras 1 a 3, el bastidor de soporte 3 soporta una guía lineal 9. En la forma de realización ilustrada, la guía lineal 9 es una guía doble, compuesta por dos canales de guía opuestos para dos respectivos elementos flexibles que se mueven a lo largo de una trayectoria cerrada, tal como se detalla a continuación. También es posible utilizar una única guía lineal.

La guía lineal está ventajosamente subdividida en por lo menos dos partes. De esta manera, puede ensamblarse para unir uno o más devanados eléctricamente conductores. En formas de realización particularmente ventajosas, la guía lineal está subdividida en una pluralidad de partes indicadas con 9A, 9B, 9C. Cada parte, o algunas partes, pueden estar adicionalmente subdivididas en subpartes. Tal como resultará fácilmente evidente a continuación, el hecho de que la guía lineal esté subdividida en partes que pueden ensamblarse permite adaptar la guía lineal a las dimensiones de los núcleos ferromagnéticos que deberán devanarse, de modo que es posible fabricar transformadores de diferentes dimensiones y/o devanar núcleos ferromagnéticos de diferentes dimensiones en un mismo transformador.

El bastidor de soporte 3 comprende dos montantes 3A, 3B que soportan la guía lineal doble 9.

Tal como se muestra en particular en la vista explosionada de la figura 2, la guía lineal comprende dos canales simétricos, dentro de los cuales se insertan elementos flexibles, por ejemplo, cadenas. Se inserta una cadena 11 en cada canal que forma la guía lineal doble 9. Una vez montada, la cadena define un elemento flexible continuo. En la vista explosionada de la figura 2, cada cadena 11 está subdividida en dos partes 11A y 11B. Las dos partes

11A, 11B de cada cadena 11 están unidas entre sí, por ejemplo, por medio de eslabones de conexión, es decir, eslabones que pueden abrirse retirando un pasador de articulación.

En otras formas de realización, la cadena u otro elemento flexible 11 solo puede abrirse en un punto, en vez de estar subdividido en dos partes que pueden separarse una de otra.

Tal como resultará fácilmente evidente a partir de la descripción del procedimiento de producción de núcleos ferromagnéticos, la guía lineal doble 9, 9A, 9B, 9C con los elementos flexibles 11, 11A, 11B correspondientes está dispuesta alrededor de dos devanados eléctricamente conductores adyacentes entre sí, para formar una trayectoria unida a los devanados. Bobinas de material ferromagnético en forma de banda se mueven a lo largo de esta trayectoria, para formar espiras que están dispuestas unas sobre otras y que forman, una vez que se consoliden entre sí, el núcleo ferromagnético apropiado. Para ello, se fijan unas bobinas R de material ferromagnético en forma de banda a las cadenas 11, 11A, 11B. El número de bobinas R de material ferromagnético en forma de banda varía según el grosor y la longitud que debe presentar el núcleo ferromagnético. En algunas formas de realización, no mostradas, están dispuestas dos o más bobinas de material ferromagnético en forma de banda coaxiales entre sí. De esta manera, es posible formar un núcleo que presenta un grosor que es mayor que la anchura del material ferromagnético en forma de banda que forma una única bobina R.

En algunas formas de realización, la guía lineal 9 está soportada por el bastidor de soporte 3 a través de un soporte superior 13 y un soporte inferior 15. Los dos soportes, el superior 13 y el inferior 15, pueden ajustarse según la doble flecha f13 y la doble flecha f15, respectivamente, a lo largo de la extensión vertical del bastidor de soporte 3 y, más exactamente, a lo largo de los montantes 3A, 3B de dicho bastidor de soporte 3.

En algunas formas de realización, un accionador, por ejemplo, un motor eléctrico 19, está asociado con el soporte inferior 15. El motor puede transferir el movimiento desde una polea de accionamiento 20 hasta un árbol accionado 23, por ejemplo, por medio de una correa 21 (véase en particular la figura 3). Piñones o ruedas de cadena 25 están enchavetados en el árbol 23. Cada piñón o rueda de cadena 25 se engrana con el elemento flexible continuo 11, 11A, 11B correspondiente, por ejemplo, a través de una ventana prevista en la guía lineal 9, 9A, 9B, 9C. De esta manera, el motor 19 controla el movimiento de deslizamiento del elemento flexible 11 a lo largo de la guía lineal 9, y mueve, por tanto, las bobinas R de material ferromagnético en forma de banda a lo largo de la trayectoria cerrada definida por la guía lineal 9, 9A, 9B, 9C y por los elementos flexibles 11, 11A, 11B y que une los devanados eléctricamente conductores A, B, C.

En algunas formas de realización, la cadena 21, la polea de accionamiento 20, el árbol 23 y los piñones o ruedas de cadena 25 se sustituyen por una cadena dentada o sistema de transmisión similar. Dicha cadena se mueve mediante el motor 19 a través de un engranaje (piñón) adecuado y mueve directamente el elemento flexible continuo 11, 11A, 11B. En esta realización, la cadena dentada está montada sobre por lo menos tres piñones dispuestos en un triángulo, uno de los cuales se acciona por el motor 19. En esta realización, la transmisión de movimiento entre la cadena dentada y el elemento flexible continuo 11, 11A, 11B se produce, por ejemplo, a través de una ventana proporcionada en la guía lineal 9, 9A, 9B, 9C.

Las figuras 4 y 5 muestran esquemáticamente los extremos de una parte de canal que forma la guía lineal 9, 9A, 9B, 9C. Simplemente a título de ejemplo, las figuras 4 y 5 muestran los dos extremos opuestos de uno de los canales que forman la parte inferior 9C de la guía lineal 9. Los números 31 y 33 indican esquemáticamente acoplamientos macho-hembra para unir los canales que forman las partes de guía lineal 9C y 9B. En las figuras 4 y 5, el elemento flexible continuo 11, por ejemplo, la cadena, también se ilustra esquemáticamente, deslizándose dentro de los canales que definen la guía lineal 9. Los acoplamientos macho-hembra 31, 33 son una forma de realización simplificada de los medios de acoplamiento para unir entre sí las partes de canal que forman la guía lineal 9. También son posibles otras formas de realización, por ejemplo, juntas laterales, abrazaderas exteriores que enganchan apéndices de las partes de canal, o similares.

Para una mejor comprensión del funcionamiento del dispositivo descrito anteriormente, las figuras 6, 7 y 8 ilustran tres etapas subsiguientes para la formación de núcleos ferromagnéticos que definen el circuito magnético de un transformador trifásico que comprende devanados eléctricamente conductores A, B, C.

En formas de realización prácticas, cada devanado A, B, C está constituido por un doble devanado de tensión alta/media o devanado de tensión media/baja, respectivamente. Los devanados eléctricamente conductores están incorporados en una resina polimerizada que proporciona estabilidad mecánica a los devanados eléctricamente conductores. La estructura de los devanados eléctricamente conductores A, B, C no es importante para los fines de la descripción de la presente invención. Lo que es importante es únicamente que los devanados eléctricamente conductores A, B, C sean adyacentes entre sí y que los núcleos ferromagnéticos unidos a dichos devanados eléctricamente conductores se formen mediante el dispositivo 1.

La figura 6 muestra la primera etapa para la formación de un primer núcleo ferromagnético N1 (véase la figura 7) unido a los devanados eléctricamente conductores A y B.

Para formar el núcleo ferromagnético N1, se ha ensamblado la guía lineal 9 para definir una trayectoria cerrada unida a los dos devanados adyacentes A, B. Unas bobinas R de material ferromagnético en forma de banda, normalmente un metal amorfo, están dispuestas a lo largo de la guía lineal 9. Sujetando los extremos delanteros o los extremos finales de cada banda de material ferromagnético de las bobinas R a los devanados eléctricamente conductores A, B, y moviendo cada bobina R a lo largo de la trayectoria cerrada unida a los devanados eléctricamente conductores A, B, se desenrolla el material ferromagnético en forma de banda de cada bobina R y forma una serie de espiras a lo largo de la trayectoria cerrada unida a los devanados eléctricamente conductores A, B, hasta que se forma el núcleo ferromagnético final, esquemáticamente mostrado en la figura 7, unido a los devanados eléctricamente conductores A, B.

La guía lineal 9 se ensambla combinando unas partes de guía lineal 9A, 9B, 9C entre sí por medio de los acoplamientos mostrados únicamente a modo de ejemplo en las figuras 4, 5. Las partes de guía son intercambiables, de modo que es posible formar un núcleo ferromagnético N1 de dimensiones adecuadas para la dimensión del transformador que deberá fabricarse. Para ello, las partes intermedias 9B pueden ser más largas o cortas dependiendo de la altura de los devanados eléctricamente conductores A, B. Además, las partes superiores 9A y las partes inferiores 9C pueden presentar diferentes formas y longitudes según el grosor de los devanados A, B.

En algunas formas de realización, la guía lineal 9 puede estar subdividida en partes rectilíneas y partes curvas. Las partes curvas, constituidas en la práctica por ocho segmentos curvos de los canales que forman la guía lineal, están unidas entre sí por medio de ocho segmentos rectilíneos de dichos canales, que presentan longitudes adecuadas, dependiendo de la dimensión del núcleo ferromagnético N1 que va a fabricarse. El dispositivo 1 está dotado de ocho partes curvas de canal de guía y de una pluralidad de conjuntos de partes rectilíneas de diferentes longitudes, que pueden intercambiarse y ensamblarse según las necesidades de producción.

La figura 7 muestra una etapa siguiente del procedimiento de producción de transformadores, en la que el primer núcleo ferromagnético N1 ya se ha formado y la guía lineal 9, soportada por el bastidor de soporte 3, se ha dispuesto a lo largo de una segunda trayectoria cerrada unida a los devanados eléctricamente conductores adyacentes B y C, para formar un segundo núcleo ferromagnético N2. La operación requerida para fabricar el segundo núcleo ferromagnético N2 se repite en la disposición de la figura 7, con un procedimiento sustancialmente igual al utilizado para el núcleo ferromagnético N1. El núcleo ferromagnético completo N2 se muestra en la figura 8.

La figura 8 también muestra una disposición adicional de la guía lineal 9, que, en este caso, presenta una dimensión mayor tanto en el segmento horizontal como en el vertical, para formar un tercer núcleo ferromagnético N3 unido a los devanados eléctricamente conductores A y C. La figura 9 es una vista explosionada de los componentes del dispositivo en la disposición para la formación del tercer núcleo ferromagnético N3. Además de la guía lineal doble 9, el bastidor de soporte 3 y el motor para mover los elementos flexibles 11, en esta figura también se muestran los pasadores 41, que soportan las bobinas R de material ferromagnético en forma de banda. Las bobinas R están soportadas de manera loca de modo que pueden desenrollarse mediante tracción cuando el extremo delantero del material ferromagnético en forma de banda se ha sujetado a uno de los devanados eléctricamente conductores y el eje de la bobina R se mueve a lo largo de la trayectoria cerrada definida por la guía lineal 9. Los pasadores 41 presentan freno para tensar el material ferromagnético en forma de banda durante el desenrollado. Esto garantiza que se forman espiras compactas.

Para una mejor comprensión del comienzo del devanado de cada núcleo ferromagnético N1, N2, N3, las figuras 10, 11 y 12 ilustran esquemáticamente la etapa inicial, en la que los extremos delanteros del material ferromagnético en forma de banda de cada bobina R están fijados a la parte fija constituida por el bloque de los devanados eléctricamente conductores A, B o B, C.

Las figuras 10, 11 y 12 muestran, a título de ejemplo, la etapa de preparación inicial de las bobinas R de material ferromagnético en forma de banda para la formación del núcleo ferromagnético N1 unido a los devanados eléctricamente conductores A y B. La guía lineal se indica esquemáticamente con 9 en las figuras 10, 11 y 12. En la figura 10, una primera bobina R de material ferromagnético en forma de banda M1 está montada en la guía lineal 9, en la que el borde delantero del material, indicado con T1, se adhiere directa o indirectamente a uno u otro de los devanados eléctricamente conductores A, B y, más exactamente, en el ejemplo ilustrado, al devanado eléctricamente conductor A. La fijación puede obtenerse utilizando una cinta adhesiva, por ejemplo.

El material ferromagnético en forma de banda M1 puede estar constituido únicamente por una banda o por una pluralidad de capas adyacentes enrolladas alrededor de la misma bobina R1. En la figura 10A, se muestra un aumento a escala esquemático de una parte de material ferromagnético en forma de banda M1, en la que el material ferromagnético está formado en realidad por una pluralidad de capas M1A, M1B, M1C. En este caso se proporcionan tres capas, pero el número de las mismas puede ser diferente.

La bobina R1 se prepara desenrollando y volviendo a enrollar un carrete original de grandes dimensiones radiales, alrededor del cual están enrolladas una o más capas de material ferromagnético. En otras formas de realización, la bobina R1 se forma volviendo a enrollar varias capas a partir de diferentes carretes originales, por ejemplo, tres o más carretes, para formar una bobina de múltiples capas empezando a partir de carretes originales de una capa.

En términos generales, las bobinas de materiales ferromagnéticos pueden prepararse de cualquier manera.

La bobina R1 de material ferromagnético en forma de banda M1 se monta en un pasador 41 respectivo, cuyos extremos se montan a su vez en el elemento flexible 11 formado por las dos cadenas alojadas en los dos canales opuestos que forman la guía lineal 9.

Una vez fijado el extremo del material ferromagnético en forma de banda M1 al devanado eléctricamente conductor A o B, el elemento flexible 11 se traslada una etapa alrededor de la trayectoria cerrada formada por la guía lineal 9, unida a los devanados eléctricamente conductores A, B, y adopta la posición ilustrada en la figura 11.

En este punto, se monta una segunda bobina R2 de material ferromagnético en forma de banda M2 en la guía lineal 9, y también se hace que el extremo delantero T2 del material M2 se adhiera al devanado eléctricamente conductor A. El procedimiento continúa, con el elemento flexible 11 moviéndose hacia delante gradualmente a lo largo de la trayectoria cerrada unida a los devanados eléctricamente conductores A, B, hasta que las bobinas R de material ferromagnético en forma de banda adoptan todas las posiciones disponibles (pasadores 41), tal como se muestra en la figura 12. En el esquema ilustrado en la figura a modo de ejemplo, están previstas dieciocho bobinas R1-R18. Cada bobina contiene una cantidad dada de material ferromagnético en forma de banda M1-M18. El borde delantero de cada banda de material ferromagnético M1-M18 está sujeto a la parte fija formada por uno u otro cualquiera de los devanados eléctricamente conductores A, B, al que está unida la trayectoria definida por la guía lineal 9.

El enrollado real del núcleo ferromagnético comienza a partir de la condición de la figura 12. Para ello, el elemento flexible 11 se mueve a lo largo de la guía lineal 9 siguiendo la trayectoria unida a los devanados eléctricamente conductores A, B, desenrollando gradualmente todas las bobinas R1-R18 de material ferromagnético en forma de banda M1-M18. De esta manera, cada banda de material ferromagnético forma una serie de espiras, es decir, una bobina alrededor de la parte de los devanados eléctricamente conductores A, B, a los que está unida la trayectoria definida por la guía lineal 9.

Las espiras de las bandas de materiales ferromagnéticos M1-M8 están interpuestas entre sí. Esencialmente, se forma una espira múltiple, constituida por dieciocho bandas enrolladas en paralelo, alrededor de las dos partes de devanados eléctricamente conductores A, B, a los que está unido el núcleo ferromagnético N1 que está formándose.

Dado que la dimensión de diámetro de las bobinas R está limitada por el espacio disponible a lo largo de la trayectoria definida por la guía lineal 9, si la cantidad de material ferromagnético en forma de banda de las dieciocho bobinas R1-R18 no es suficiente para formar un núcleo ferromagnético de grosor suficiente, una vez que las bobinas R1-R18 se han desenrollado completamente, es posible repetir el procedimiento montando una nueva serie de dieciocho bobinas y sujetando los bordes delanteros de las bandas de material ferromagnético al exterior de la última espira formada durante el enrollado de las bandas M1-M18. Si es necesario, antes de montar la nueva serie de dieciocho bobinas, es posible retirar la guía lineal 9 y ensamblarla de nuevo utilizando partes rectilíneas más largas, definiendo, por tanto, una trayectoria cerrada más larga, es decir, que presenta dimensiones adecuadas para recibir el núcleo ferromagnético, cuyo tamaño aumenta a medida que se enrollan las bandas de material ferromagnético.

Debe entenderse que el número de bobinas, en este caso dieciocho bobinas, es simplemente a título de ejemplo no limitativo.

Si la anchura del núcleo ferromagnético que va a producirse es mayor que la longitud axial de las bobinas R, pueden montarse dos o más bobinas coaxiales en cada pasador 41.

En el esquema ilustrado en las figuras adjuntas, las bobinas R1-R18 se desenrollan girando en el sentido de las agujas del reloj. Sin embargo, esto no es obligatorio; las bobinas también pueden disponerse en sentido inverso, para desenrollarse rotando en el sentido contrario a las agujas del reloj.

El procedimiento descrito en la presente memoria se repite para el enrollado de cada núcleo ferromagnético N1, N2, N3.

La figura 12A muestra esquemáticamente una sección transversal, según un plano vertical, del transformador una vez que los núcleos ferromagnéticos N1, N2, N3, unidos a los devanados eléctricamente conductores A, B, C, se han enrollado completamente. En esta figura resulta claramente evidente que los tres devanados que forman los núcleos ferromagnéticos N1, N2, N3 forman, en su conjunto, un único núcleo ferromagnético global, que presenta una forma similar a la de un transformador trifásico tradicional con dos horquillas y tres columnas, alrededor de las cuales están dispuestos los devanados eléctricamente conductores A, B, C. Cada columna está formada por un par de partes verticales (en la figura) de las bobinas o espiras que forman los núcleos ferromagnéticos N1, N2, N3. Cada horquilla está formada por una parte horizontal del núcleo N3 y por las partes superior o inferior horizontales de los núcleos N1 y N2.

Cada núcleo N1, N2 está formado y directamente soportado sobre los devanados eléctricamente conductores A, B y B, C, sin necesidad de interponer un carrete de devanado, como en métodos según la técnica actual. Esto da como resultado una estructura global significativamente más compacta y, por tanto, altos ahorros en cuanto a material ferromagnético y, por tanto, un producto final más compacto, más económico y eficiente.

La figura 12B muestra un detalle a escala ampliada del núcleo ferromagnético de la figura 12A. El detalle a escala ampliada muestra una parte del núcleo ferromagnético exterior N3, formado por espiras de las diversas bandas ferromagnéticas Mi puestas unas sobre otras. La vista esquemática de la figura 12B muestra partes de espiras formadas en secuencia a partir de bandas de material ferromagnético M18, M17, M16...M10. A partir de lo que se ilustra y a partir de la descripción anterior resulta claramente evidente que las espiras de bandas de material ferromagnético formadas por las bobinas R1-R18 están dispuestas unas sobre otras e interpuestas entre sí. Por ejemplo: alrededor de la espira formada por la banda ferromagnética M10 está dispuesta la espira formada por la banda ferromagnética M11 y, alrededor de la misma, está dispuesta la espira formada por la banda ferromagnética M12, y así sucesivamente. Esta disposición depende del hecho de que las bandas de material ferromagnético se desenrollan a partir de las bobinas R1-R18 a medida que se mueven las bobinas, simultáneamente y una detrás de otra, a lo largo de la trayectoria unida a los devanados eléctricamente conductores.

En algunas formas de realización, cada banda de material ferromagnético M1-M18 está dotada, por lo menos en una de sus caras, de una sustancia de endurecimiento, adecuada para estabilizar el núcleo ferromagnético formado con el material ferromagnético en forma de banda, haciendo que las espiras (formadas por dicho material) se adhieran entre sí. En algunas formas de realización, la sustancia de endurecimiento puede comprender una resina polimerizable. La sustancia de endurecimiento puede aplicarse, en estado líquido o pastoso, sobre una cara o sobre ambas faces del material ferromagnético en forma de banda de algunas o de la totalidad de las bobinas R1-R18. La sustancia de endurecimiento puede aplicarse, por ejemplo, por medio de una almohadilla, mediante pulverización, por medio de una rasqueta o de cualquier otra manera. En algunas formas de realización, la sustancia de endurecimiento se aplica, por ejemplo, durante una etapa preliminar de enrollado del material ferromagnético en forma de banda para formar cada bobina R1-R18.

Si la bobina R1-R18 está formada por más capas enrolladas juntas, cada una de ellas, o algunas de ellas, pueden estar dotadas de una capa de sustancia de endurecimiento.

Preferentemente, la sustancia de endurecimiento es eléctricamente aislante y se aplica de modo que cada espira de material ferromagnético en forma de banda está eléctricamente aislada con respecto a las espiras adyacentes. Esto permite reducir las pérdidas debidas a corrientes parásitas en el circuito magnético formado por los núcleos ferromagnéticos N1, N2, N3 y garantiza una adhesión óptima entre todas las espiras de cada núcleo ferromagnético, para formar una estructura muy estable.

En otras formas de realización de los núcleos N1, N2 y N3, las bobinas de material ferromagnético en forma de banda no están dotadas de sustancia de endurecimiento, que, ventajosamente, puede aplicarse directamente a los núcleos formados N1, N2 y N3 por medio de una almohadilla, mediante pulverización, por medio de una rasqueta o de cualquier otra manera.

En formas de realización adicionales, la sustancia de endurecimiento se aplica tanto sobre la(s) superficie(s) de cada banda M1-M18 de material ferromagnético como sobre el exterior de cada núcleo N1, N2, N3 que forma el núcleo global del transformador.

Una vez que se han enrollado completamente los tres núcleos ferromagnéticos N1, N2, N3 unidos a los devanados eléctricamente conductores A, B, C, tal como se muestra en la figura 12A, se somete el transformador a una etapa de endurecimiento para endurecer la sustancia de endurecimiento aplicada sobre las superficies de las bandas M1-M18 de material ferromagnético. Por ejemplo, si la sustancia es una resina polimerizable por calor, puede ponerse el transformador en un horno para polimerizar la resina y, por tanto, consolidar las espiras de los materiales ferromagnéticos en forma de banda M1-M18 entre sí. También es posible utilizar sustancias que se endurecen, por ejemplo, mediante polimerización, a temperatura ambiental y/o suministrando energía distinta de energía térmica.

Las figuras 13 y 14 muestran una forma de realización diferente de un dispositivo según la invención. La figura 13 es una vista axonométrica del dispositivo y la figura 14 una vista lateral del mismo. En esta realización, el dispositivo está compuesto esencialmente por una o más estaciones e incluye un soporte, indicado de nuevo con 5, sobre el cual el transformador que está ensamblándose puede trasladarse desde una primera estación 51 hasta una última estación 54, pasando a través de unas estaciones intermedias 52 y 53. Se proporciona un dispositivo 1, sustancialmente tal como el descrito anteriormente, en cada estación 51, 52, 53, en el que los diversos dispositivos 1 presentan, en esta forma de realización, un soporte común 5 para los devanados, indicados de nuevo con A, B, C en la forma de realización de las figuras 13 y 14. Esencialmente, el soporte 5 forma un plano de traslación para el transformador en las diversas etapas de ensamblaje. Pueden proporcionarse sistemas de transporte a lo largo del soporte 5, por ejemplo, un transportador, o guías deslizantes con sistemas de empuje o similares, para facilitar el movimiento del transformador desde una hasta otra de las estaciones 51, 52, 53, 54.

En cada estación 51, 52, 53 se forma uno de los tres núcleos ferromagnéticos N1, N2 y N3 enrollando un material ferromagnético en forma de banda. Más en particular, en la estación 51 se forma el núcleo ferromagnético N1; en la estación 52 se forma el núcleo ferromagnético N2; en la estación 53 se forma el núcleo ferromagnético N3, rodeando, a lo largo de una trayectoria unida a los devanados A y C, los núcleos ferromagnéticos N1 y N2 formados en las estaciones de enrollado 51 y 52. En la estación 54 se completa el transformador. Se rodea, simplemente a modo de ejemplo, por una carcasa I para proteger los devanados eléctricamente conductores A-C. El transformador T pasa desde la estación 54 hasta un horno de secado y polimerización, en el que se produce la consolidación de la resina aplicada a las bandas de material ferromagnético M1-M18 utilizadas para la formación de los tres núcleos N1, N2 y N3. Alternativamente, puede realizarse la polimerización a temperatura ambiental.

En ambas formas de realización, la consolidación del devanado también puede producirse utilizando una fuente de energía diferente, distinta de calor, por ejemplo, radiación UV o similares.

En vez de una guía lineal con elementos flexibles continuos guiados dentro de la misma, pueden proporcionarse otros sistemas de enrollado, siempre que puedan desmontarse para retirarse de los devanados eléctricamente conductores A, B, C respectivos, a los que está unido el núcleo de material ferromagnético N1, N2, N3 respectivo.

En las formas de realización ilustradas, los devanados eléctricamente conductores A, B y C están dispuestos adyacentes entre sí, para formar una estructura lineal. También es posible producir transformadores, en los que el circuito ferromagnético está formado por tres núcleos dispuestos como un triángulo, con una disposición triangular consiguiente de los devanados eléctricamente conductores, según una estructura conocida, por ejemplo, a partir de las publicaciones mencionadas en la parte de introducción de la presente descripción. Sin embargo, se prefiere fuertemente la disposición ilustrada en las figuras adjuntas, con los tres devanados eléctricamente conductores A, B, C dispuestos linealmente, es decir, alineados entre sí, ya que se hace que la formación de los núcleos ferromagnéticos N1, N2, N3 y, por tanto, del circuito ferromagnético global sea más fácil, aprovechando de una manera óptima los espacios internos entre los devanados eléctricamente conductores.

Aunque las formas de realización particulares de la invención descritas anteriormente se han mostrado en los dibujos y se han descrito íntegramente en la descripción anterior con rasgos y características relacionados con diferentes formas de realización de ejemplo, los expertos en la materia entenderán que son posibles modificaciones, cambios y omisiones, sin por ello alejarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

Por ejemplo, en algunas formas de realización cada bobina R1-R18 se mueve no solo a lo largo de la trayectoria cerrada que une los devanados eléctricamente conductores entre sí, sino también en dirección radial, es decir, en una dirección hacia y alejándose del centro de la trayectoria. Esto puede proporcionarse, por ejemplo, disponiendo cada uno de los pasadores 41 que soportan las bobinas R1-R18 sobre unas guías auxiliares ortogonales a la trayectoria cerrada y dirigidas hacia el centro de la misma. Los pasadores 41, u otros soportes adecuados, se mueven a lo largo de las guías auxiliares para mantenerse siempre en la posición más próxima al centro de la trayectoria cerrada, variando esta posición a medida que aumenta el grosor del núcleo ferromagnético. La formación de las espiras de banda ferromagnética provoca un movimiento gradual de las bobinas R1-R18 alejándose del centro de la trayectoria cerrada. La figura 15, similar a la figura 10 descrita anteriormente, muestra esquemáticamente una disposición de este tipo, ilustrada únicamente para una bobina R1. El número 10 indica una guía auxiliar para el pasador 41, sobre el cual está soportada la bobina R1. El pasador 41 está desviado según la flecha F, por ejemplo, por medio de resortes insertados en la guía auxiliar 10, para mantener la superficie exterior de la bobina R1 en contacto inicialmente con los devanados eléctricamente conductores y después con la superficie exterior del núcleo ferromagnético que está enrollándose.

De esta manera, se reducen adicionalmente los volúmenes ocupados y se aprovechan mejor los espacios disponibles.

REIVINDICACIONES

1. Método para fabricar un transformador que comprende unos devanados eléctricamente conductores (A, B, C) y por lo menos un núcleo ferromagnético (N1, N2, N3) compuesto por un material ferromagnético en forma de banda enrollado (M1-M18), que comprende las etapas siguientes:

- mover un primer devanado eléctricamente conductor (A) y un segundo devanado eléctricamente conductor (B) uno hacia el otro; caracterizado por

- fijar un borde libre inicial (T1) de un material ferromagnético en forma de banda enrollado en una bobina (R) con respecto al primer devanado eléctricamente conductor y al segundo devanado eléctricamente conductor;

- mover la bobina de material ferromagnético en forma de banda a lo largo de una trayectoria cerrada que une el primer devanado eléctricamente conductor y el segundo devanado eléctricamente conductor, tal como para devanar el material ferromagnético en forma de banda según dicha trayectoria cerrada, formando un primer núcleo ferromagnético (N1) unido al primer devanado eléctricamente conductor y al segundo devanado eléctricamente conductor.

2. Método según la reivindicación 1, en el que la etapa de formar el primer núcleo ferromagnético comprende las etapas siguientes:

- proporcionar una pluralidad de bobinas de material ferromagnético en forma de banda;

- fijar los bordes libres iniciales del material ferromagnético en forma de banda de las bobinas con respecto al primer devanado eléctricamente conductor y al segundo devanado eléctricamente conductor;

- mover las bobinas de material ferromagnético en forma de banda a lo largo de la trayectoria cerrada que une el primer devanado eléctricamente conductor y el segundo devanado eléctricamente conductor, formando el respectivo núcleo ferromagnético unido al primer devanado eléctricamente conductor y al segundo devanado eléctricamente conductor.

3. Método según la reivindicación 1 o 2, que comprende asimismo las etapas siguientes: proporcionar un tercer devanado eléctricamente conductor (C); mover el segundo devanado eléctricamente conductor y el tercer devanado eléctricamente conductor uno hacia el otro; posteriormente, formar un segundo núcleo ferromagnético (N2) unido al segundo devanado eléctricamente conductor y al tercer devanado eléctricamente conductor, mediante el devanado de por lo menos una banda de material ferromagnético en forma de banda según una trayectoria cerrada que une el segundo devanado eléctricamente conductor y el tercer devanado eléctricamente conductor; formar un tercer núcleo ferromagnético (N3) unido al primer devanado eléctricamente conductor y al tercer devanado eléctricamente conductor, mediante el devanado de por lo menos una banda de material ferromagnético en forma de banda según una trayectoria cerrada que une el primer devanado eléctricamente conductor y el tercer devanado eléctricamente conductor.

4. Método según por lo menos reivindicación 3, que comprende asimismo las etapas siguientes:

- proporcionar por lo menos una segunda bobina y preferentemente una pluralidad de segundas bobinas de material ferromagnético en forma de banda;

- fijar un borde inicial del material ferromagnético en forma de banda de dicha segunda bobina, o de cada una de dichas segundas bobinas, con respecto al segundo devanado eléctricamente conductor y al tercer devanado eléctricamente conductor;

- mover dichas segundas bobinas de material ferromagnético en forma de banda a lo largo de la segunda trayectoria cerrada que une el segundo devanado eléctricamente conductor y el tercer devanado eléctricamente conductor, formando el segundo núcleo ferromagnético unido al segundo devanado eléctricamente conductor y al tercer devanado eléctricamente conductor.

5. Método según la reivindicación 3 o 4, que comprende asimismo las etapas siguientes:

- proporcionar por lo menos una tercera bobina y preferentemente una pluralidad de terceras bobinas de material ferromagnético en forma de banda;

- fijar un borde inicial del material ferromagnético en forma de banda de dicha tercera bobina, o de cada una de dichas terceras bobinas, de material ferromagnético en forma de banda con respecto a los devanados eléctricamente conductores;

- mover dicha tercera bobina o bobinas de material ferromagnético en forma de banda a lo largo de una trayectoria cerrada adicional que une el primer devanado eléctricamente conductor y el tercer devanado eléctricamente conductor, formando un tercer núcleo ferromagnético.

6. Método según una o más de las reivindicaciones anteriores, que comprende asimismo las etapas siguientes:

- disponer una capa de una sustancia de endurecimiento, tal como una resina polimerizable, sobre por lo menos una cara de por lo menos un material ferromagnético en forma de banda;

- después de haber enrollado el núcleo ferromagnético, endurecer la sustancia de endurecimiento, para consolidar el núcleo ferromagnético.

7. Método según una o más de las reivindicaciones anteriores, que comprende la etapa de aplicar una sustancia de endurecimiento al núcleo ferromagnético formado y endurecer dicha sustancia de endurecimiento, preferentemente una resina polimerizable.

8. Método según una o más de las reivindicaciones anteriores, en el que el material ferromagnético en forma de banda es un material amorfo, preferentemente una aleación de hierro que contiene boro.

9. Método según una o más de las reivindicaciones anteriores, que comprende las etapas siguientes:

- disponer una guía lineal (9) unida al primer devanado eléctricamente conductor y al segundo devanado eléctricamente conductor;

- asociar dicha bobina o bobinas de material ferromagnético en forma de banda con dicha guía lineal;

- mover la bobina o bobinas de material ferromagnético en forma de banda a lo largo de la guía lineal.

10. Método según la reivindicación 9, que comprende las etapas siguientes: disponer, a lo largo de la guía lineal, por lo menos un elemento flexible continuo (11), sobre el cual dicha bobina o bobinas de material ferromagnético en forma de banda está o están montada(s), preferentemente por medio de unos elementos de fijación frenados (41); y mover dicho elemento flexible continuo a lo largo de una trayectoria cerrada definida por dicha guía lineal; y en el que preferentemente el elemento flexible continuo puede abrirse en por lo menos un punto, de manera que sea conectado al primer devanado eléctricamente conductor y al segundo devanado eléctricamente conductor, y sea retirado de los devanados eléctricamente conductores después de que el núcleo ferromagnético haya sido formado.

11. Método según una o más de las reivindicaciones anteriores, que comprende la etapa de formar un núcleo ferromagnético compuesto, que comprende una pluralidad de núcleos ferromagnéticos, unido a una pluralidad de devanados eléctricamente conductores.

12. Dispositivo (1) para producir un transformador que comprende por lo menos dos devanados eléctricamente conductores (A, B, C), dispuestos adyacentes entre sí, y un núcleo ferromagnético (N1, N2, N3) unido a los dos devanados eléctricamente conductores y formado por medio de material ferromagnético en forma de banda enrollado (M1-M18); comprendiendo dicho dispositivo unos elementos de guiado (9, 11) configurados y dispuestos de manera que definan una trayectoria cerrada unida a dichos dos devanados eléctricamente conductores, a lo largo de la cual pueden devanarse uno o más materiales ferromagnéticos en forma de banda a partir de por lo menos una bobina (R); y caracterizado por que por lo menos una bobina (R) de material ferromagnético en forma de banda puede moverse a lo largo de la trayectoria cerrada unida a dichos dos devanados eléctricamente conductores (A, B, C), de manera que desenrolle el material ferromagnético en forma de banda a partir de dicha por lo menos una bobina y para formar el núcleo ferromagnético unido a los dos devanados eléctricamente conductores.

13. Dispositivo según la reivindicación 13, en el que dichos elementos de guiado comprenden una guía lineal (9) y un transportador que se mueve a lo largo de la guía lineal; y en el que preferentemente la guía lineal está compuesta por al menos dos partes (9A, 9B, 9C) que pueden estar acopladas entre sí, para formar la trayectoria cerrada unida a los dos devanados eléctricamente conductores, y pueden ser liberadas una de otra, para retirar la guía lineal después de que se haya sido formado el núcleo ferromagnético.

14. Dispositivo según la reivindicación 13, en el que el transportador comprende un elemento flexible (11) configurado de manera que esté dispuesto a lo largo de la guía lineal, y dicho elemento flexible puede ser cerrado, de manera que forme un elemento flexible continuo que se extiende a lo largo de la guía lineal cuando esta última está dispuesta para formar la trayectoria cerrada unida a los devanados eléctricamente conductores, y puede abrirse, para retirarse a partir de los devanados eléctricamente conductores después de haberse formado el núcleo ferromagnético; y en el que preferentemente el elemento flexible continuo comprende dos o más partes (11A, 11B) que pueden ser liberadas una de otra, o acopladas entre sí, para formar un elemento flexible continuo; y

preferentemente que comprende un motor (19) para mover la bobina o bobinas de material ferromagnético en forma de banda a lo largo de la trayectoria cerrada unida a los devanados eléctricamente conductores.

15. Dispositivo según una o más de las reivindicaciones 13 o 14, que comprende un soporte (5) para los devanados eléctricamente conductores, y por lo menos un bastidor de soporte (3) para soportar la guía lineal, en el que dicho bastidor de soporte puede estar configurado de manera que adapte la trayectoria cerrada unida a los devanados eléctricamente conductores, y en el que preferentemente el bastidor de soporte para los elementos de guiado soporta un motor para mover las bobinas de material ferromagnético en forma de banda a lo largo de la trayectoria cerrada unida a los devanados eléctricamente conductores; y en el que preferentemente el bastidor que soporta la guía lineal y el soporte para los devanados eléctricamente conductores pueden moverse uno con respecto al otro; o en el que el dispositivo comprende un soporte para los devanados eléctricamente conductores y una pluralidad de bastidores de soporte para la guía lineal, en el que las respectivas guías lineales pueden estar asociadas con cada uno de dichos bastidores de soporte y en el que con cada bastidor de soporte está combinado un respectivo motor para mover la(s) bobina(s) a lo largo de una trayectoria cerrada definida por la respectiva guía lineal, unida a los devanados eléctricamente conductores, siendo el transformador transferido desde uno hasta otro de los bastidores de soporte.

16. Transformador eléctrico que comprende por lo menos un primer devanado eléctricamente conductor (A) y un segundo devanado eléctricamente conductor (B) adyacentes entre sí, cada uno de los cuales está formado por unos conductores enrollados de manera que formen unas respectivas bobinas (R), y por lo menos un primer núcleo ferromagnético (N1) que comprende una pluralidad de bandas de material ferromagnético (M1-M18), presentando cada banda de material ferromagnético un borde inicial y un borde final, formando cada banda de material ferromagnético una pluralidad de espiras continuas, estando las espiras de las bandas individuales de material ferromagnético interpuestas entre sí; y estando el primer núcleo ferromagnético unido al primer devanado eléctricamente conductor y al segundo devanado eléctricamente conductor, caracterizado por que dichas espiras de diferentes bandas de material ferromagnético están dispuestas unas sobre otras e interpuestas entre sí.

17. Transformador según la reivindicación 16, en el que el primer núcleo ferromagnético está soportado directamente por el primer devanado eléctricamente conductor y por el segundo devanado eléctricamente conductor.

18. Transformador según la reivindicación 16 o 17, en el que el material ferromagnético es un material amorfo, preferentemente una aleación a base de hierro que contiene boro, preferentemente que presenta un grosor comprendido entre 0.01 y 0.02 mm.

19. Transformador según la reivindicación 16 o 17 o 18, que comprende una sustancia de endurecimiento de manera preferida eléctricamente aislante, preferentemente una resina polimerizada, entre unas espiras adyacentes formadas por las bandas de material ferromagnético y/o fuera de los núcleos.

20. Transformador según cualquiera de las reivindicaciones 16 a 19, que comprende un tercer devanado eléctricamente conductor (C), un segundo núcleo ferromagnético (N2) unido al segundo devanado eléctricamente conductor y al tercer devanado eléctricamente conductor, y un tercer núcleo ferromagnético (N3) unido al primer devanado eléctricamente conductor y al tercer devanado eléctricamente conductor, estando el segundo núcleo ferromagnético y el tercer núcleo ferromagnético compuestos, cada uno, por una pluralidad de bandas de material ferromagnético, presentando cada banda de material ferromagnético un borde inicial y un borde final, formando cada banda de material ferromagnético una pluralidad de espiras continuas, y estando las espiras de las bandas individuales de material ferromagnético interpuestas entre sí.

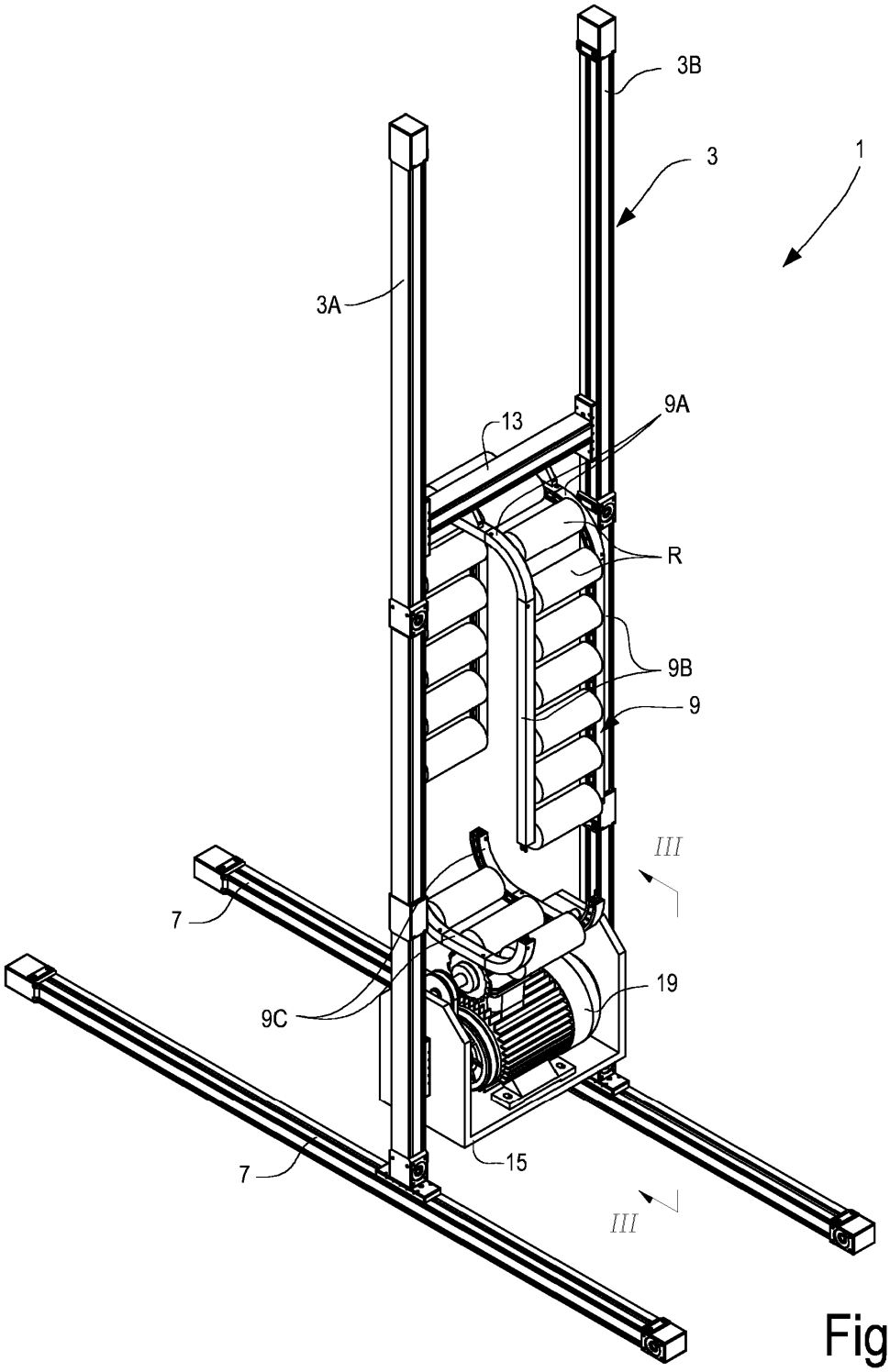


Fig.1

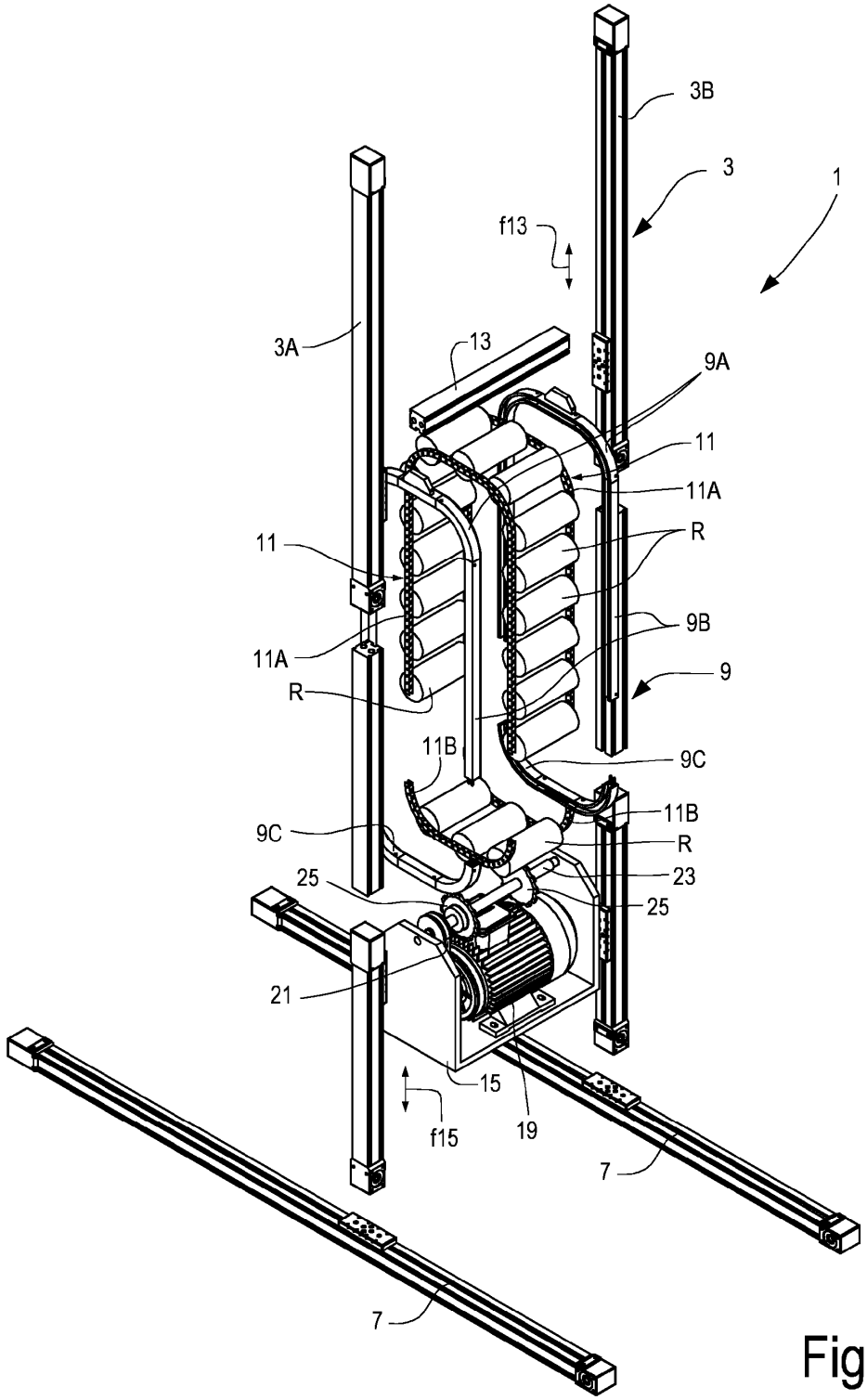

3B
3
1
f13
3A
13
9A
11
11A
R
11
9B
11A
9
R
11B
9C
11B
9C
R
25
23
25
21
15
f15
19
7
7

Fig.2

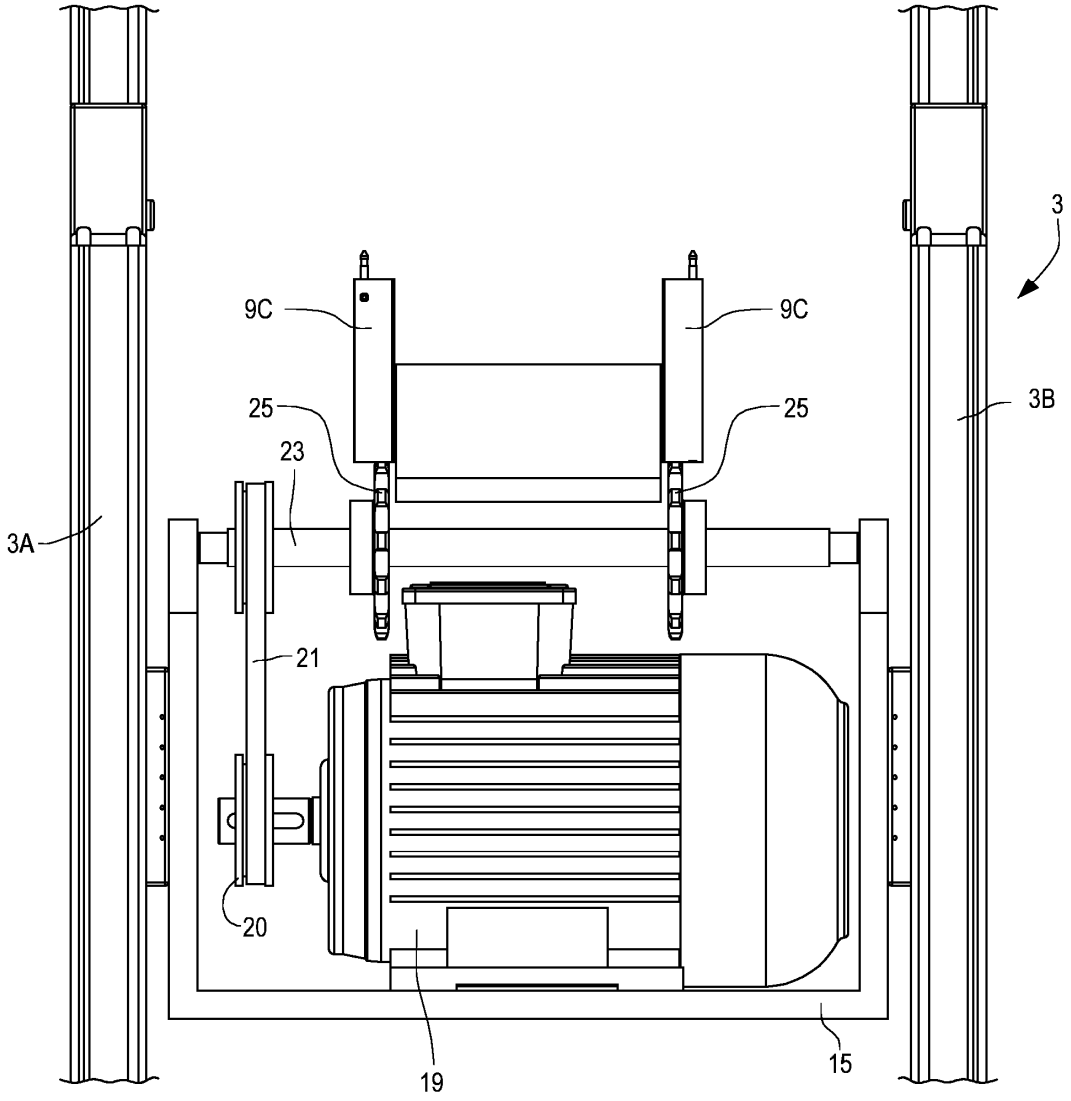


Fig.3

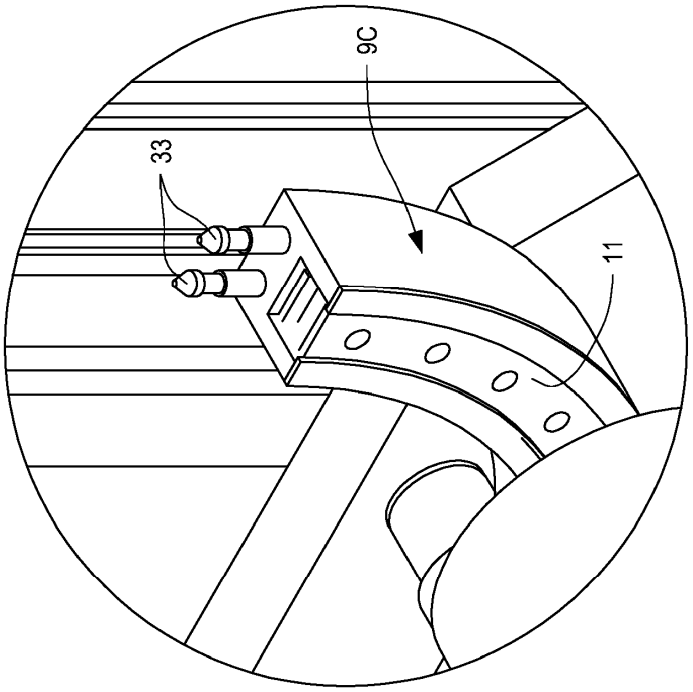


Fig.5

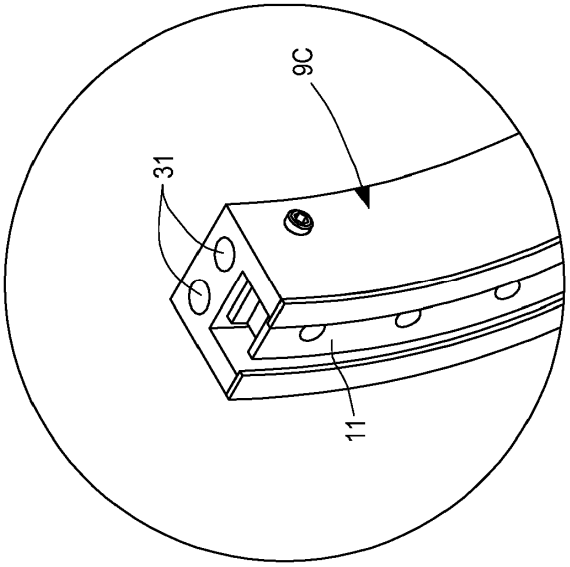


Fig.4

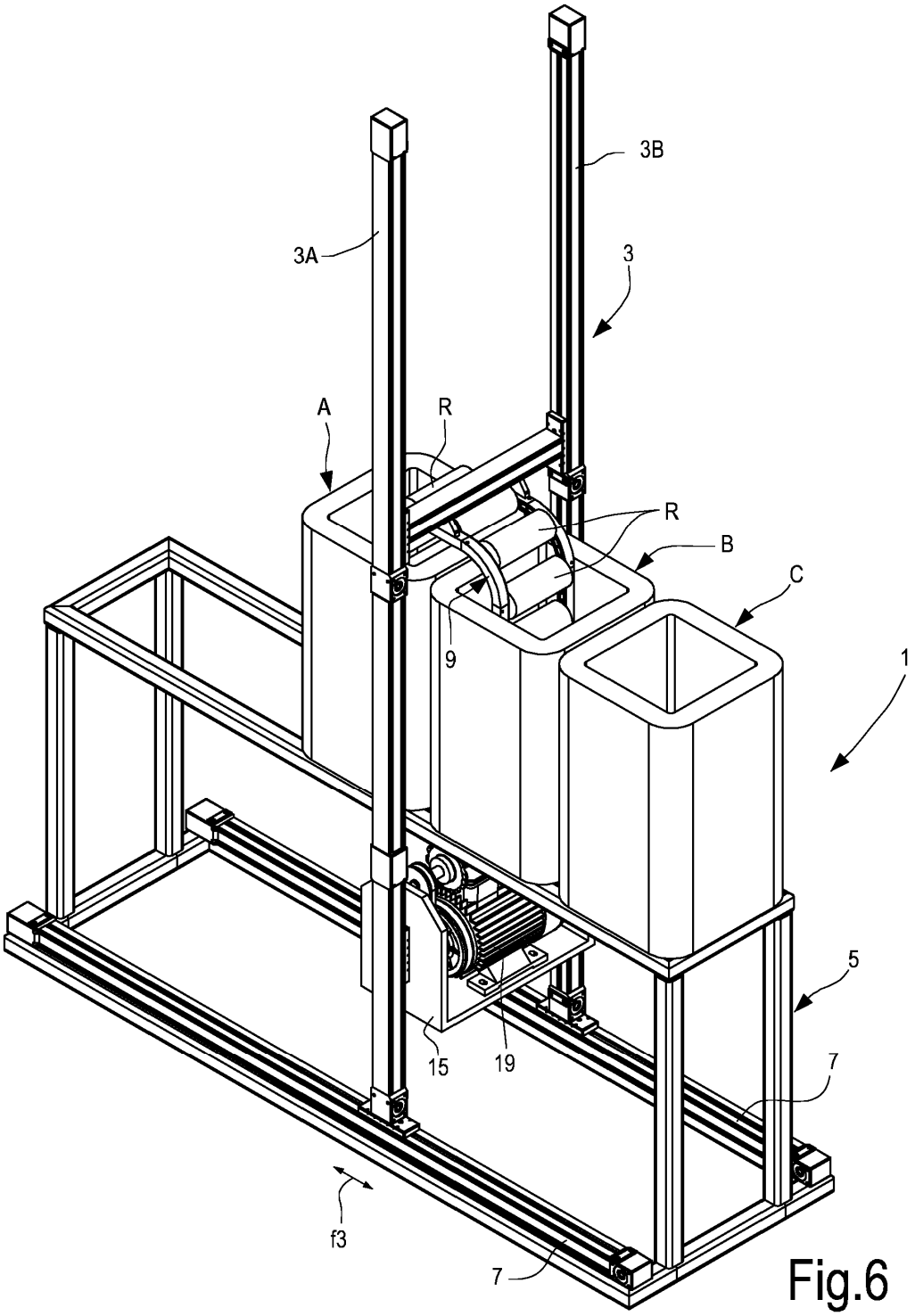


Fig.6

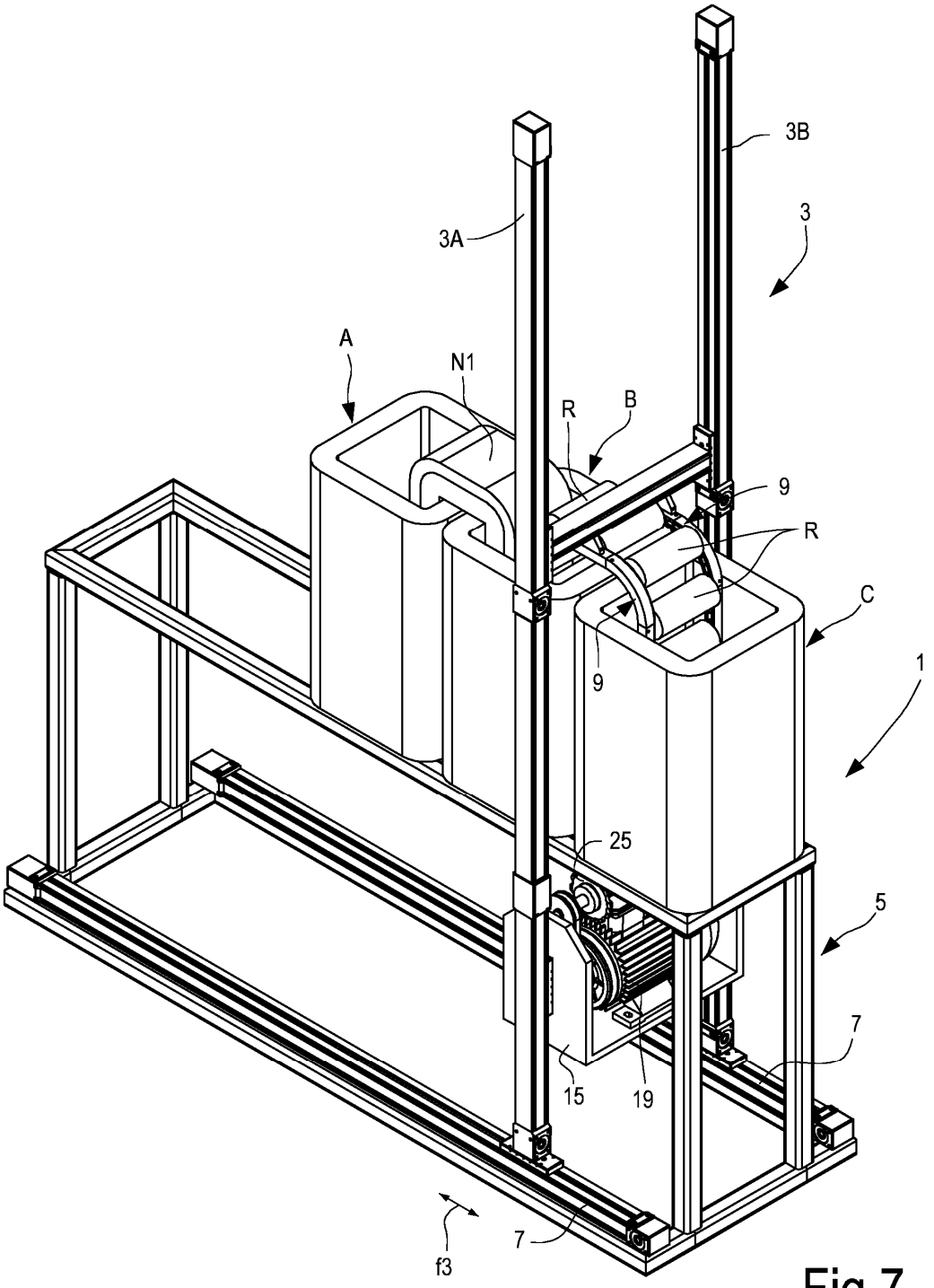


Fig.7

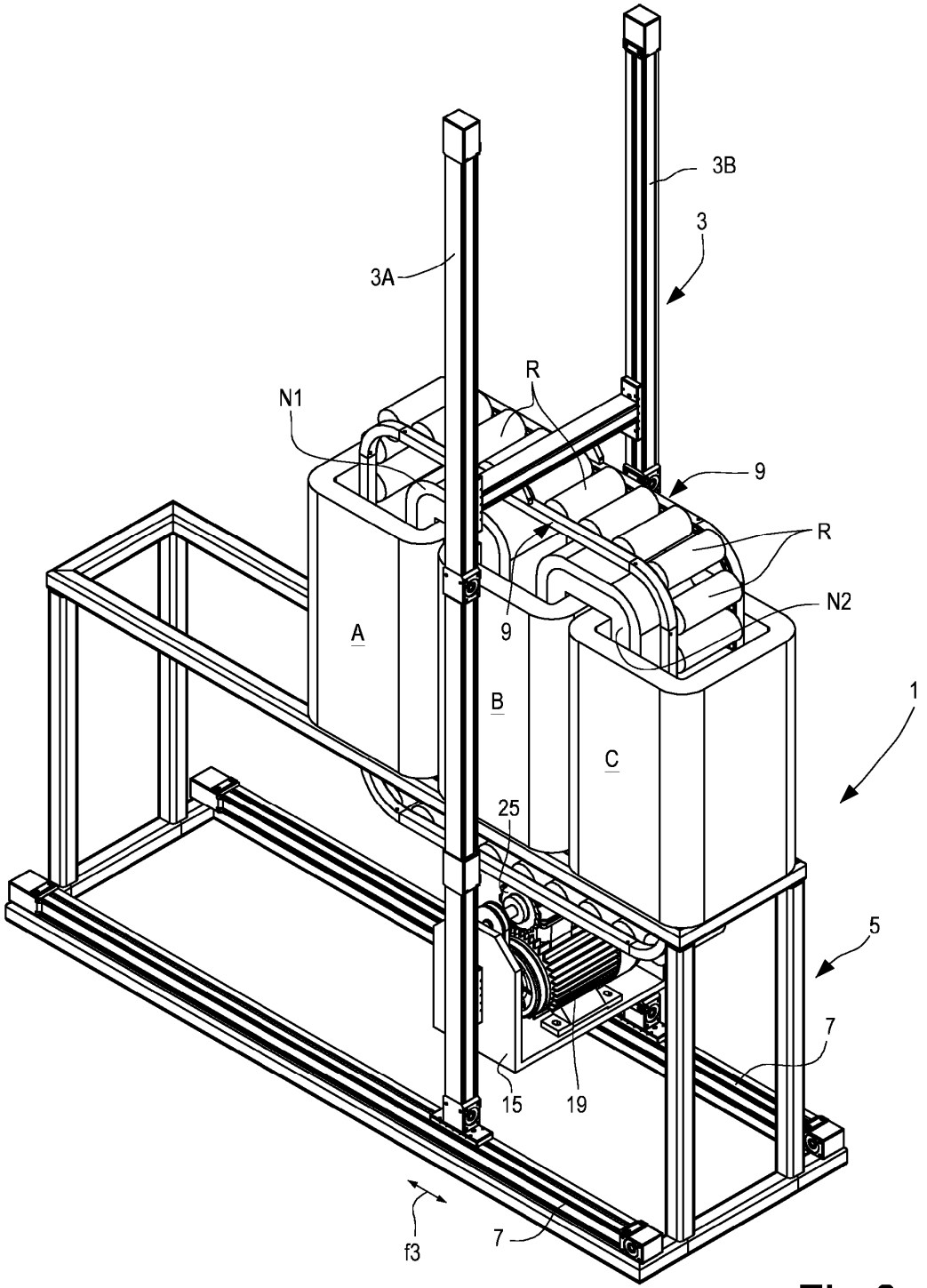


Fig.8

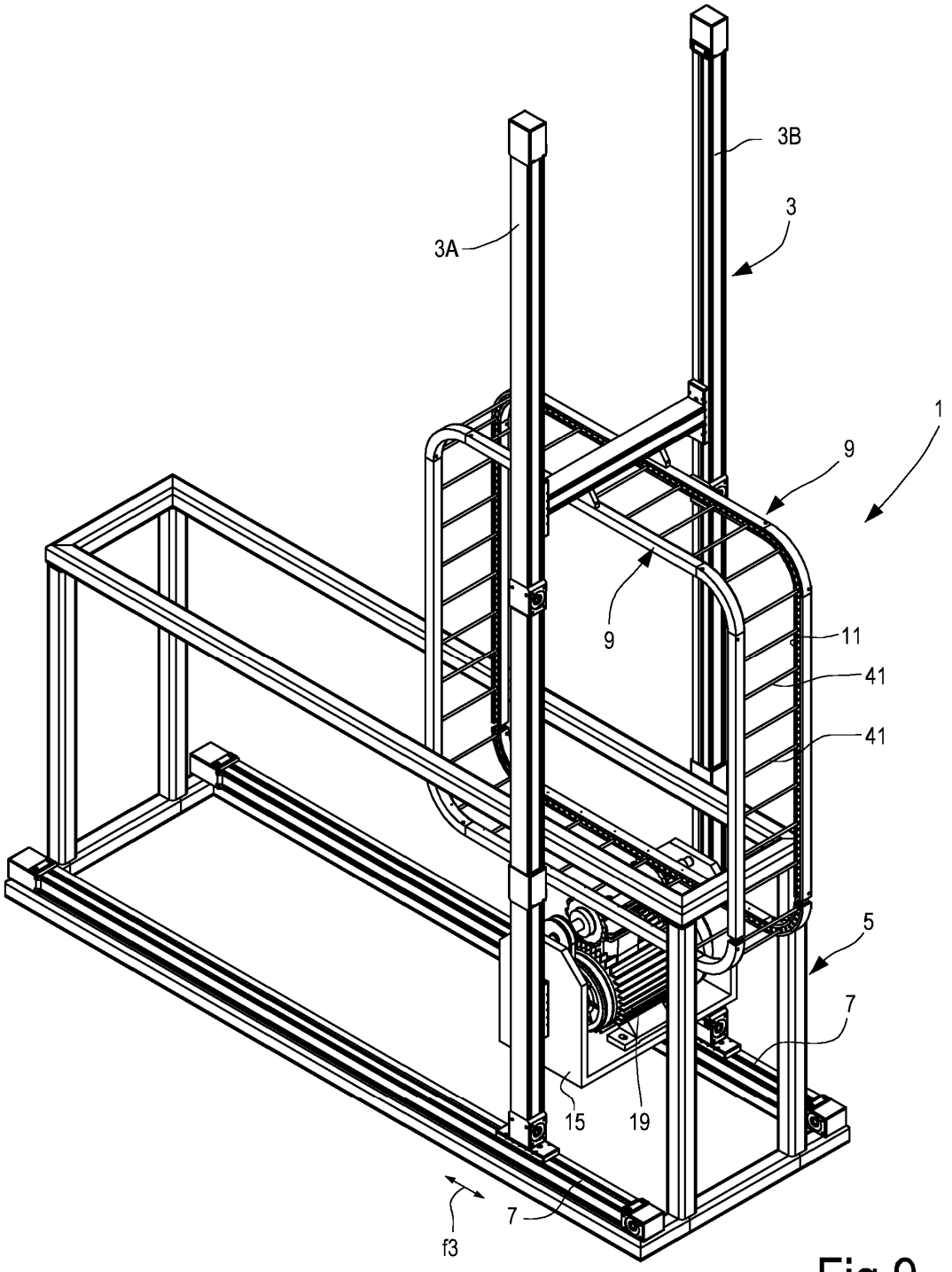


Fig.9

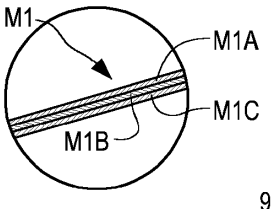


Fig.10A

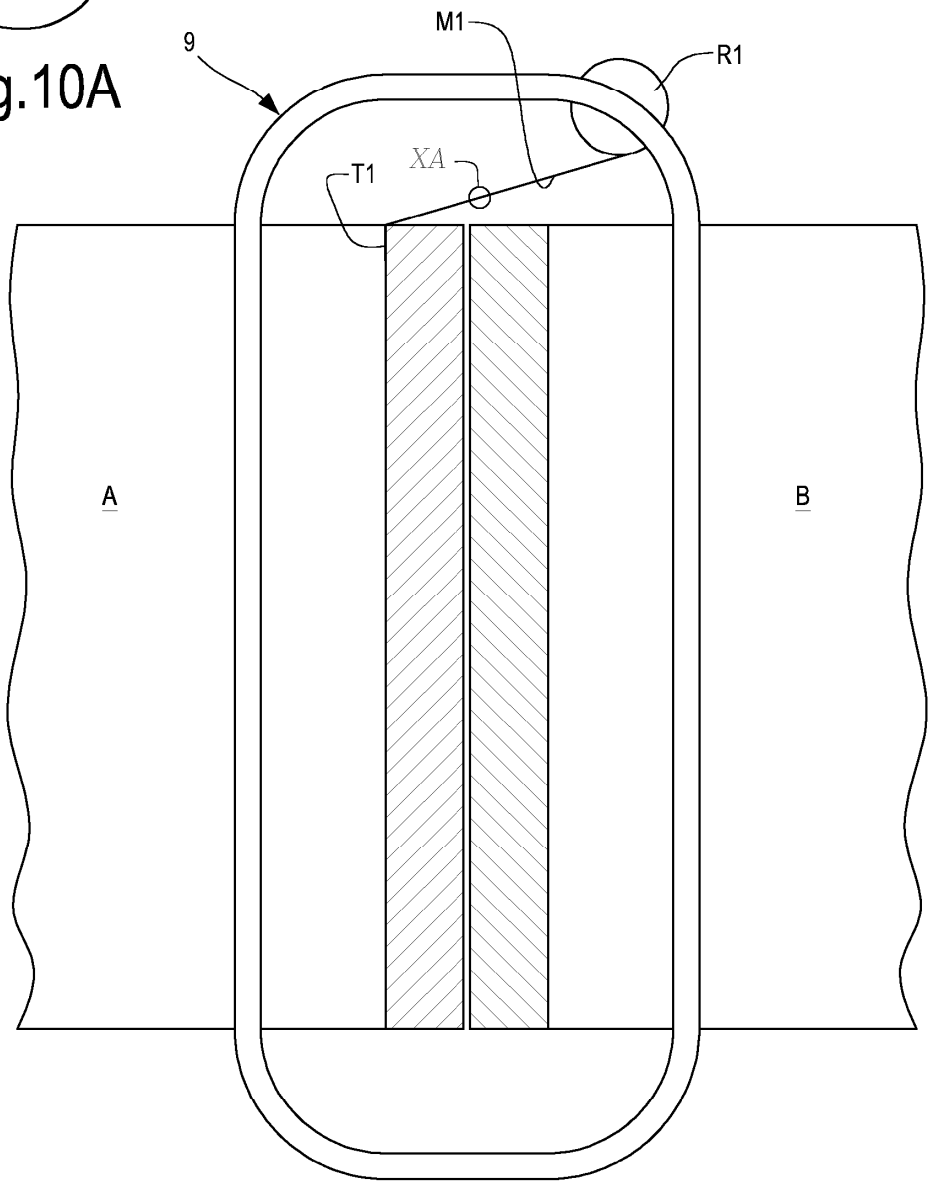


Fig.10

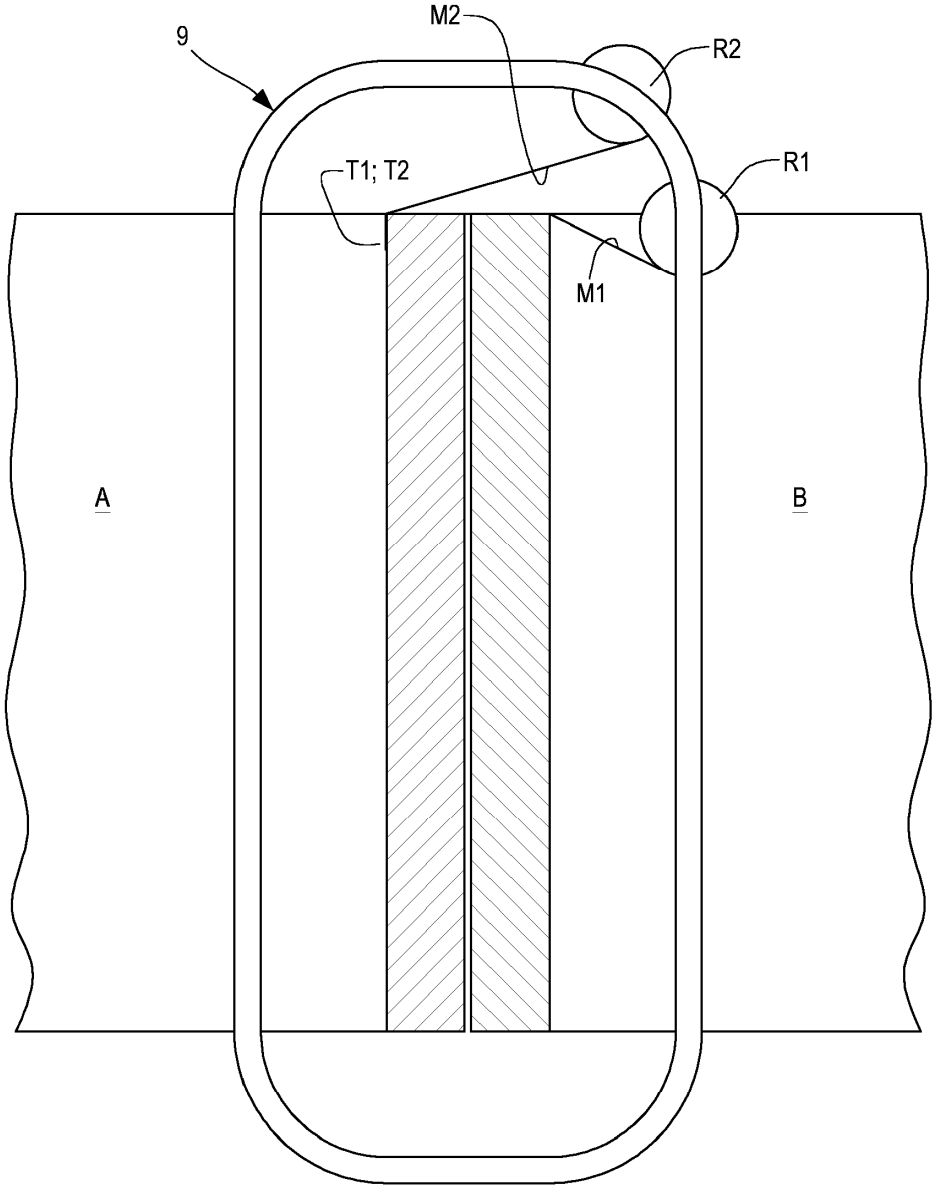


Fig.11

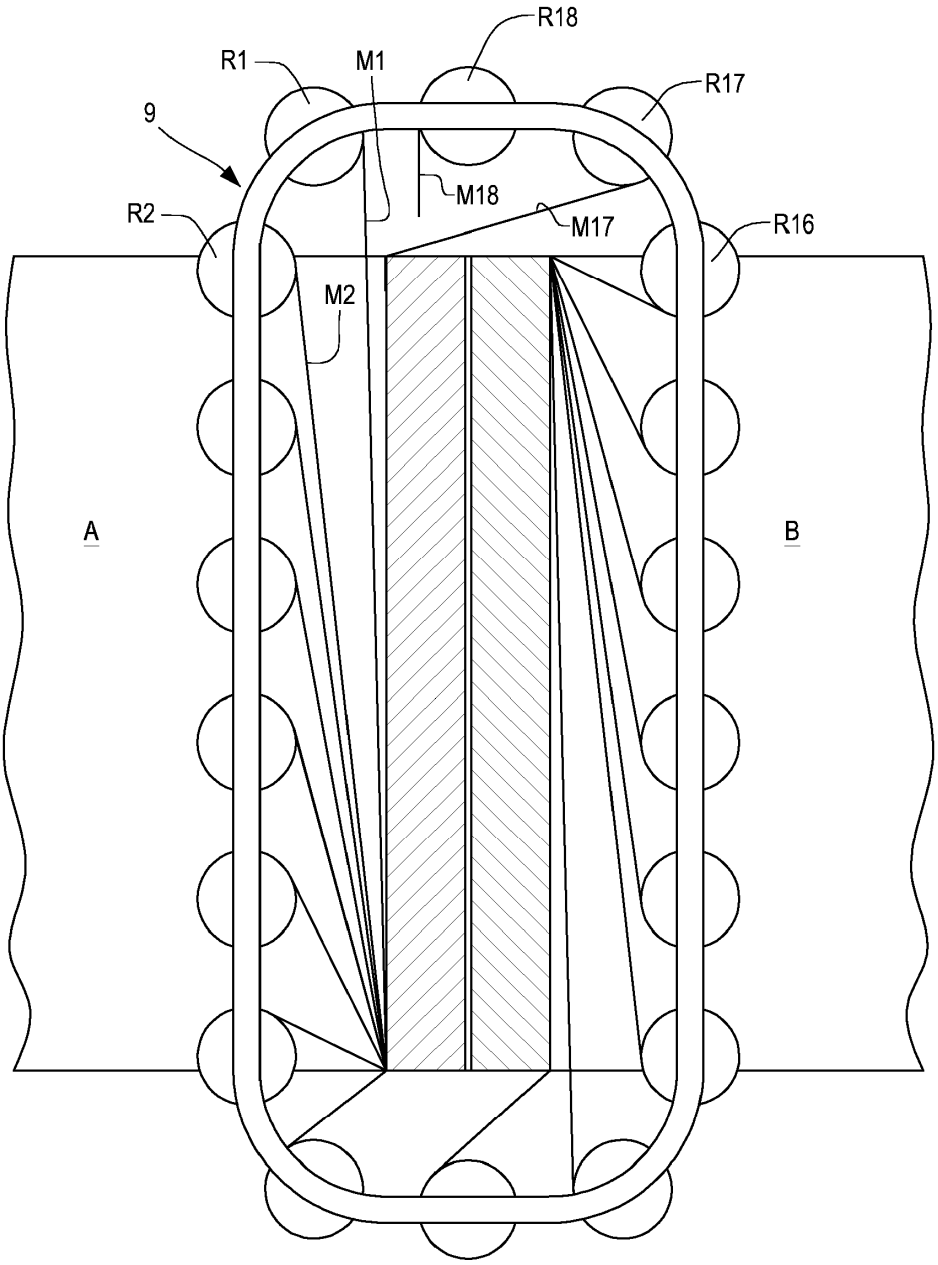
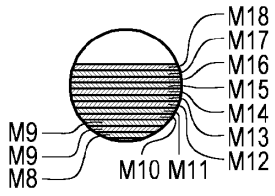


Fig.12

Fig.12B



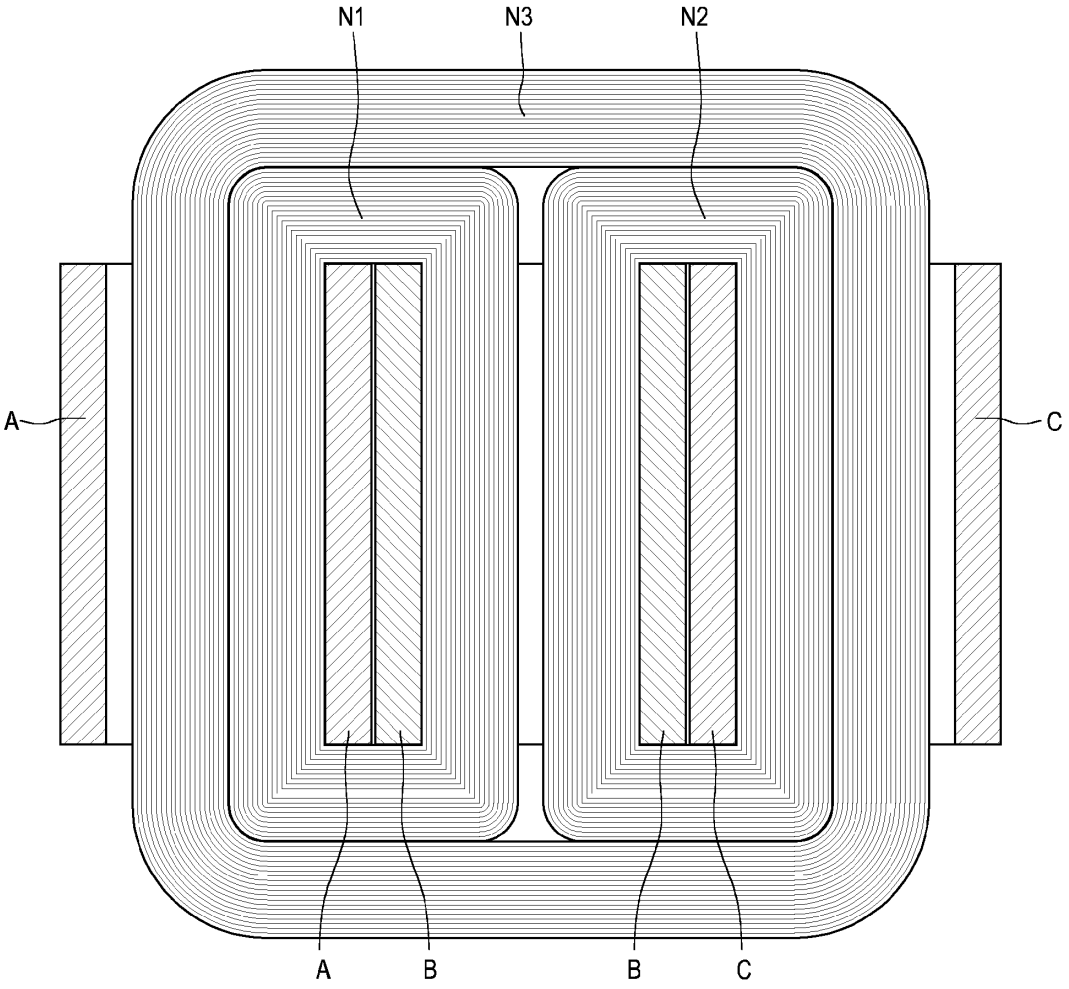


Fig.12A

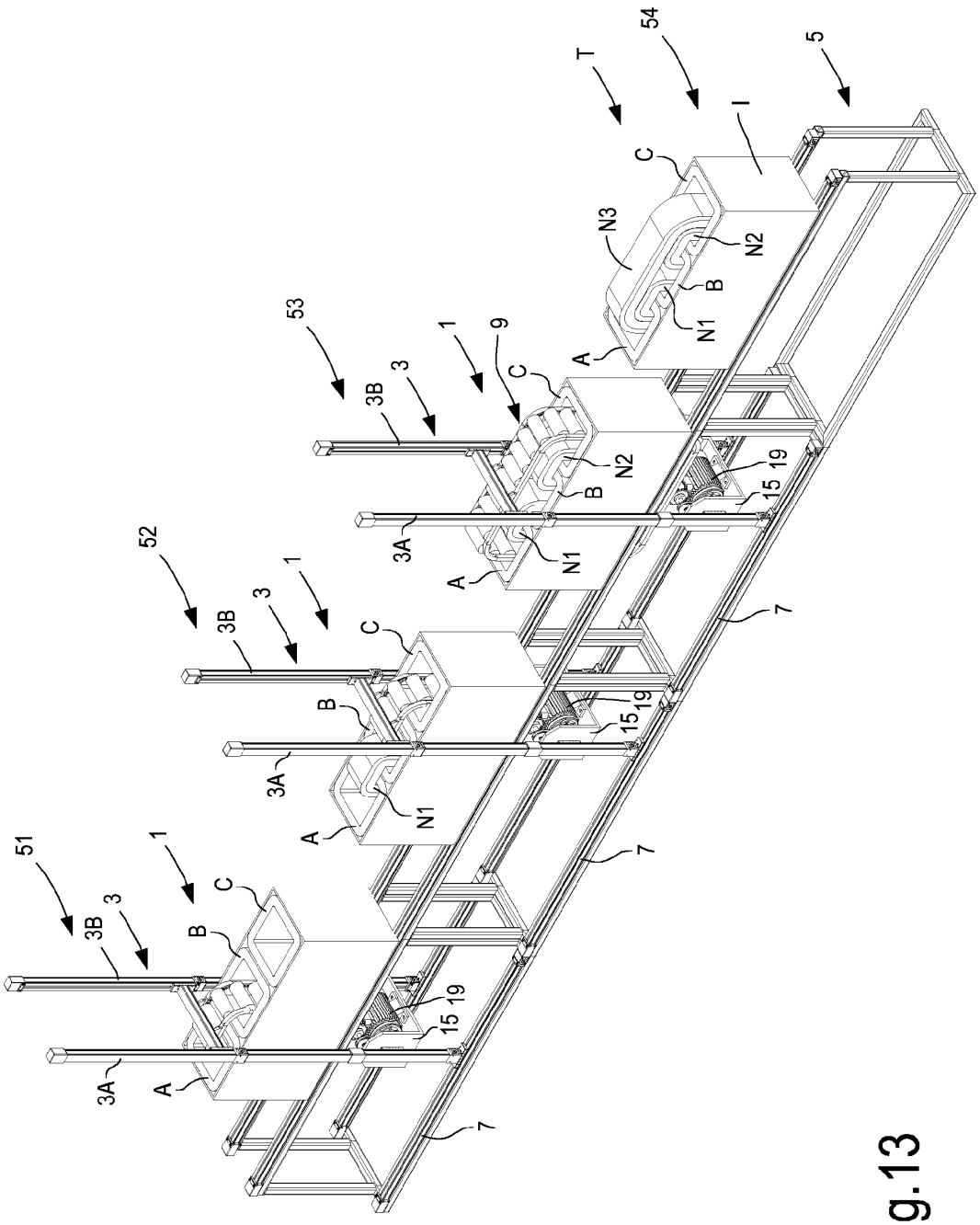


Fig.13

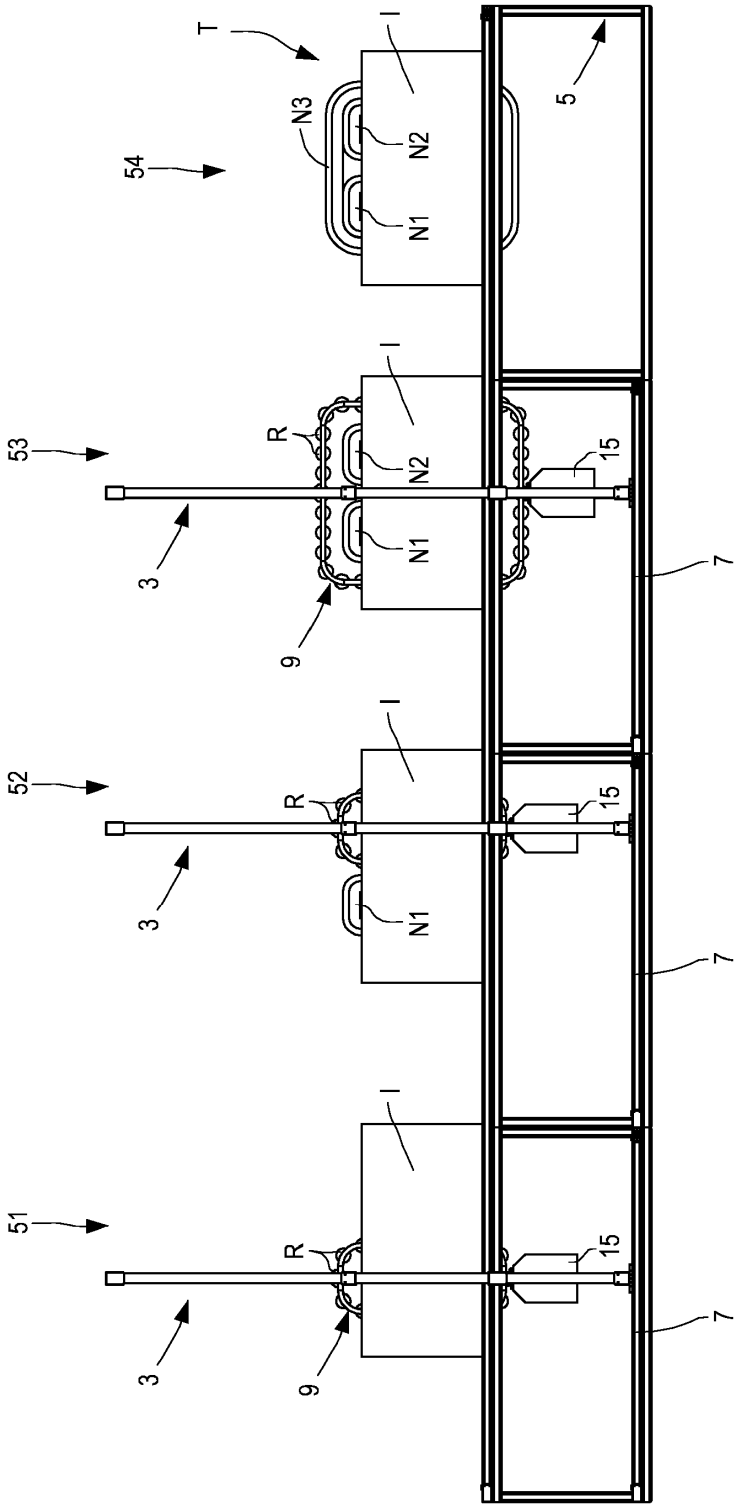


Fig.14

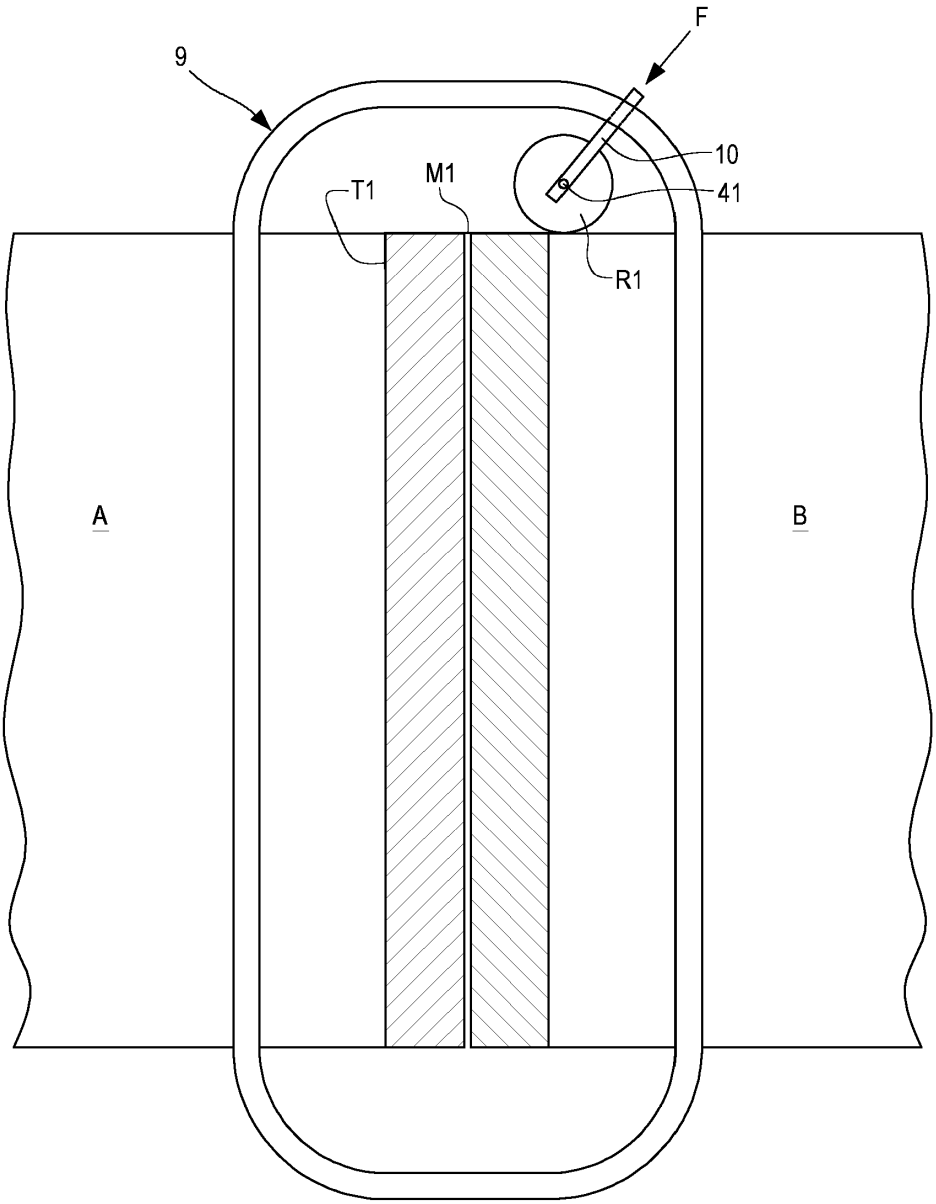


Fig.15