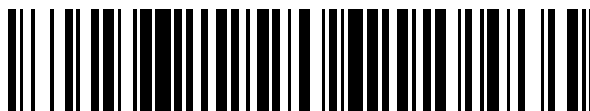


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 727 566**

51 Int. Cl.:

H02G 9/04 (2006.01)

H02G 9/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.07.2003 PCT/IT2003/000476**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.02.2005 WO05013450**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.07.2003 E 03817749 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.02.2019 EP 1652280**

54 Título: **Procedimiento de blindaje del campo magnético generado por una línea de transmisión de energía eléctrica y una línea de transmisión de energía eléctrica así blindada**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.10.2019

73 Titular/es:

**PRYSMIAN S.P.A. (100.0%)
Via Chiese, 6
20126 Milano, IT**

72 Inventor/es:

**MAIOLI, PAOLO;
BORGHI, ENRICO;
DONAZZI, FABRIZIO y
BELLI, SERGIO**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 727 566 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

Procedimiento de blindaje del campo magnético generado por una línea de transmisión de energía eléctrica y una línea de transmisión de energía eléctrica así blindada

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para blindar el campo magnético generado por una línea de transmisión de energía eléctrica y a una línea de transmisión de energía eléctrica así blindada.

10 Generalmente, una línea de transmisión de energía eléctrica funciona a media tensión (típicamente de 10 a 60 kV) o a alta tensión (típicamente mayor a 60 kV) y a corrientes del orden de cientos y miles de amperios (típicamente de 500 a 2000 A). La energía eléctrica transportada por estas líneas puede alcanzar valores del orden de cientos de MVA, típicamente 400 MVA. Normalmente, la corriente transportada es una corriente alterna a baja frecuencia, en otras palabras, generalmente por debajo de 400 Hz y típicamente igual a 50 o 60 Hz. En general, las líneas de transmisión de energía eléctrica se utilizan para transmitir energía de las centrales eléctricas a los centros urbanos, distancias de más del orden de decenas de kilómetros (normalmente 10-100 km).

15 Típicamente, las líneas de transmisión de energía eléctrica son líneas trifásicas que comprenden tres cables dispuestos en una zanja a una profundidad de 1-1,5 m. En el espacio que rodea inmediatamente los cables, la inducción magnética H puede alcanzar valores relativamente altos y, a nivel del suelo (es decir, a una distancia de 1-1,5 m de la línea), puede detectarse una inducción magnética con un valor comprendido entre 20 y 60 μ T, dependiendo de la disposición geométrica de los cables y de la intensidad de la corriente transportada.

20 Hay circunstancias en las que se recomienda particularmente minimizar la intensidad del campo magnético, tanto para proteger al cuerpo humano de la exposición a campos magnéticos alternos de la intensidad mencionada anteriormente, en particular con referencia a sujetos con el mayor riesgo potencial, como los niños, y para evitar posibles interferencias con equipos eléctricos particularmente sensibles o delicados, típicamente en la proximidad de hospitales y aeropuertos.

25 con el fin de evitar posibles efectos biológicos y / o fenómenos de interferencia con equipos eléctricos debido a la exposición a campos magnéticos generados por fuentes de baja frecuencia (por ejemplo, igual a 50 Hz), por lo tanto, existe la necesidad de "mitigar" el campo magnético generado por los cables para la transmisión de la corriente eléctrica.

30 En la presente descripción y en las siguientes reivindicaciones, la expresión "mitigación del campo magnético" se utiliza para indicar la reducción del valor efectivo del campo magnético medido en una posición dada de un factor de aproximadamente 10 a aproximadamente 100 con respecto al valor del campo magnético que se mediría en la misma posición en ausencia de aplicación de blindaje.

Más en particular, con referencia a cables colocados bajo tierra, en la presente descripción y en las siguientes reivindicaciones, la expresión "medición del campo magnético" se utiliza para indicar la medición del campo magnético realizado a nivel del suelo a la corriente nominal.

35 Como es sabido, cuando los cables eléctricos se colocan en conductos blindados, el campo magnético generado por los cables se puede mitigar.

40 El artículo de P. Argaut, J.Y. Daurelle, F. Protat, K. Savina y C.A. Wallaert "Técnica de blindaje para reducir los campos magnéticos de cables enterrados" A 10.5, JICABLE 1999, considera y compara el efecto de blindaje proporcionado por un blindaje de sección abierta, tal como una lámina de material ferromagnético, colocado sobre los cables, y el efecto provisto por un blindaje de sección cerrada, tal como un conducto de sección transversal rectangular hecha de material ferromagnético colocado alrededor de los cables. Según este artículo, se pueden obtener factores de atenuación de aproximadamente 5-7 con blindajes de sección abierta, se pueden obtener factores de atenuación de aproximadamente 15-20 con blindajes de sección cerrada y se pueden obtener factores de atenuación de aproximadamente 30-50 cuando el blindaje de sección cerrada se proporciona muy cerca de los cables, por ejemplo, en forma de una cinta ferromagnética enrollada directamente alrededor de los cables.

45 Estos blindajes tienen una serie de desventajas que aún no se han superado. En primer lugar, dichos blindajes deben ser sensiblemente gruesos (1-10 mm) para proporcionar una acción de blindaje suficientemente efectiva, con consecuencias negativas sobre el peso total de la línea de transmisión, en la simplicidad y en la rapidez de las operaciones de instalación y mantenimiento y, por último, si bien no menos importante, sobre el coste de la línea y del mantenimiento de la misma.

50 En segundo lugar, aunque los conductos de sección cerrada descritos anteriormente proporcionan los mejores efectos de blindaje del campo magnético, el solicitante señaló que la instalación y el mantenimiento de los cables en conductos cerrados es una operación difícil y costosa, ya que los cables deben insertarse en los conductos y, en caso de mantenimiento, los cables no se pueden inspeccionar porque están rodeados por el conducto.

En tercer lugar, los blindajes de la técnica anterior, ya sean de sección abierta o de sección cerrada, están sujetos a pérdidas eléctricas inaceptables (es decir, debido a corrientes de Foucault) y / o pérdidas histeréticas. Las pérdidas histeréticas provocan el sobrecalentamiento y reducen, de este modo, la capacidad de transmisión de energía eléctrica a través del cable.

5 Un ejemplo adicional de conductos de blindaje de sección cerrada se describe en la solicitud de patente WO 01/93394 del solicitante, que describe el blindaje de los cables de transmisión de energía eléctrica por medio de conductos que comprenden al menos una capa de material ferromagnético. Con el fin de garantizar una efectiva acción de blindaje de campo magnético, el grosor del blindaje es bastante alto (del orden de 10 mm), lo que implica un aumento del peso de la línea de transmisión y la consiguiente mayor dificultad en las operaciones de tendido de cables, que ya son bastante difíciles debido a la geometría cerrada del conducto.

10 Un ejemplo adicional de conductos de blindaje de sección cerrada se describe en la solicitud de patente WO 03/003382 del solicitante. En particular, el presente documento describe un conducto que soporta dos capas de blindaje, una primera capa radialmente interior hecha de un primer material ferromagnético, y una segunda capa radialmente externa hecha de un segundo material ferromagnético que tiene una permeabilidad magnética relativa mayor que la permeabilidad magnética relativa del primer material ferromagnético. También en este caso, la sección cerrada del conducto hace que las operaciones de tendido de cables sean complicadas.

15 La solicitud de patente (Kokai) JP 10-117083 describe un ejemplo adicional de blindaje del campo magnético generado por un cable eléctrico de una línea de transmisión de energía eléctrica, consiste esencialmente en un tubo hecho de material ferromagnético dentro del cual se colocan los cables de la línea de transmisión de energía eléctrica. Más en particular, dicho tubo se fabrica enrollando en espiral una cinta hecha de material ferromagnético sobre un soporte tubular, tal como por ejemplo un tubo de resina o metal dentro del cual se colocan los cables. Dicho enrollado en espiral puede llevarse a cabo en una sola etapa para formar una única capa de blindaje, o en una pluralidad de etapas para formar una respectiva pluralidad de capas de blindaje superpuestas constituidas por el mismo material de blindaje.

20 En el ejemplo descrito, la cinta está constituida por acero orientado al grano que tiene una mayor permeabilidad magnética en una dirección paralela a la dirección de enrollado con respecto a la permeabilidad magnética en una dirección perpendicular a la dirección de enrollado mencionada anteriormente.

25 En la presente dirección y en las siguientes reivindicaciones, la expresión "material orientado al grano" se utiliza para indicar un material en el que los dominios cristalinos tienen una dirección de alineación preferencial y una dimensión extendida en la dirección de alineación de los dominios cristalinos, tal como se describe, por ejemplo, por Alex Goldman en "Manual de materiales ferromagnéticos modernos", páginas 119-120, Kluwer Academic Publishers, 1999.

30 Dicho alineamiento puede ser evaluado mediante procedimientos conocidos, tal como, por ejemplo, por medio de un microscopio óptico o por difracción de rayos X, y puede llevarse a cabo por medio de procesos de laminación y tratamientos de recocido térmico según tiempos y temperaturas predeterminados y en presencia de inhibidores de recristalización, tal como se describe, por ejemplo, en el documento EP-A-0 606 884.

35 Aunque sustancialmente logrando el fin, el procedimiento de blindaje descrito en el documento JP 10-117083 implica una etapa o una pluralidad de etapas para enrollar en espiral una sola cinta o una pluralidad de cintas hechas de material ferromagnético, lo que hace que la fabricación de la línea sea bastante laboriosa, con efectos negativos en el tiempo y los costes requeridos para la fabricación y colocación de la línea. El efecto de blindaje óptimo del campo magnético se logra en un ángulo nulo entre la dirección de acción del campo magnético generado por el cable y la dirección del laminado del material ferromagnético, lo que constituye el eje de magnetización preferencial. Sin embargo, la elección de dicho ángulo nulo es incompatible con un blindaje enrollado en espiral alrededor del cable como se describe en el documento JP 10-117083, por lo que el ángulo mencionado anteriormente debe ser necesariamente mayor que 0°, con la consiguiente falta de explotación del máximo efecto de blindaje. Por otra parte, la dependencia de dicho ángulo en el eje de magnetización preferencial depende en gran medida de la intensidad del campo magnético, por lo que el ángulo apropiado debe elegirse cada vez como una función de la intensidad del campo magnético, dando como resultado una mala flexibilidad de aplicación de la línea y una complicación adicional de las operaciones de instalación de la línea.

40 Finalmente, en las regiones donde las porciones adyacentes de la cinta enrolladas en espiral se superponen, el efecto de blindaje magnético es ineficaz debido a la presencia inevitable de defectos, como, por ejemplo, la falta de homogeneidad y ondulaciones de las superficies de contacto de la cinta enrolladas en espiral. Como la cinta tiene un ancho limitado (del orden de unos pocos centímetros), de hecho, la cinta no puede limitar el efecto de la fuga del campo magnético debido a la presencia de estos defectos.

45 El documento JP 2002 261487 divulga un dispositivo de prevención de fugas por ondas electromagnéticas para apagar las ondas electromagnéticas irradiadas por cables cargados o similares, que comprende: una carcasa exterior con ambos extremos y el lado superior abierto, cuya sección transversal es de una forma de U general; una parte de la carcasa que se instalará en la carcasa exterior, la parte de la carcasa tiene una carcasa de blindaje con una sección transversal que se abre hacia arriba en forma de U general y está formada con láminas de acero electromagnéticas tales como láminas de acero de silicón; y una parte de cubierta de blindaje que tiene una cubierta de blindaje formada

con láminas de acero electromagnéticas tales como acero de silicona en el lado interior de una cubierta exterior; en el que se proporciona una cubierta de blindaje electromagnética para encajar y cubrir la abertura superior de la parte de la carcasa.

5 El documento JP 2001 231161 divulga una instalación de energía de corriente continua con blindaje magnético que tiene un cable saliente y un cable de retorno, respectivamente conectados con una parte de conexión a una unidad de suministro de energía o una carga, en el que los campos magnéticos debidos a la corriente de ambos cables se activan colocando las porciones especificadas de dicho cable saliente y el cable de retorno paralelos entre sí en la proximidad, y la densidad del flujo magnético alrededor de la instalación debido a la corriente de dicho cable saliente y retorno el cable se reduce al cubrir las porciones requeridas del resto de dicho cable saliente y / o el cable de retorno que no está colocado en paralelo con un conducto hecho de un material de blindaje magnético.

10 El documento DE 27 10 620 divulga un sistema de blindaje para cables de baja corriente que se colocan en el suelo, que comprende una jaula de material ferromagnético para alojar los cables, recubierto en todos los lados por un blindaje anticorrosión.

15 El documento WO 2004/034539 divulga una línea de transmisión de energía eléctrica que comprende un conducto de blindaje para detectar el campo magnético generado por la línea de transmisión, en la que el conducto de blindaje comprende una base y una cubierta separada.

El documento DE 34 47 836 describe un canal de cable para sistemas de riel que tiene elementos de canal en forma de U que están cubiertos por tapas. Los elementos y las tapas del canal consisten en la hoja de acero.

20 El documento WO 03/003382 divulga una línea de transmisión de energía eléctrica blindada magnéticamente que comprende un blindaje magnético que tiene una sección transversal cerrada de forma circular.

25 El documento GB 1 279 359 divulga un enlace troncal para encerrar cables de alta energía y de baja energía, por ejemplo líneas telefónicas, líneas de control y similares. El enlace comprende una porción inferior de una sección transversal generalmente en forma de U y una porción superior que cierra la porción inferior. Las porciones inferior y superior están provistas internamente con una capa eléctricamente conductora para blindar los campos de interferencia eléctrica.

30 BUCEA, G. et al. "Técnicas de blindaje para reducir los campos magnéticos asociados con cables eléctricos subterráneos", CIGRE CONF. INTERNATIONAL DES GRANDS RESEAUX ELECTRIQUES; XX, XX, vol. 6, 1 de enero de 1998 (1998-01-01), página COMPLETA, XP000949312 divulga técnicas de blindaje para reducir los campos magnéticos asociados con cables de alimentación subterráneos en los que se utiliza un elemento de blindaje en forma de un laminado con un grosor nominal de 3,6 mm. El laminado está hecho de acero eléctrico Armco grado M-27.

35 Con el fin de superar los inconvenientes de la técnica anterior descrita anteriormente, el solicitante ha identificado la necesidad de proporcionar una línea de transmisión de energía eléctrica que comprenda al menos un cable eléctrico y al menos un elemento de blindaje para blindar el campo magnético generado por dicho cable, que es fácil de instalar y que tiene un peso limitado, a la vez que permite lograr una efectiva acción de mitigación del campo magnético. Además, el solicitante ha identificado la necesidad de proporcionar un procedimiento para blindar el campo magnético de una línea de este tipo que sea más fácil de realizar y menos costosa, especialmente en términos de tiempo requerido para instalar la línea con respecto a los procedimientos de la técnica anterior.

40 El solicitante ha encontrado que es posible fabricar una línea de transmisión de energía eléctrica que es fácil de instalar al proporcionar un elemento de blindaje que comprende dos componentes, en particular una base y una cubierta, mientras se obtiene una efectiva acción de mitigación del campo magnético, sin dar lugar a un peso excesivo del elemento de blindaje, gracias al acoplamiento de al menos un elemento de blindaje a al menos un elemento de soporte al que se le da la función de soportar mecánicamente el elemento de blindaje.

Según un primer aspecto del mismo, la presente invención, por lo tanto, se refiere a una línea de transmisión de energía eléctrica según la reivindicación 1.

45 El uso de un elemento de blindaje dispuesto en una posición radialmente externa con respecto al cable y que comprende al menos dos componentes separados, en particular una base y una cubierta, permite mitigar el campo magnético de manera satisfactoria, garantizando al mismo tiempo una simplificación de la instalación y el procedimiento de colocación de la línea, así como de las posteriores operaciones de mantenimiento del mismo, mientras que la provisión de al menos un elemento de soporte acoplado al menos a la base permite optimizar el grosor del elemento de blindaje, reduciendo así el peso de este último, con una simplificación y rapidez más ventajosas del procedimiento de instalación.

50 Gracias a la presencia de un elemento de blindaje compuesto por dos componentes, de hecho, posteriormente al posicionamiento de la base, preferentemente en una zanja, los cables se colocan en la base y la cubierta se apoya en la base para completar sustancialmente el elemento de blindaje. El uso de elementos de blindaje que comprenden dos componentes permite, por lo tanto, utilizar mayores longitudes de tendido y realizar recorridos de enrollado y todos

aquellos recorridos que normalmente dificultan el tendido del cable(s) en elementos de blindaje cerrados constituidos por un solo componente. Además, los elementos de blindaje que comprenden dos componentes permiten la inspección de los cables tanto durante el tendido de la línea como posteriormente, cuando la línea esta en uso.

5 En la línea de transmisión de energía eléctrica según la presente invención, por lo tanto, los mejores efectos de blindaje del campo magnético asegurados por los elementos de blindaje de sección cerrada, al que se puede asimilar el elemento de blindaje de la presente invención, son explotados ventajosamente, superando los inconvenientes planteados por los elementos de blindaje de sección cerrada de la técnica anterior en términos de dificultad de instalación y mantenimiento.

10 Seleccionando, de hecho, un material ferromagnético que es efectivo en términos de acción de mitigación del campo magnético como material para el elemento de blindaje y seleccionando un material que tenga propiedades mecánicas adecuadas como material para el elemento de soporte, es ventajosamente posible limitar el espesor del elemento de blindaje en un grado considerable, dando la función de soporte y resistencia mecánica al elemento de soporte solo.

15 Finalmente, a diferencia de las líneas de transmisión de energía eléctrica de la técnica anterior, en el que el blindaje se obtiene enrollando en espiral una cinta hecha de material ferromagnético alrededor de un soporte tubular, con la consiguiente formación inevitable de un ángulo no nulo entre la hélice de la cinta así formada y la dirección circunferencial recta de la acción del campo magnético, en la línea de transmisión de acuerdo con la presente invención, tal ángulo es nulo, con aumento ventajoso de la permeabilidad magnética y mejora del efecto de blindaje.

20 La línea de transmisión según la presente invención se puede colocar bajo tierra, preferentemente de 1 a 1,5 metros por debajo del nivel del suelo, para maximizar el efecto de mitigación del campo magnético generado por el cable. La línea de transmisión según la presente invención también se puede colocar dentro de las construcciones de muros de edificios a gran escala, en el que la energía eléctrica se transmite a media o alta tensión a lo largo de una línea principal antes de convertirse en baja tensión en cada punto de usuario.

25 Según una realización preferida de la línea de transmisión de energía eléctrica de la invención, la línea consta de tres cables, preferentemente dispuesto según una disposición de trébol. La disposición de trébol de los cables permite obtener una mitigación del campo magnético que es aproximadamente el doble de la mitigación del campo magnético que pueden obtenerse mediante tres cables dispuestos uno al lado del otro en un plano.

En la presente descripción y en las siguientes reivindicaciones, la expresión "disposición de trébol" se utiliza para indicar una disposición en la que los centros de los tres cables ocupan los vértices de un triángulo equilátero.

30 Más en particular, la disposición de trébol puede ser del tipo "abierto" o del tipo "cerrado", dependiendo del hecho de que haya un contacto recíproco entre los cables o no. En otras palabras, en el caso de un arreglo de trébol de tipo abierto, la longitud de cada lado del triángulo equilátero en los vértices en los que se colocan los cables es mayor que el diámetro de cada cable, mientras, en el caso de una disposición de trébol de tipo cerrado, la longitud de cada lado del triángulo equilátero en los vértices de los que se colocan los cables es sustancialmente igual al diámetro de cada cable.

35 Aunque se prefiere la disposición de trébol, y la disposición de tipo cerrado es particularmente preferida, cualquier otra disposición destinada a atenuar el campo magnético es igualmente posible. En una realización alternativa, los cables pueden estar dispuestos uno al lado del otro en un plano, en una base suficientemente ancha para contener los cables de acuerdo con esta disposición. Aunque esta disposición aumenta las pérdidas eléctricas así como el campo magnético, puede aplicarse ventajosamente cuando se requiere una ligera mitigación del campo magnético, dado que una disposición de este tipo permite utilizar un elemento de blindaje que tiene un tamaño de altura inferior, con la consiguiente minimización ventajosa del peso del elemento de blindaje y, con este, de la línea de transmisión.

40 Para obtener una acción de mitigación efectiva del campo magnético, tanto la base como la cubierta de la línea de transmisión de la invención son sustancialmente continuas, es decir, la superficie exterior de dicha base y de dicha cubierta está sustancialmente desprovista de cualquier interrupción macroscópica.

45 La base comprende una pared inferior, por ejemplo, sustancialmente plana, y un par de paredes laterales, por ejemplo sustancialmente planas. De tal manera, la fabricación de la base se simplifica ventajosamente.

Preferentemente, las paredes laterales de la base se extienden en una dirección sustancialmente perpendicular a la pared inferior.

50 Preferentemente, en una disposición de trébol de los cables del tipo cerrado, el ancho de la pared inferior es aproximadamente 2,1 veces el diámetro de los cables eléctricos alojados dentro del elemento de blindaje.

Preferentemente, en una disposición de trébol de los cables del tipo cerrado, la altura de las paredes laterales, definiendo la altura del elemento de blindaje, es igual a aproximadamente 2,2 veces el diámetro del cable eléctrico alojado dentro del elemento de blindaje.

La base del elemento de blindaje puede tener una sección transversal en forma de U provista de esquinas biseladas

- de acuerdo con un radio de curvatura predeterminado, que permite ventajosamente preservar las características ferromagnéticas del material del elemento de blindaje, o una sección transversal en forma de U provista de esquinas afiladas. La última realización, aunque implique una degradación de las características ferromagnéticas del material del elemento de blindaje en dichas esquinas afiladas, es preferible porque dicha realización permite lograr una
- 5 atenuación del campo magnético a nivel del suelo de aproximadamente el 25 % con respecto a la realización que proporciona una base con esquinas biseladas. En esta conexión, el solicitante ha encontrado que la mayor longitud de la curva del elemento de blindaje en la realización con esquinas biseladas ejerce un efecto negativo que tiene un papel mayor con respecto al efecto de degradación de las características ferromagnéticas debido a la flexión del elemento de blindaje provisto de esquinas afiladas.
- 10 En el caso de la realización con una sección transversal en forma de U provista de esquinas biseladas, el radio de curvatura es preferentemente igual a aproximadamente 0,4-0,7 veces el diámetro de los cables eléctricos alojados dentro del elemento de blindaje.
- Preferentemente, la base del elemento de blindaje comprende además un par de pestañas que se extienden en una dirección predeterminada desde las porciones extremas de las paredes laterales de la base.
- 15 Ventajosamente, de este modo, se proporciona una base de soporte más ancha para la cubierta y un cierre mejorado del elemento de blindaje.
- Según una realización preferida de la línea de la invención, las pestañas se extienden hacia afuera desde las porciones extremas de las paredes laterales de la base.
- 20 Según una realización alternativa de la línea de la invención, las pestañas se extienden hacia dentro desde las porciones extremas de las paredes laterales de la base.
- Preferentemente, las pestañas se extienden desde las porciones extremas de las paredes laterales de la base en una dirección sustancialmente perpendicular a las paredes laterales. Ventajosamente, de tal manera, la cubierta del elemento de blindaje puede apoyarse sobre la base del elemento de blindaje de manera estable.
- 25 Preferentemente, las pestañas mencionadas tienen un ancho igual a aproximadamente el 25 % del ancho de la pared inferior de la base. Preferentemente, el ancho mínimo de dichas pestañas es igual a unos 20 mm.
- La cubierta del elemento de blindaje es sustancialmente plana, por ejemplo, en forma de una lámina rectangular hecha de material ferromagnético. Esto permite ventajosamente limitar los costes de fabricación de las líneas de transmisión de energía eléctrica de la invención.
- 30 De acuerdo con una realización preferida, la cubierta es sustancialmente continua, es decir, la superficie exterior de dicha cubierta carece de interrupciones macroscópicas para maximizar la acción de mitigación del campo magnético.
- La posibilidad mencionada anteriormente de limitar sensiblemente el grosor del elemento de blindaje de la línea de la invención permite utilizar elementos de blindaje largos, por ejemplo en el orden de aproximadamente 1 m, manteniendo el peso del elemento de blindaje dentro de límites aceptables y, de tal manera, para superar la insuficiente acción de blindaje detectado en las regiones en las que las cintas de la técnica anterior enrolladas de manera espiral se superponen.
- 35 De acuerdo con una realización preferida, las pestañas se pueden proporcionar en la cubierta en lugar de en la base. En tal caso, la cubierta comprende una pared principal y un par de pestañas que se extienden desde la pared principal en una dirección predeterminada, preferentemente en una dirección sustancialmente perpendicular a la pared principal.
- 40 De este modo, se garantiza ventajosamente un cierre mejorado del elemento de blindaje, y una eficacia mejorada consiguiente de la acción de blindaje del campo magnético generado por la línea de transmisión. Según tal realización, las esquinas definidas entre la pared principal de la cubierta y las pestañas pueden ser afiladas o biseladas, preferentemente de acuerdo con un radio de curvatura igual a aproximadamente la mitad del diámetro exterior del cable o cables alojados dentro del elemento de blindaje.
- 45 La base y la cubierta del elemento de blindaje comprenden paredes que tienen un espesor comprendido entre aproximadamente 0,10 mm y aproximadamente 0,60 mm y, más preferentemente, Comprende entre unos 0,20 mm y unos 0,35 mm.
- Tales valores de espesor permiten ventajosamente fabricar una línea de transmisión en la que el elemento de blindaje tiene un peso ventajosamente limitado, lo que permite a su vez limitar los costos imputables al uso del material ferromagnético.
- 50 La cubierta puede tener un grosor inferior al de la base, porque la cubierta, que se coloca más lejos de los cables con respecto a la base, es atravesada por un flujo magnético inferior con respecto al flujo magnético que cruza la base.

Como ejemplo ilustrativo, la cubierta puede tener un espesor entre aproximadamente 0,10 y aproximadamente 0,50 mm y la base puede tener un espesor entre aproximadamente 0,20 y aproximadamente 0,60 mm.

La base y la cubierta del elemento de blindaje comprenden lados respectivos superpuestos recíprocamente para una porción de longitud predeterminada en dirección lateral.

- 5 En la presente dirección y en las siguientes reivindicaciones, el término "lados" de la base o de la cubierta del elemento de blindaje se utiliza para indicar las porciones laterales de la base o, respectivamente, de la cubierta, que son opuestas con respecto al eje longitudinal del elemento de blindaje.

- 10 Según una realización preferida de la línea de transmisión de energía eléctrica de la invención, un material que tiene una permeabilidad mayor que el aire, como por ejemplo un caucho magnético, se interpone en los lados superpuestos de la base y de la cubierta. De este modo, la brecha entre la base y la cubierta en la región en la que la cubierta se apoya sobre la base está sustancialmente cerrada, con una ventajosa atenuación adicional del campo magnético generado por el cable.

Preferentemente, la base y la cubierta del elemento de blindaje comprenden paredes respectivas que tienen una dirección del laminado sustancialmente perpendicular al eje de al menos un cable.

- 15 De este modo, se consigue ventajosamente un efecto de blindaje mejorado del campo magnético.

De acuerdo con una realización alternativa, la base y la cubierta del elemento de blindaje comprenden paredes respectivas que tienen una dirección del laminado sustancialmente paralela al eje de al menos un cable.

- 20 De acuerdo con una realización preferida, el elemento de blindaje comprende una pluralidad de módulos de blindaje dispuestos uno al lado del otro, cada uno de estos módulos de blindaje comprende una base modular y una cubierta modular.

Una configuración del tipo modular del elemento de blindaje facilita ventajosamente las operaciones de instalación de la línea de transmisión de energía eléctrica y las operaciones de mantenimiento posteriores, en particular, la sustitución de las secciones dañadas del elemento de blindaje.

- 25 Preferentemente, tales módulos de blindaje están superpuestos longitudinalmente por una porción de longitud predeterminada, comprendiendo preferentemente entre el 25 % y el 100 % del ancho del elemento de blindaje.

Preferentemente, cada base modular tiene una sección longitudinal troncocónica para facilitar la superposición longitudinal parcial entre las bases modulares adyacentes y para formar, de tal manera, un elemento de blindaje sustancialmente continuo. En el caso de esta realización, las bases y cubiertas modulares se producen preferentemente mediante estampación.

- 30 De acuerdo con una realización alternativa de la línea de transmisión de la invención, cuando los módulos de blindaje no están superpuestos recíprocamente, pero solo dispuestos recíprocamente lados a lado, el elemento de blindaje comprende además un elemento de conexión respectivo hecho de material ferromagnético para conectar tales módulos dispuestos uno al lado del otro.

- 35 De este modo, el elemento de conexión tiene propiedades de blindaje sustancialmente análogas a las propiedades de un elemento de blindaje sustancialmente continuo. En el caso de la última realización, las bases y cubiertas modulares pueden fabricarse convenientemente por extrusión, lo que resulta ventajosamente en una reducción de los costes de fabricación.

- 40 De acuerdo con una realización preferida, en cada uno de dichos módulos de blindaje, la base modular y la cubierta modular están escalonadas recíprocamente en dirección longitudinal por una distancia predeterminada, preferentemente igual a la longitud de la porción de superposición longitudinal mencionada anteriormente de los módulos de blindaje.

Preferentemente, la base modular está acoplada a un elemento de soporte.

Preferentemente, cada pared de la base modular está acoplada a elementos de soporte respectivos.

- 45 De este modo, elementos de soporte de tamaño limitado y, como tales, fácilmente transportables y aplicables al elemento de blindaje, se utilizan ventajosamente.

Más preferentemente, tanto la base modular como la cubierta modular están acopladas a los respectivos elementos de soporte.

- 50 Según una realización preferida de la línea de transmisión de potencia de la invención, al menos dos módulos de blindaje adyacentes se extienden a lo largo de diferentes direcciones, el elemento de blindaje comprende además un elemento de conexión respectivo hecho de material ferromagnético para conectar estos al menos dos módulos

adyacentes. De este modo, es ventajosamente posible fabricar líneas provistas de secciones curvas, codos y secciones similares.

5 para formar tales secciones curvas, las bases modulares pueden tener una forma sustancialmente rectangular y producirse ventajosamente por extrusión, en cuyo caso, las secciones curvadas pueden colocarse haciendo una angulación recíproca de al menos dos bases modulares adyacentes de tal manera que los lados contiguos de dichas bases adyacentes definan un espacio libre sustancialmente triangular entre ellas o, como alternativa, las bases modulares se pueden conformar de tal manera que los lados contiguos de dichas bases adyacentes sean sustancialmente paralelos para minimizar dicho espacio libre.

10 El material ferromagnético de que está hecho el al menos un elemento de blindaje tiene un valor máximo de permeabilidad magnética relativa μ_{\max} mayor que aproximadamente 20000.

El uso de al menos un elemento de blindaje hecho de material ferromagnético que tiene un valor máximo de permeabilidad magnética relativa mayor que dicho valor numérico permite ventajosamente minimizar las pérdidas magnéticas inevitablemente presentes en la base y en la cubierta del elemento de blindaje.

15 Más preferentemente, el material ferromagnético tiene un valor máximo de permeabilidad magnética relativa μ_{\max} comprendida entre aproximadamente 20000 y aproximadamente 60000 y, aún más preferentemente, un valor máximo de permeabilidad magnética relativa μ_{\max} igual a aproximadamente 40000, con la ventajosa reducción adicional de las pérdidas magnéticas.

20 Además, el uso de materiales que tienen dichas características ferromagnéticas permite usar un espesor más limitado del elemento de blindaje con respecto a las líneas de la técnica anterior, con la ventajosa reducción del peso de la línea.

25 En una realización no cubierta por las reivindicaciones, la línea de transmisión de energía eléctrica puede comprender dos elementos de blindaje, preferentemente teniendo una permeabilidad magnética controlada, es decir, preferentemente acoplados recíprocamente para formar una primera capa radialmente interior hecha de un primer material ferromagnético y una segunda capa radialmente externa hecha de un segundo material ferromagnético. Preferentemente, el primer material ferromagnético tiene un valor máximo de permeabilidad magnética relativa mayor que el valor máximo de permeabilidad magnética relativa del segundo material ferromagnético.

30 En el caso en el que la línea comprenda dos elementos de blindaje que tengan una permeabilidad magnética controlada, el valor máximo de permeabilidad magnética relativa de la capa radialmente interior es preferentemente igual a aproximadamente 40000, y el valor máximo de permeabilidad magnética relativa del material de la capa radialmente externa es preferentemente igual a aproximadamente 3000.

35 Preferentemente, el material ferromagnético se selecciona del grupo que comprende: acero al silicio de grano orientado, acero al silicio no orientado al grano, Permalloy®, Supermalloy®. La Permalloy® y el Supermalloy® son aleaciones de níquel-hierro-molibdeno que tienen un alto contenido de níquel (equivalente a aproximadamente el 80 %), en el que el contenido de molibdeno está comprendido entre el 4 y el 5 % y, respectivamente, es superior al 5 %, ambas aleaciones son fabricadas por Western Electric Company, Georgia, ESTADOS UNIDOS.

También se pueden usar aleaciones que tengan curvas de magnetización similares a las curvas de magnetización de estas aleaciones.

40 Cuando se usa acero de silicio, esté el grano orientado o no, gracias a la presencia del silicio, por un lado, el valor de las pérdidas determinadas por el ciclo de histéresis presente en el material ferromagnético se reduce ventajosamente en una medida considerable y, por otra parte, la conductividad eléctrica del acero se reduce ventajosamente, Lo que también permite reducir las pérdidas por corrientes de Foucault.

Gracias a este doble efecto benéfico, la capacidad de transmisión de potencia de una línea blindada por un elemento de blindaje hecho de acero al silicio se mejora ventajosamente.

45 Como ejemplo ilustrativo, con una corriente igual a unos 400 A, tres cables que tienen un diámetro de aproximadamente 100 mm dispuestos de acuerdo con una disposición de trébol del tipo cerrado dentro de un elemento de blindaje hecho de acero de silicio de grano orientado que tiene un espesor de aproximadamente 0,27 mm colocado aproximadamente 1,4 m por debajo del nivel del suelo, la inducción del campo magnético es igual a aproximadamente 0,2 μ T a nivel del suelo.

50 En cuanto a las pérdidas debidas a corrientes de Foucault y las pérdidas debidas a la histéresis magnética, ambas pérdidas, a los valores de espesor del elemento de blindaje antes mencionados, profundidad de la zanja e inducción magnética, son iguales a aproximadamente $1,7 \cdot 10^6$ Siemens m y, respectivamente, igual a aproximadamente 1,1 W / kg a un nivel de magnetización de aproximadamente 1,5 T a 50 ciclos por segundo.

Entre los diferentes tipos de aceros al silicio de grano orientado, el acero denominado M4T27 según la norma AST es particularmente preferido.

Según una realización preferida de la línea de transmisión de potencia de la invención, el contenido de silicón está comprendido entre aproximadamente el 1 % y aproximadamente el 5 % y, más preferentemente, entre alrededor del 3 % y alrededor del 4 %.

5 Ventajosamente, dentro de este rango preferido de valores, la conductividad eléctrica del acero al silicio se reduce aún más, permitiendo de este modo una reducción correspondiente de las pérdidas debidas a las corrientes de Foucault.

Según una realización preferida de la línea de la invención, la base y la cubierta del elemento de blindaje pueden estar hechas de diferentes materiales, preferentemente utilizando un material más pobre, es decir, un material que tiene un valor máximo más bajo de permeabilidad magnética relativa, para la cubierta, ya que este último es atravesado por un flujo de campo magnético inferior con respecto a la base.

10 Preferentemente, la base está hecha de un primer material ferromagnético que tiene un valor máximo de permeabilidad magnética relativa mayor que aproximadamente 40 y la cubierta está hecha de un segundo material ferromagnético que tiene un valor máximo de permeabilidad magnética relativa mayor que aproximadamente 20.

Preferentemente, la línea de la invención, además de al menos un elemento de soporte acoplado a la base del elemento de blindaje, además comprende un elemento de soporte acoplado a la cubierta del elemento de blindaje.

15 Según una realización preferida de la línea de transmisión de energía eléctrica de la invención, el al menos un elemento de soporte mencionado anteriormente, acoplado a la base y opcionalmente también a la cubierta del elemento de blindaje, está dispuesto en una posición radialmente externa con respecto al al menos un elemento de blindaje mencionado anteriormente. De este modo, la resistencia mecánica conferida al cable se mejora ventajosamente.

20 De acuerdo con una realización alternativa, el al menos un elemento de soporte está dispuesto en una posición radialmente interior con respecto al al menos un elemento de blindaje. De este modo, es ventajosamente posible explotar la presencia del elemento de soporte para el soporte, además del elemento de blindaje, también una pluralidad de cables mantenidos en una configuración espacial deseada.

25 De acuerdo con una realización alternativa, el al menos un elemento de blindaje está interpuesto entre un par de elementos de soporte. De este modo, las ventajas mencionadas anteriormente se correlacionan con una resistencia mecánica mejorada y con la posibilidad de mantener una pluralidad de cables en una configuración espacial deseada que puede lograrse simultáneamente.

El al menos un elemento de soporte es sustancialmente plano. De este modo, uno o más elementos de soporte pueden acoplarse fácilmente a la base y, opcionalmente, también a la cubierta del elemento de blindaje, preferentemente de acuerdo con una de las siguientes formas.

30 Según una primera vía, el al menos un elemento de soporte se acopla en primer lugar a la base y, opcionalmente, también a la cubierta del elemento de blindaje por medio de pegamento, y posteriormente el al menos un elemento de soporte y el elemento de blindaje así acoplados están conformados de acuerdo con la geometría deseada. Por ejemplo, la base del elemento de blindaje asociado con el elemento de soporte respectivo puede tener la forma de una sección transversal en forma de U, preferentemente provisto de rebordes laterales, doblando en caliente longitudinalmente la base y el elemento de soporte correspondiente acoplados a la misma en cuatro puntos.

35 Cuando la cubierta está provista de un par de pestañas, al menos un elemento de soporte, en forma de placa plana, en primer lugar se acopla a la cubierta, en forma de una placa plana también y, posteriormente, el al menos un elemento de soporte y la cubierta así acoplada están doblados en caliente longitudinalmente en dos puntos.

40 Según una segunda vía, el al menos un elemento de soporte se fabrica por extrusión y se acopla a la base del elemento de blindaje, y opcionalmente también a la cubierta, los cuales son ambos fabricados por estampación. El acoplamiento puede llevarse a cabo por medio de pegamento o por medio de una pluralidad de medios de fijación, que se describe con mayor detalle a continuación, dispuesto longitudinalmente a distancias predeterminadas entre sí.

45 Según una tercera vía, tanto el al menos un elemento de soporte como la base y la cubierta del elemento de blindaje se fabrican mediante estampación y posteriormente se acoplan mediante cola o mediante una pluralidad de medios de fijación.

De acuerdo con una forma adicional, la base del elemento de blindaje comprende tres hojas fabricadas ventajosamente por extrusión, que están acopladas, por ejemplo por medio de pegamento, a las paredes respectivas de un elemento de soporte sustancialmente en forma de U.

50 Según una realización preferida de la línea de transmisión de potencia de la invención, el al menos un elemento de soporte comprende una pared que tiene un grosor igual a aproximadamente 2-10 mm y, aún más preferentemente, igual a unos 3-5 mm.

El al menos un elemento de soporte está hecho de un material eléctricamente no conductor y no ferromagnético.

Preferentemente, el material eléctricamente no conductor y no ferromagnético del cual se puede hacer al menos un elemento de soporte se selecciona del grupo que comprende: materiales plásticos, cemento, terracota, fibras de carbono, fibras de vidrio, madera u otros materiales capaces de ejercer una función de soporte ventajosa mientras se producen ventajosamente por medio de tecnologías simples de bajo coste.

5 Aún más preferentemente, dichos materiales plásticos se seleccionan del grupo que comprende: polietileno (PE), polietileno de densidad baja (LPDE), polietileno de densidad media (MPDE), polietileno de densidad alta (HPDE), polietileno lineal de baja densidad (LLPDE), polipropileno (PP), copolímeros de elastómero de etileno / propileno (EPM), terpolímeros de etileno / propileno / dieno (EPDM), caucho natural, caucho de butilo, copolímeros de etileno / vinilo (como, por ejemplo, etileno / acetato de vinilo (EVA)), copolímeros de etileno / acrilato (como, por ejemplo, etileno / acrilato de metilo (EMA), etileno / acrilato de etilo (EEE), etileno / acrilato de butilo (EBA)), copolímeros termoplásticos de etileno / α -olefina, poliestireno, resinas de acrilonitrilo / butadieno / estireno (ABS), polímeros halogenados (como, por ejemplo, cloruro de polivinilo (PVC)), poliuretano (PUR), poliamidas, poliésteres aromáticos (tales como, por ejemplo, tereftalato de polietileno (PET) y tereftalato de polibutileno (PBT)).

10
15 Como alternativa, el elemento de soporte puede estar hecho de un material ferromagnético o metálico. Materiales de este tipo, aunque causando débiles pérdidas magnéticas, son ventajosos en cuanto a la estampabilidad, facilitando así el acoplamiento entre el elemento de soporte y el elemento de blindaje.

Preferentemente, el elemento de blindaje comprende además una pluralidad de medios de fijación, tal como por ejemplo en forma de ganchos hechos por ejemplo de un material plástico.

20 Cuando el al menos un elemento de soporte es eléctricamente no conductor pero no cubre completamente las partes de la base y la cubierta que se pretende superponer, los medios de fijación están hechos preferentemente de metal, para asegurar una continuidad eléctrica entre la base y la cubierta.

Preferentemente, los medios de fijación están dispuestos longitudinalmente a distancias predeterminadas para fijar la cubierta en la base. Los medios de fijación permiten ventajosamente mejorar la estabilidad de acoplamiento entre la base y la cubierta del elemento de blindaje.

25 Como alternativa a los ganchos, se pueden utilizar clips de plástico o metal, espinas de unión u otros medios de fijación adecuados para este objetivo.

Preferentemente, los medios de fijación están dispuestos en pares, en el que cada par comprende elementos de fijación dispuestos en lados opuestos con respecto al eje longitudinal del elemento de blindaje.

30 De acuerdo con una realización adicional, la base y la cubierta pueden estar asociadas recíprocamente, por ejemplo, por medio de una bisagra longitudinal, para simplificar las operaciones de colocación y mejorar la precisión de acoplamiento entre las dos partes.

Según una realización preferida de la línea de transmisión de potencia de la invención, los medios de fijación están dispuestos en una pluralidad de pares posicionados a lo largo de los lados del elemento de blindaje a una distancia recíproca predeterminada, Preferentemente comprendida entre aproximadamente 20 y aproximadamente 100 cm.

35 Según un segundo aspecto de la misma, la presente invención se refiere a un procedimiento para blindar el campo magnético generado por una línea de transmisión de energía eléctrica de acuerdo con la reivindicación 36.

Gracias a estas etapas, el procedimiento de acuerdo con la invención permite una instalación fácil y rápida de una línea de transmisión eléctrica blindada, particularmente en el caso en el que la línea se coloca bajo tierra. De forma similar, se facilita cualquier intervención de mantenimiento que pueda ser necesaria posteriormente a la instalación.

40 De acuerdo con una realización preferida del procedimiento de la invención, el material ferromagnético se selecciona del grupo que comprende: acero al silicio de grano orientado, acero al silicio no orientado al grano, Permalloy®, Supermalloy®, estas dos últimas aleaciones siendo fabricadas por Western Electric Company.

45 Cuando el material ferromagnético es un material de grano orientado, la etapa de proporcionar el elemento de blindaje incluye preferentemente la disposición de las paredes de la base y de la cubierta de acuerdo con una configuración tal que la dirección de rodadura de estas es sustancialmente perpendicular al eje de al menos un cable.

Preferentemente, la etapa de proporcionar el elemento de blindaje incluye la disposición lado a lado y la superposición parcial en dirección longitudinal de una pluralidad de módulos de blindaje que comprenden respectivas bases modulares y cubiertas modulares.

50 De acuerdo con una realización preferida del procedimiento de la invención, los módulos de blindaje están superpuestos recíprocamente en dirección longitudinal para una porción que tiene una longitud predeterminada, comprendiendo preferentemente entre el 25 % y el 100 % del ancho del elemento de blindaje.

Preferentemente, el procedimiento de la invención comprende además la etapa de escalonar, en cada uno de los

módulos de blindaje mencionados anteriormente, la base modular con respecto a la cubierta modular en dirección longitudinal por una distancia predeterminada.

5 De acuerdo con una realización preferida del procedimiento de la invención, con el fin de formar secciones curvas, al menos dos módulos de blindaje adyacentes se colocan en direcciones diferentes y luego se conectan por medio de un elemento de conexión respectivo hecho de material ferromagnético.

Cuando los cables están en número de tres, el procedimiento de la invención comprende preferentemente la etapa de disponer tales cables de acuerdo con una disposición de trébol, preferentemente del tipo cerrado como se describe anteriormente.

10 Preferentemente, la etapa mencionada anteriormente de apoyar la cubierta sobre la base del elemento de blindaje comprende la etapa de superponer los respectivos lados de la base y la cubierta para una porción de longitud predeterminada en dirección lateral.

De acuerdo con una realización preferida, el procedimiento de la invención incluye la etapa de acoplar al menos un elemento de soporte también a la cubierta del elemento de blindaje.

15 Preferentemente, la etapa de acoplar el al menos un elemento de soporte a la base y opcionalmente también a la cubierta del elemento de blindaje incluye la disposición del elemento de soporte en una posición radialmente externa con respecto a la base y opcionalmente también a la cubierta.

Según una realización alternativa de la invención, la etapa de acoplar el al menos un elemento de soporte a la base y opcionalmente también a la cubierta del elemento de blindaje incluye la disposición del elemento de soporte en una posición radialmente interna con respecto al elemento de blindaje y opcionalmente a la base.

20 De acuerdo con otra realización alternativa del procedimiento de la invención, la etapa de acoplar el al menos un elemento de soporte a la base y opcionalmente también a la cubierta del elemento de blindaje incluye la interposición de la base y opcionalmente también de la cubierta entre un par de elementos de soporte respectivos.

25 De acuerdo con una realización preferida del procedimiento de la invención, esto comprende además la etapa de colocar subterráneamente la línea de transmisión de energía eléctrica. Preferentemente, el procedimiento comprende la etapa adicional de disponer una pluralidad de medios de fijación, preferentemente en forma de ganchos, longitudinalmente a distancias predeterminadas entre sí para fijar la cubierta sobre dicha base.

Preferentemente, dicha etapa para disponer los medios de fijación incluye la disposición de los medios de fijación en pares, en el que cada par comprende elementos de fijación dispuestos en lados opuestos con respecto al eje longitudinal del elemento de blindaje.

30 Preferentemente, tales ganchos están dispuestos en una pluralidad de pares posicionados a lo largo de los lados del elemento de blindaje a una distancia longitudinal recíproca predeterminada, comprendida entre unos 20 y unos 100 cm.

Breve descripción de los dibujos

35 Las características y ventajas adicionales de la invención se harán más evidentes a partir de la descripción de algunas realizaciones de un procedimiento para blindar el campo magnético generado por una línea de transmisión de energía eléctrica de acuerdo con la invención, hecha en lo siguiente con referencia a las figuras de los dibujos adjuntos en las cuales, con fines ilustrativos y no limitativos, se muestra una línea de transmisión de energía eléctrica blindada.

En los dibujos:

- 40
- la figura 1 es una vista en perspectiva de una línea de transmisión de energía eléctrica blindada de acuerdo con una primera realización preferida de la invención;
 - la figura 2 es una vista en sección transversal de la línea mostrada en la figura 1;
 - la figura 3 es una vista desde arriba de dos secciones curvas de la línea de la figura 1;
 - la figura 4 es una vista en sección transversal de una segunda realización preferida de la línea de transmisión de energía eléctrica según la invención;

45

 - la figura 5 es una vista en sección transversal de una realización preferida adicional de la línea de transmisión de energía eléctrica según la invención;
 - la figura 6 es una vista lateral, en sección transversal parcial, de una realización preferida adicional de la línea de transmisión de energía eléctrica según la invención;
 - la figura 7 es una vista ampliada del detalle marcado con un círculo en la figura 6;

- la figura 8 es una vista desde arriba esquemática de una realización preferida adicional de la línea de transmisión de energía eléctrica según la invención;
- las figuras 9-11 muestran resultados de pruebas experimentales.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

5 Con referencia a las figuras 1-3, una línea de transmisión de energía eléctrica de acuerdo con una primera realización preferida de acuerdo con la invención se indica generalmente con 1.

10 La línea 1 que se muestra en las figuras mencionadas anteriormente está destinada a transmitir energía eléctrica trifásica de alta tensión, por ejemplo, igual a aproximadamente 132 kV, y puede transportar corrientes hasta aproximadamente 860 A. En particular, la línea 1 que se muestra en las figuras mencionadas se destina a operar con una corriente de alrededor de 400 A. La línea 1 está especialmente adaptada para ser colocada bajo tierra.

Según la realización preferida ilustrada, la línea 1 comprende tres cables eléctricos, todos lo indicados por 2, y un elemento 6 de blindaje hecho de material ferromagnético, tal como, por ejemplo, acero de silicio orientado al grano denominado M4T27 según la norma AST. Dicho material tiene un valor máximo de permeabilidad magnética relativa μ_{max} igual a aproximadamente 40000 y un contenido de silicio igual a aproximadamente 3 %.

15 Como alternativa, cualquier material que tenga un valor máximo de permeabilidad magnética relativa μ_{max} comprendido entre aproximadamente 20000 y aproximadamente 60000, por ejemplo, un acero de silicio no orientado a grano, se podría usar una aleación Permalloy® o una aleación Supermalloy®, o similares.

El elemento 6 de blindaje está dispuesto en una posición radialmente externa con respecto a los cables 2 de tal manera que rodee los cables 2 y mitigue el campo magnético generado por los mismos.

20 Los cables 2 están diseñados para transportar una corriente alterna a una frecuencia típicamente igual a 50 o 60 Hz, y están dispuestos en contacto entre sí según una disposición de trébol del tipo cerrado, lo cual es particularmente ventajoso en términos de reducción del campo magnético generado por los cables 2. Como alternativa, los cables 2 pueden estar alineados en la parte inferior del elemento 6 de blindaje, Aunque este arreglo alternativo, no ilustrado, podría aumentar el campo magnético generado por los cables 2.

25 De acuerdo con la realización preferida mostrada en las figuras mencionadas anteriormente, cada uno de los cables 2 comprende, a partir de una posición radialmente interior a una posición radialmente externa, un conductor 4, por ejemplo, un conductor Milliken de cobre esmaltado y una construcción radialmente externa, ilustrado esquemáticamente e identificado por 5, que incluye preferentemente una capa semiconductor interna, una capa de aislante polimérico extruido, por ejemplo, constituido por polietileno reticulado (XLPE), una capa semiconductor externa, un blindaje metálico y una vaina exterior, no ilustrados en detalle. El conductor Milliken puede tener, por ejemplo, un área de sección transversal igual a aproximadamente 1600 mm². El diámetro exterior total de cada cable 2 está comprendido preferentemente entre aproximadamente 40 y aproximadamente 160 mm, por ejemplo igual a unos 100 mm.

30 El trébol de los cables 2 puede elevarse por medio de calzos adecuados desde la parte inferior del elemento 6 de blindaje hasta una posición que esté más cerca del centro geométrico de dicho elemento, dicha posición es más favorable en términos de mitigación del campo magnético.

35 De acuerdo con la realización preferida ilustrada en la figura 1, el elemento 6 de blindaje comprende una pluralidad de módulos 12 de blindaje dispuestos lado a lado y parcialmente superpuestos en dirección longitudinal. Cada módulo 12 de blindaje comprende una base 10 modular y una cubierta 11 modular y está acoplado a los respectivos elementos 7 de soporte sustancialmente planos.

En particular, los módulos 12 de blindaje se superponen recíprocamente de manera longitudinal para una porción de longitud predeterminada, por ejemplo, igual a al menos el 25 % del ancho del elemento 6 de blindaje.

40 Además, en cada uno de los elementos 12 de blindaje, la base 10 modular y la cubierta 11 modular están escalonadas recíprocamente en dirección longitudinal por una distancia predeterminada, por ejemplo, igual al 25 % del ancho del elemento 6 de blindaje.

45 En la realización preferida ilustrada en las figuras 1 y 2, cada base 10 modular y cada cubierta 11 modular del elemento 6 de blindaje comprenden lados respectivos superpuestos recíprocamente para una porción de longitud predeterminada en dirección lateral. En cada módulo 12 de blindaje, la base 10 modular y la cubierta 11 modular pueden fabricarse a partir de hojas plegadas, que se obtienen a partir de tiras de acero M4T27 previamente sometidas a rodamientos y tratamientos térmicos destinados a obtener la orientación de los granos.

50 Cada base 10 modular comprende, en particular, una pared 10a inferior y un par de paredes 10b, 10c laterales, que se extiende en una dirección sustancialmente perpendicular a la pared 10a inferior. Además, de acuerdo con la realización preferida ilustrada en las figuras 1 y 2, cada base 10 modular comprende además un par de pestañas 10d,

10e que se extiende hacia fuera en una dirección sustancialmente perpendicular a las porciones extremas de las paredes 10b, 10c laterales de la base 10.

5 Las paredes 10a, 10b y 10c antes mencionadas, de cada base 10 modular están dispuestas de tal manera que la dirección del laminado respectiva a la que se han sometido las paredes es sustancialmente perpendicular al eje de los cables 2.

10 Cada cubierta 11 modular es sustancialmente plana y, en la realización preferida ilustrada en la figura 2, por razones de simplicidad de construcción, sobresale con respecto a las pestañas 10d, 10e de las bases 10 modulares. Como alternativa, cada cubierta 11 modular puede terminarse ventajosamente al ras con las pestañas 10d, 10e de la base 10 modular, porque en el acoplamiento entre las pestañas 10d, 10e de la base 10 modular y la cubierta 11 modular es el ancho de las porciones laterales superpuestas lo que afecta la mitigación del campo magnético, mientras que la parte de la cubierta 11 que sobresale posiblemente con respecto a los lados de la base 10 no tiene ningún efecto en tal sentido.

15 En la figura 4, en la que se muestra una realización alternativa de la línea de la invención, los elementos de línea que son estructuralmente o funcionalmente equivalentes a los ilustrados previamente con referencia a la línea 1 ilustrada en la figura 1 se indicarán con los mismos números de referencia y no se describirán con más detalle. Según tal realización alternativa, la base 10 comprende una pared inferior 10a y un par de paredes 10b, 10c laterales que se extiende en una dirección sustancialmente perpendicular a la pared 10a inferior, mientras que la cubierta 11 comprende una pared 11a principal y un par de pestañas 11b, 11c que se extiende en una dirección sustancialmente perpendicular a la pared principal.

20 La figura 3 muestra dos secciones curvas 1a, 1b de la línea 1 de la figura 1, cada sección comprende un par de módulos 12 de blindaje adyacentes. Los módulos 12 de blindaje adyacentes que pertenecen a cada uno de dichos pares se extienden en diferentes direcciones. En particular, las bases 10 tienen una forma tal que los lados colocados lado a lado de las bases 10 que pertenecen a los módulos 12 de blindaje adyacentes son sustancialmente paralelos, para minimizar el espacio libre entre los módulos 12 de blindaje adyacentes.

25 En tal caso, el elemento 6 de blindaje comprende además dos elementos 13 de conexión hechos de material ferromagnético, por ejemplo del mismo acero indicado anteriormente, para conectar respectivamente los módulos 12 de blindaje adyacentes de los dos pares.

30 En la realización preferida mostrada en las figuras 1 y 2, en cada módulo 12 de blindaje, los elementos 7 de soporte están en número de cuatro, una para cada una de las paredes 10a, 10b, 10c antes mencionadas de la base 10 y para la cubierta 11.

Como alternativa, en lugar de tres elementos 7 de soporte separados, un elemento 7 de soporte integral, preferentemente hechos por extrusión y capaces de soportar simultáneamente las tres paredes 10a, 10b, y 10c se pueden acoplar a la base 10.

35 Los elementos 7 de soporte de acuerdo con la realización preferida mostrada en las figuras 1 y 2 están dispuestos en una posición radialmente externa con respecto al elemento 6 de blindaje.

Sin embargo, en una realización alternativa (no mostrada), los elementos 7 de soporte pueden estar dispuestos en una posición radialmente interna con respecto al elemento 6 de blindaje. De acuerdo con una realización alternativa adicional, como se muestra en la figura 5, en cada módulo 12 de blindaje, la base 10 del elemento 6 de blindaje está interpuesta entre un par de elementos 7 de soporte.

40 De acuerdo con la realización preferida mostrada en las figuras 6 y 7, el elemento 6 de blindaje comprende además medios de fijación, por ejemplo en forma de ganchos 14, dispuestos en una pluralidad de pares posicionados a lo largo de los lados del elemento 6 de blindaje a una distancia longitudinal predeterminada entre sí, cuyo medio de fijación está destinado a fijar la cubierta 11 en la base 10 de cada módulo 12 de blindaje.

45 Con referencia a la realización de la línea de transmisión de energía eléctrica descrita anteriormente, una realización preferida del procedimiento de acuerdo con la invención para blindar una línea de este tipo implica las siguientes etapas.

Según una primera etapa del procedimiento, se proporciona el elemento 6 de blindaje que comprende la pluralidad mencionada anteriormente de módulos 12 de blindaje hechos de acero al silicio de grano orientado M4T27.

50 En una segunda etapa, las paredes 10a, 10b y 10c de la base 10 y la cubierta 11 de cada módulo 12 de blindaje están acoplados a los respectivos elementos 7 de soporte colocando este último en una posición radialmente externa con respecto al módulo 12 de blindaje. Dicho acoplamiento se realiza previamente, por ejemplo, mediante pegado.

Cada base 10 modular tiene forma de acuerdo con una sección transversal en forma de U provista de pestañas 10d, 10e laterales preferentemente doblando en caliente longitudinalmente la base 10 y los tres elementos 7 de soporte respectivos acoplados a la misma en cuatro puntos.

Las bases 10 modulares de los módulos 12 de blindaje, así acopladas a los respectivos elementos 7 de soporte, se colocan luego en la zanja y se superponen parcialmente de manera longitudinal.

5 Las paredes 10a, 10b y 10c de la base 10 están dispuestas preferentemente de acuerdo con una configuración tal que, después de haber colocado los cables en la base 10, como se explicará con más detalle a continuación, la dirección del laminado de las paredes es sustancialmente perpendicular al eje de los cables 2.

En una etapa más del procedimiento, los cables 2 eléctricos se colocan en las bases 10 modulares así ensambladas del elemento 6 de blindaje después de la fijación de los cables 2 en la disposición deseada de trébol del tipo cerrado.

10 Posteriormente a la etapa de colocar los cables 2 eléctricos en las bases 10, una realización preferida del procedimiento de la invención implica la etapa adicional de insertar un material de relleno, como por ejemplo el cemento (no mostrado en la figura), en las bases 10.

Posteriormente, en cada módulo 12 de blindaje, la cubierta 11, acoplada al respectivo elemento 7 de soporte, se apoya sobre la base 10 superponiendo los lados respectivos de la base 10 y de la cubierta 11 para cerrar sustancialmente el elemento 6 de blindaje.

15 En particular, en cada módulo 12 de blindaje, la cubierta 11 está escalonada con respecto a la base 10 en dirección longitudinal una distancia predeterminada.

Con referencia a las dos secciones 1a, 1b curvas de la figura 3, estas pueden ser fabricadas por extensión, para dos pares de módulos 12 de blindaje adyacentes, los módulos 12 adyacentes pertenecen a cada par en diferentes direcciones y se conectan mediante el elemento 13 de conexión respectivo.

20 Finalmente, los ganchos 14 están dispuestos longitudinalmente en una pluralidad de pares posicionados a lo largo de los lados del elemento 6 de blindaje a una distancia longitudinal predeterminada entre sí para fijar las cubiertas 11 sobre las respectivas bases 10.

25 La figura 8 muestra una realización adicional de la línea de la invención: los elementos de línea que son estructuralmente o funcionalmente equivalentes a los ilustrados previamente con referencia a la línea 1 mostrada en la figura 1 se indicarán con los mismos números de referencia y no se describirán con más detalle. En particular, dicha figura muestra una línea 1 de transmisión de energía eléctrica que comprende una porción 3 de unión de los cables de dicha línea. De acuerdo con la realización mostrada en la figura 8, la porción 3 de unión de la línea 1 comprende en particular tres cables 2 unidos con un mismo número de cables, todo lo indicado por 2', mediante juntas 8 respectivas. Una pluralidad de módulos 12' de blindaje, hechos por ejemplo de acero de silicio de grano orientado, con una sección longitudinal troncocónica y recíprocamente longitudinalmente superpuesta, está dispuesta en la porción 3 de unión de la línea 1, que es más ancha en tamaño que las otras partes de la línea 1. Los módulos 12' de blindaje dispuestos en la porción de unión 3 de la línea 1 son más anchos que los módulos 12 de blindaje dispuestos en las otras porciones de la línea 1, los módulos 12 están hechos preferentemente de acero de silicio orientado al grano también.

35 Gracias a tal medida, es ventajosamente posible blindar también aquellas porciones de la línea que son más anchas en tamaño, permitiendo, gracias a la configuración de tipo modular, facilitar las operaciones de transporte y tendido de la línea.

40 Considerando la efectividad del efecto de mitigación del campo magnético asegurado por los módulos 12 y 12' de blindaje, una posible superposición de capas de material de blindaje en cada módulo 12, 12' no causaría efectos sustanciales en términos de reducción del campo magnético: como consecuencia, es preferible que, en la región de superposición de dos módulos de blindaje adyacentes, el material ferromagnético se proporcione solo en uno de los dos módulos en lugar de en ambos módulos, con menor consumo de material ferromagnético.

Ejemplo 1

(Invención)

45 El solicitante fabricó una línea de transmisión de energía eléctrica que comprende tres cables eléctricos de 150 kV, teniendo una sección igual a unos 1000 mm² y un diámetro igual a unos 92 mm, dispuestos de acuerdo con una disposición de trébol del tipo cerrado, y un elemento de blindaje que comprende 5 módulos, cada uno de dichos módulos comprendiendo una base modular y una cubierta modular.

El elemento de blindaje estaba hecho de acero al silicio de grano orientado a partir de una tira que tiene una anchura de 470 mm y un espesor de 0,27 mm.

50 En particular, se usó el acero denominado M4T27 de acuerdo con el estándar AST. Para cada módulo, una tira de acero se cortó en láminas rectangulares (460 mm x 690 mm) y posteriormente se dobló por medio de un aparato de doblado manual para formar una base modular que comprende una pared de fondo sustancialmente plana de 190 mm de ancho, un par de paredes laterales sustancialmente planas (200 mm de largo) que se extienden en una dirección

sustancialmente perpendicular a la pared inferior, y un par de pestañas sustancialmente planas (50 mm de ancho) que se extienden hacia afuera en una dirección sustancialmente perpendicular a las porciones extremas de las paredes laterales de la base modular.

Las esquinas entre la base modular y las paredes laterales no estaban biseladas (esquinas afiladas).

- 5 Las paredes de la base modular se proporcionaron de acuerdo con una configuración tal que, después de colocar los cables en la base modular, como se explicará a continuación, la dirección del laminado de las paredes de la base modular era perpendicular al eje del cable.

Posteriormente, se cortaron láminas rectangulares de 470 mm x 450 mm para formar las cubiertas modulares.

- 10 Las bases y cubiertas modulares se pintaron para blindar el acero de la corrosión por medio de una capa de pintura epoxi que tiene un espesor de aproximadamente 100 µm, que es capaz de blindar el acero durante largos períodos de vida útil.

20 hojas de poliéster expandido de 40 mm de espesor que es ventajosamente trabajable de una manera fácil y económica, se proporcionaron para formar un mismo número de elementos de soporte.

- 15 Las bases y cubiertas modulares se acoplaron a los elementos de soporte respectivos formados de esta manera pegando estos últimos a las bases y a las cubiertas.

Las bases modulares acopladas a los respectivos elementos de soporte y superpuestas longitudinalmente para una porción de longitud de aproximadamente 50 mm se colocaron en una zanja a una profundidad de 1,4 m.

- 20 Posteriormente, los tres cables se colocaron en las bases modulares ensambladas de esta manera después de la fijación de los cables en la disposición deseada de trébol del tipo cerrado por medio de cuñas hechas de poliestireno expandido interpuestas entre las bases modulares y los cables.

- 25 Las cubiertas modulares, acopladas a los respectivos elementos de soporte, luego se apoyaron en las bases modulares mencionadas de esta manera mediante escalonando, con referencia a cada elemento de blindaje, la cubierta modular de 50 mm con respecto a la base modular correspondiente para cerrar sustancialmente el elemento de blindaje y, de esta forma, mejorar la eficacia de blindaje de los mismos. Para el mismo fin, las cubiertas también fueron recubiertas longitudinalmente superpuestas de 50 mm.

Para simular un acoplamiento defectuoso, que puede ocurrir debido a defectos en las bases y / o en las cubiertas (que pueden no ser perfectamente planas) o debido a la penetración de tierra entre las pestañas de las bases y las cubiertas, se dejó deliberadamente un espacio de unos 3 mm entre las pestañas de las bases y las cubiertas.

- 30 Finalmente, a lo largo de los lados del elemento de blindaje ensamblado de esta manera, 8 ganchos de plástico (4 para cada lado) se colocaron longitudinalmente en la región en la que las bases y las cubiertas estaban superpuestas, y 6 ganchos (3 para cada lado) se posicionaron longitudinalmente en las otras regiones, para garantizar una resistencia mecánica entre la base y la cubierta del orden de aproximadamente 1-10 kg por cada metro de elemento de blindaje.

De tal manera, un elemento de blindaje con un ancho de 190 mm y una altura de 200 mm, capaz de albergar tres cables, fue fabricado.

- 35 La línea de transmisión de energía eléctrica fabricada de esta manera tenía 6 metros de largo.

Un conjunto de pesos se colocó sobre las cubiertas para simular el efecto de la trituración mecánica ejercida, en condiciones normales de trabajo de la línea, por la capa de tierra que está por encima de la línea.

- 40 Los cables estaban conectados, en un extremo, a una planta capaz de suministrar una corriente trifásica simétrica hasta 1000 A y, en el otro extremo, los cables estaban cortocircuitados entre sí. Una corriente eléctrica trifásica simétrica se hizo circular a través de los cables a una intensidad creciente de hasta 800 A.

Ejemplo 2

(Comparación)

- 45 Una línea de transmisión de energía eléctrica no blindada que comprende tres cables eléctricos dispuestos de acuerdo con una disposición de trébol, colocados en una zanja a una profundidad de 1,4 metros, que se fabricaron con las mismas características constructivas y se sometieron a las mismas condiciones de trabajo de los cables de la línea blindada descrita en el Ejemplo 1.

Ejemplo 3

(Invención)

Una línea de transmisión de energía eléctrica como se describe en el Ejemplo 1, excepto por el hecho de que las cubiertas estaban dispuestas con el eje de los granos orientados en la dirección paralela al eje del cable, fue fabricado.

Ejemplo 4

(Invención)

- 5 Una línea de transmisión de energía eléctrica como se describe en el Ejemplo 1, excepto por el hecho de que la base tenía una forma tal que tenía una sección transversal en forma de U con esquinas biseladas definidas entre la pared inferior y las paredes laterales, fue fabricado. En particular, dichas esquinas fueron biseladas de acuerdo con un radio de curvatura aproximadamente igual a la mitad del diámetro exterior de los cables para preservar el material ferromagnético de la degradación de las características magnéticas, la degradación que se produce como consecuencia de una etapa de flexión que da una base con esquinas afiladas.
- 10

Medidas experimentales

- 15 El valor máximo del campo magnético B_{max} generado a nivel del suelo por la línea de transmisión de energía eléctrica de los Ejemplos 1-4 se midió de acuerdo con un procedimiento de medición que consiste esencialmente en colocar un sensor de medición al nivel del suelo (es decir, a 1,4 m de la línea), midiendo los componentes radiales y circunferenciales de la inducción magnética, y finalmente calculando el módulo del valor máximo de la inducción magnética a partir de dichos componentes, como se describe en la solicitud de patente WO 03/003382. Dicho procedimiento de medición se llevó a cabo en particular por medio de un dispositivo de medición que comprende un sensor de medición que se puede mover horizontal y verticalmente, para poder posicionarse a una distancia predeterminada de la línea, a nivel del suelo, como se describe en la solicitud de patente mencionada anteriormente.

- 20 Las mediciones realizadas se muestran en las figuras 9, 10 y 11.

La figura 9 es un gráfico que muestra las mediciones experimentales del campo magnético realizadas en el caso de la línea de transmisión de energía eléctrica no blindada del Ejemplo 2, funcionando a una corriente de 400 A. Como se muestra en dicha figura, las mediciones experimentales revelaron que el valor máximo del campo magnético B_{max} a nivel del suelo sin protección de blindaje, como se describe en el Ejemplo 2, fue igual a 5,04 μ T.

- 25 La figura 10 es un gráfico que muestra la tendencia del campo magnético medido a nivel del suelo en función de la corriente que circula en los cables de la línea de transmisión de energía eléctrica blindada del Ejemplo 1. Como se muestra en la figura 10, las mediciones experimentales revelaron que el valor máximo del campo magnético B_{max} a nivel del suelo en presencia de un blindaje de acuerdo con la invención como se describe en el Ejemplo 1, mediante la circulación de una corriente eléctrica trifásica simétrica que tiene una intensidad igual a 400 A en los cables, fue igual a 0,20 μ T.
- 30

Por lo tanto, la mitigación del campo magnético en una línea blindada de acuerdo con la presente invención es aproximadamente 25 veces más baja que el campo magnético generado por una línea similar no blindada.

- 35 Además, como puede observarse en la figura 10, el valor del campo magnético aumenta bastante rápidamente para corrientes superiores a 400 A, ya que el acero M4T27 empleado en las pruebas experimentales está optimizado para una corriente de 400 A y por encima de este valor, su permeabilidad magnética es menor que la máxima permeabilidad magnética.

- 40 La figura 11 es un gráfico que muestra la tendencia del valor del campo magnético generado por los cables de la línea de transmisión de energía eléctrica blindada de acuerdo con el Ejemplo 1 en función de la brecha dejada deliberadamente entre las pestañas de las bases y las cubiertas. Como se puede ver en dicha figura, a medida que aumenta la brecha entre las pestañas de las bases y cubiertas, el consiguiente aumento del campo magnético está sustancialmente limitado gracias a la disposición del elemento de blindaje de la invención.

- 45 En el caso de la línea del ejemplo 3, es decir, en el caso de cubiertas dispuestas con el eje del grano orientado en dirección paralela al eje de los cables, el campo magnético, a una corriente de 400 A, fue igual a 0,6 μ T a nivel del suelo, es decir, aproximadamente tres veces más alto que el campo magnético obtenido con las cubiertas que tienen los granos orientados perpendicularmente al eje del cable.

- 50 Además, las mediciones experimentales realizadas demostraron que, en el caso de la línea del Ejemplo 4, todas las demás condiciones son iguales, el campo magnético a nivel del suelo era aproximadamente un 25 % más alto que el campo magnético encontrado en el caso de la línea del Ejemplo 1, que comprende una base que tiene esquinas afiladas. En otras palabras, el aumento de la extensión de la superficie curvada debido al biselado de las esquinas mencionadas anteriormente ejerce un efecto negativo que tiene un papel mayor en la atenuación del campo magnético con respecto al papel que ejerce la degradación de las características del material en consecuencia de una etapa de flexión que da una base que tiene esquinas afiladas.

Además, las mediciones experimentales realizadas demostraron que, en el caso de la línea del Ejemplo 4, todas las demás condiciones son iguales, el campo magnético a nivel del suelo era aproximadamente un 25 % más alto que el

5 campo magnético encontrado en el caso de la línea del Ejemplo 1, que comprende una base que tiene esquinas afiladas. En otras palabras, el aumento de la extensión de la superficie curvada debido al biselado de las esquinas mencionadas anteriormente ejerce un efecto negativo que tiene un papel mayor en la atenuación del campo magnético con respecto al papel que ejerce la degradación de las características del material en consecuencia de una etapa de flexión que da una base que tiene esquinas afiladas.

REIVINDICACIONES

1. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica que comprende:

- al menos un cable (2) eléctrico;
- un elemento (6) de blindaje, hecho de material ferromagnético, rodeando dicho al menos un cable (2) para blindar el campo magnético generado por dicho cable (2), comprendiendo dicho elemento (6) de blindaje una base (10) en forma de U, con una pared (10a) inferior y un par de paredes (10b, 10c) laterales, con dicho al menos un cable (2) colocado en ella y una cubierta (11) separada, en forma de placa plana, apoyada en el par de paredes (10b, 10c) laterales de la base (10), en el que la base (10) y la cubierta (11) del elemento (6) de blindaje comprenden lados respectivos superpuestos recíprocamente en una porción de longitud predeterminada en dirección lateral, siendo dichos lados porciones laterales de la base (10) y la cubierta (11), que son opuestas con respecto al eje longitudinal del elemento (6) de blindaje;
- la línea (1) de transmisión de energía eléctrica comprende además elementos (7) de soporte para soportar y proporcionar resistencia mecánica a las paredes (10a, 10b, 10c, 11a) de la base (10) y la cubierta (11) del elemento (6) de blindaje;
- el material ferromagnético tiene un valor máximo de permeabilidad magnética relativa μ_{\max} mayor que aproximadamente 20000;

caracterizado porque:

- la línea (1) de transmisión de energía eléctrica comprende solo un elemento (6) de blindaje hecho de un material ferromagnético,
- las paredes (10a, 10b, 10c; 11a) de dicha base (10) y dicha cubierta (11) tienen un espesor comprendido entre aproximadamente 0,10 mm y aproximadamente 0,60 mm, y
- los elementos (7) de soporte son placas sustancialmente planas hechas de un material eléctricamente no conductor y no ferromagnético, y están acopladas a las paredes (10a, 10b, 10c, 11a) de la base (10) y la cubierta (11) para cubrir y soportar mecánicamente, sobre sustancialmente toda su superficie, las paredes (10a, 10b, 10c, 11a) de la cubierta (11) y la base (10) del elemento (6) de blindaje.

2. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según la reivindicación 1, en la que dicha línea (1) se coloca bajo tierra.

3. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según la reivindicación 1, en la que dicha pared (10a) inferior y dicho par de paredes (10b, 10c) laterales son sustancialmente planas.

4. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según la reivindicación 1, en la que dichas paredes (10b, 10c) laterales se extiende en una dirección sustancialmente perpendicular a dicha pared (10a) inferior.

5. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según la reivindicación 1, en la que dicha base (10) comprende además un par de pestañas (10d, 10e) que se extiende en una dirección predeterminada desde las porciones extremas de las paredes (10b, 10c) laterales de la base (10).

6. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según la reivindicación 5, en la que dichas pestañas (10d, 10e) se extienden hacia afuera desde las porciones extremas de las paredes (10b, 10c) laterales de la base (10), con respecto a dicho al menos un cable (2) eléctrico.

7. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según la reivindicación 5, en la que dichas pestañas (10d, 10e) se extienden hacia dentro desde las porciones extremas de las paredes (10b, 10c) laterales de la base (10), con respecto a dicho al menos un cable (2) eléctrico.

8. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según la reivindicación 5, en la que dichas pestañas (10d, 10e) se extiende en una dirección sustancialmente perpendicular a las porciones extremas de las paredes (10b, 10c) laterales de la base (10).

9. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicha cubierta (11) comprende una pared (11a) principal y un par de pestañas (11b, 11c) que se extiende desde la pared (11a) principal en una dirección sustancialmente perpendicular a dicha pared (11a) principal.

10. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según la reivindicación 1, en la que las paredes (10a, 10b, 10c; 11a) de dicha base (10) y dicha cubierta (11) tienen un espesor comprendido entre aproximadamente 0,20 mm y aproximadamente 0,35 mm.

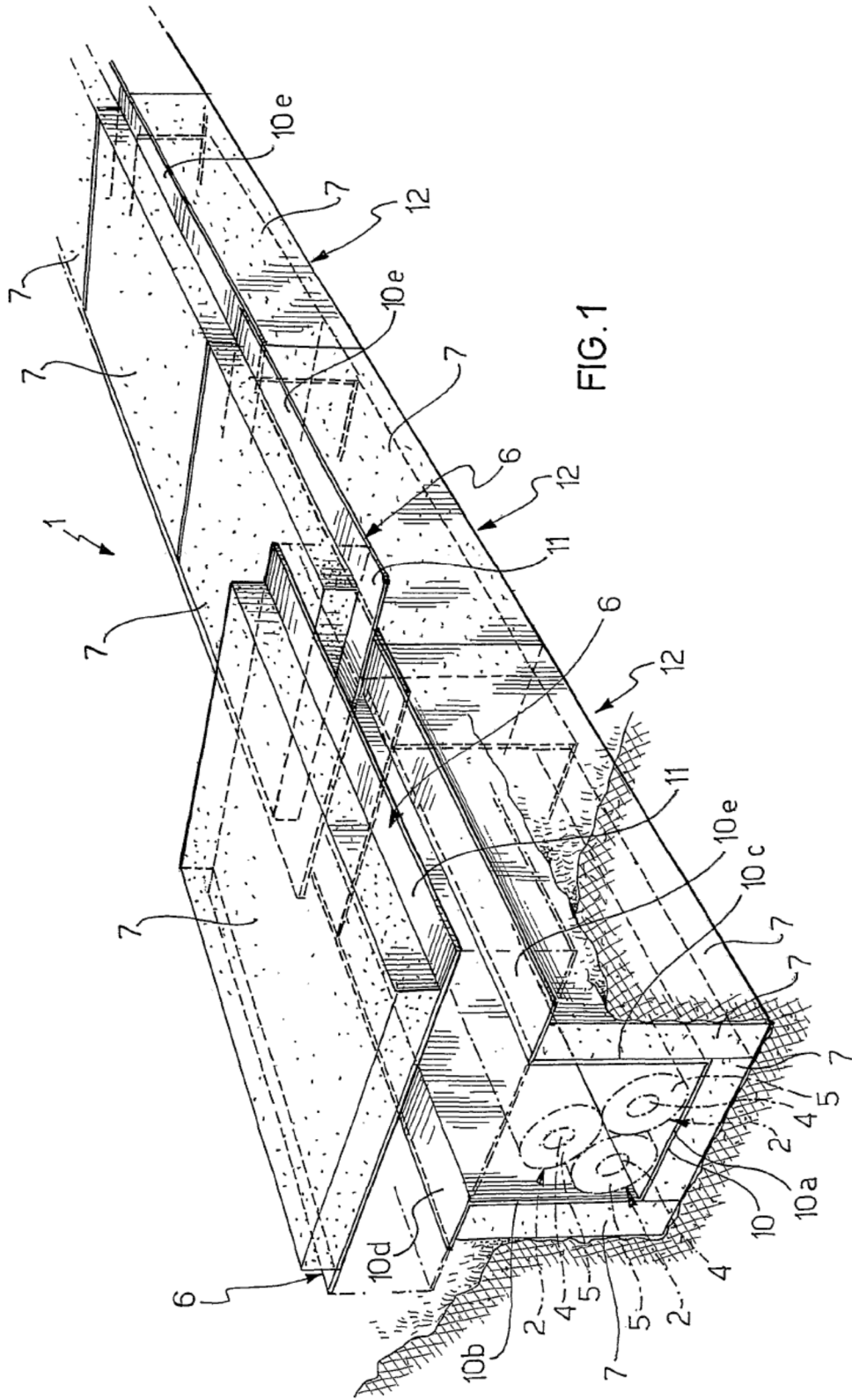
11. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, en la que dicha cubierta (11) comprende porciones laterales, en lados opuestos con respecto a una dirección longitudinal de dicho al menos un cable (2) eléctrico, colocado en el par de pestañas (10d, 10e) de dicha base (10).

12. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según la reivindicación 11, en la que un material que tiene una

permeabilidad mayor que el aire se interpone entre dicho par de pestañas (10d, 10e) de la base (10) y dichas porciones laterales de la cubierta (11).

- 5 13. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según la reivindicación 1, en la que las paredes (10a, 10b, 10c) de dicha base (10) tiene un espesor comprendido entre aproximadamente 0,20 mm y aproximadamente 0,60 mm, y la pared (11a) de dicha cubierta (11) tiene un espesor comprendido entre aproximadamente 0,10 mm y aproximadamente 0,50 mm.
- 10 14. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según la reivindicación 1, en la que la pared (11a) de dicha cubierta (11) tiene un espesor inferior al espesor de las paredes (10a, 10b, 10c; 11a) de dicha base (10).
- 15 15. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según la reivindicación 1, en la que las paredes (10a, 10b, 10c; 11a) de dicha base (10) y dicha cubierta (11) tienen una dirección del laminado sustancialmente perpendicular al eje de dicho al menos un cable (2).
16. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según la reivindicación 1, en la que dicho elemento (6) de blindaje comprende una pluralidad de módulos (12) de blindaje dispuestos lado a lado a lo largo de una dirección longitudinal de dicho al menos un cable (2) eléctrico, comprendiendo cada uno de dichos módulos (12) de blindaje una base (10) modular y una cubierta (11) modular.
17. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según la reivindicación 16, en la que dichos módulos (12) de blindaje están superpuestos, a lo largo de una dirección longitudinal de dicho al menos un cable (2) eléctrico, en una porción de longitud predeterminada.
- 20 18. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según la reivindicación 17, en la que dicha longitud predeterminada está comprendida entre 25 % y 100 % del ancho de dicho elemento (6) de blindaje a lo largo de una dirección transversal de dicho al menos un cable (2) eléctrico.
19. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según la reivindicación 16, que comprende además un elemento de conexión respectivo hecho de material ferromagnético para conectar dichos módulos (12) de blindaje dispuestos uno al lado del otro.
- 25 20. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según la reivindicación 16, en la que, en cada uno de dichos módulos (12) de blindaje, dicha base (10) modular y dicha cubierta (11) modular están escalonadas recíprocamente en dirección longitudinal por una distancia predeterminada.
- 30 21. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según la reivindicación 16, en la que, en cada uno de dichos módulos (12) de blindaje, las paredes (10a, 10b, 10c, 11a) de dicha base (10) modular y cubierta (11) están soportadas mecánicamente y reforzadas por respectivos elementos (7) de soporte.
22. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según la reivindicación 16, en la que al menos dos módulos (12) de blindaje adyacentes se extienden a lo largo de diferentes direcciones, dicho elemento (6) de blindaje comprende además un elemento (13) de conexión respectivo hecho de material ferromagnético para conectar dichos al menos dos módulos (12) de blindaje adyacentes.
- 35 23. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según la reivindicación 1 o 22, en la que dicho material ferromagnético tiene un valor máximo de permeabilidad magnética relativa μ_{\max} comprendido entre aproximadamente 20000 y 60000.
24. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según la reivindicación 1 o 22, en la que dicho material ferromagnético tiene un valor máximo de permeabilidad magnética relativa μ_{\max} igual a aproximadamente 40000.
- 40 25. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según la reivindicación 23 o 24, en la que dicho material ferromagnético se selecciona del grupo que comprende: acero al silicio de grano orientado, acero al silicio de grano no orientado, aleación de hierro-níquel-molibdeno con un contenido de níquel de aproximadamente el 80 % y un contenido de molibdeno entre el 4 y el 5 %, aleación de níquel-hierro-molibdeno con un contenido de níquel de aproximadamente el 80 % y un contenido de molibdeno superior al 5 %.
- 45 26. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según la reivindicación 25, en la que el contenido de silicio está comprendido entre aproximadamente el 1 % y aproximadamente el 5 %.
27. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según la reivindicación 1, en la que la cubierta (11) y la base (10) están hechas de diferentes materiales ferromagnéticos, el material ferromagnético de la cubierta (11) tiene un valor máximo de permeabilidad magnética relativa μ_{\max} inferior al del material ferromagnético de la base (10).
- 50 28. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según la reivindicación 1, en la que dichos elementos (7) de soporte están dispuestos hacia fuera de las paredes (10a, 10b, 10c, 11a) de la cubierta (11) y la base (10), con respecto a dicho al menos un cable (2).

29. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según la reivindicación 1, en la que dichos elementos (7) de soporte están dispuestos hacia el interior de las paredes (10a, 10b, 10c, 11a) de la cubierta (11) y la base (10), con respecto a dicho al menos un cable (2).
- 5 30. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según la reivindicación 1, en la que las paredes (10a, 10b, 10c, 11a) de la cubierta (11) y la base (10) están interpuestas entre pares de elementos de soporte (7).
31. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 30, en la que dichos elementos (7) de soporte comprenden paredes que tienen un espesor comprendido en el intervalo de aproximadamente 1 a aproximadamente 20 mm.
- 10 32. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según la reivindicación 1, en la que dicho material eléctricamente no conductor y no ferromagnético se selecciona del grupo que comprende: materiales plásticos, cemento, terracota, fibras de carbono, fibras de vidrio, madera.
- 15 33. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según la reivindicación 32, en la que dichos materiales plásticos se seleccionan del grupo que comprende: polietileno (PE), polietileno de densidad baja (LPDE), polietileno de densidad media (MPDE), polietileno de densidad alta (HPDE), polietileno lineal de baja densidad (LLPDE), polipropileno (PP), copolímeros de elastómero de etileno / propileno (EPM), terpolímeros de etileno / propileno / dieno (EPDM), caucho natural, caucho de butilo, copolímeros de etileno / vinilo, copolímeros de etileno / acrilato, copolímeros termoplásticos de etileno / α -olefina, poliestireno, resinas de acrilonitrilo / butadieno / estireno (ABS), polímeros halogenados, poliuretano (PUR), poliamidas, poliésteres aromáticos.
- 20 34. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según la reivindicación 1, en la que dicho elemento (6) de blindaje comprende además una pluralidad de medios (14) de fijación dispuestos a distancias predeterminadas entre sí a lo largo de una dirección longitudinal de dicho al menos un cable (2) eléctrico, estando dichos medios (14) de fijación destinados a fijar dicha cubierta (11) en dicha base (10).
- 25 35. Línea (1) de transmisión de energía eléctrica según la reivindicación 34, en la que dichos medios (14) de fijación están dispuestos en una pluralidad de pares posicionados a lo largo de los lados del elemento (6) de blindaje a una distancia longitudinal recíproca, a lo largo de una dirección longitudinal de dicho al menos un cable (2) eléctrico, comprendida entre unos 20 y unos 100 cm.
36. Procedimiento de blindaje del campo magnético generado por una línea (1) de transmisión de energía eléctrica que comprende al menos un cable (2) eléctrico, comprendiendo dicho procedimiento las siguientes etapas de:
- 30 - proporcionar solo un elemento (6) de blindaje hecho de un material ferromagnético para blindar el campo magnético generado por al menos un cable (2) eléctrico, teniendo el material ferromagnético un valor máximo de permeabilidad magnética relativa μ_{\max} mayor que aproximadamente 20000 y comprendiendo dicho elemento (6) de blindaje una base (10) en forma de U con una pared (10a) inferior y un par de paredes (10b, 10c) laterales y una cubierta (11) separada en forma de placa plana, en el que la base (10) y la cubierta (11) del elemento (6) de blindaje comprenden lados respectivos superpuestos recíprocamente en una porción de longitud predeterminada
- 35 en dirección lateral, siendo dichos lados porciones laterales de la base (10) y la cubierta (11), que son opuestas con respecto al eje longitudinal del elemento (6) de blindaje;
- paredes (10a, 10b, 10c, 11a) de soporte y refuerzo mecánico de la base (10) y la cubierta (11) del elemento (6) de blindaje por medio de elementos de soporte (7), que son placas sustancialmente planas hechas de un material eléctricamente no conductor y no ferromagnético y se acoplan a las paredes (10a, 10b, 10c, 11a) de la base (10)
- 40 y la cubierta (11) para cubrir y soportar mecánicamente, sobre sustancialmente toda su superficie, las paredes (10a, 10b, 10c, 11a) de la cubierta (11) y la base (10) del elemento (6) de blindaje;
- colocar dicho al menos un cable (2) eléctrico en dicha base (10) del elemento (6) de blindaje; y
- apoyar dicha cubierta (11) en el par de paredes (10b, 10c) laterales de dicha base (10) para cerrar sustancialmente dicho elemento (6) de blindaje,
- 45 en el que las paredes (10a, 10b, 10c; 11a) de dicha base (10) y dicha cubierta (11) tienen un espesor comprendido entre aproximadamente 0,10 mm y aproximadamente 0,60 mm.



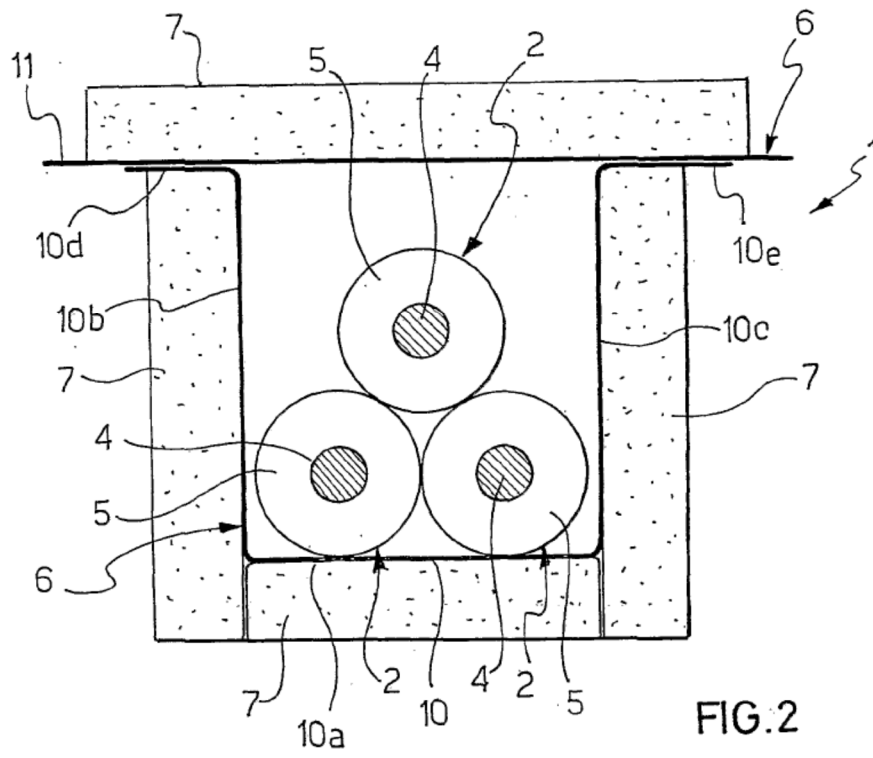


FIG. 2

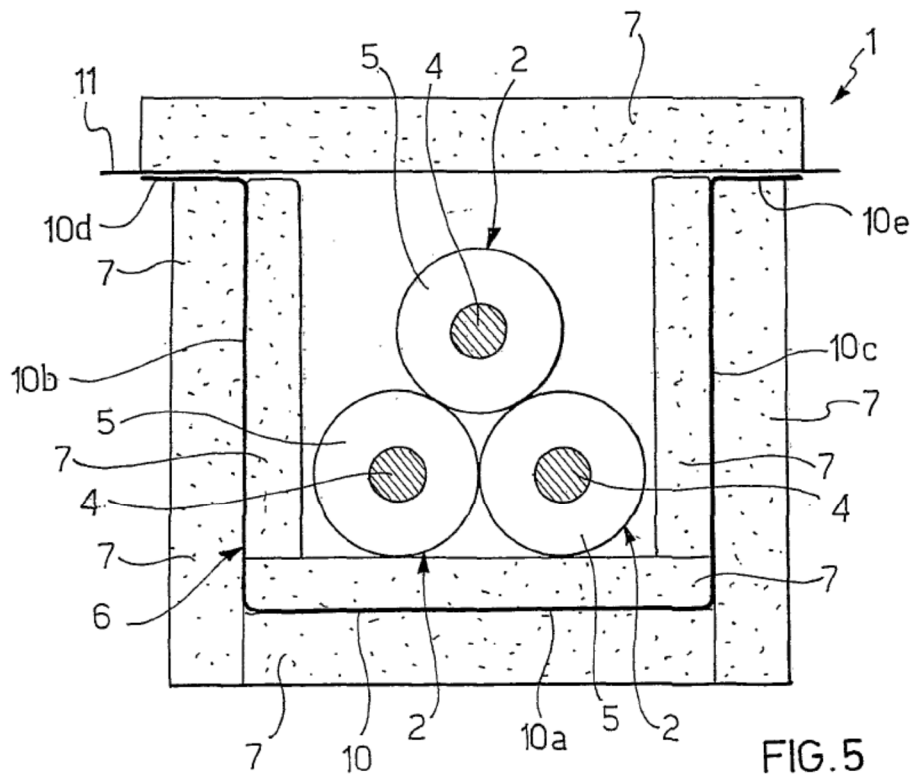


FIG. 5

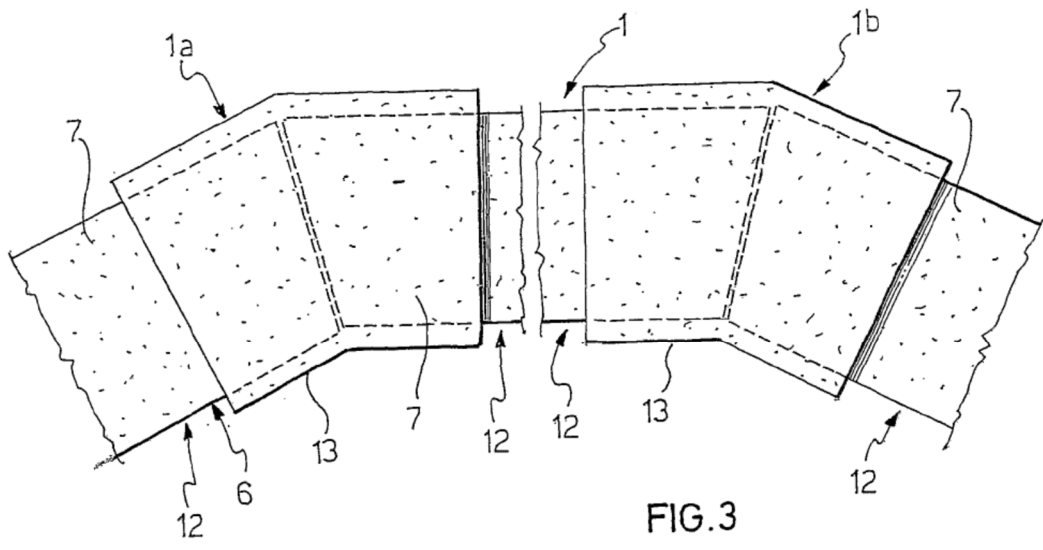


FIG. 3

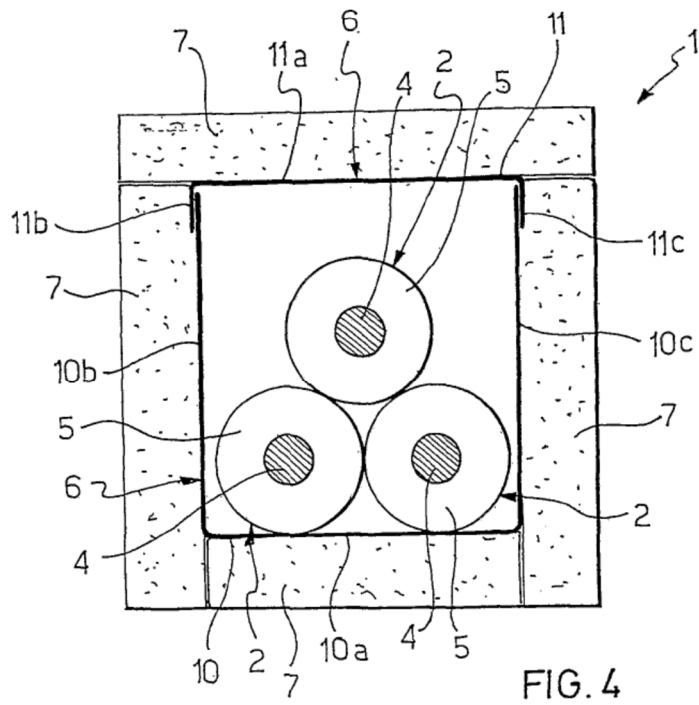


FIG. 4

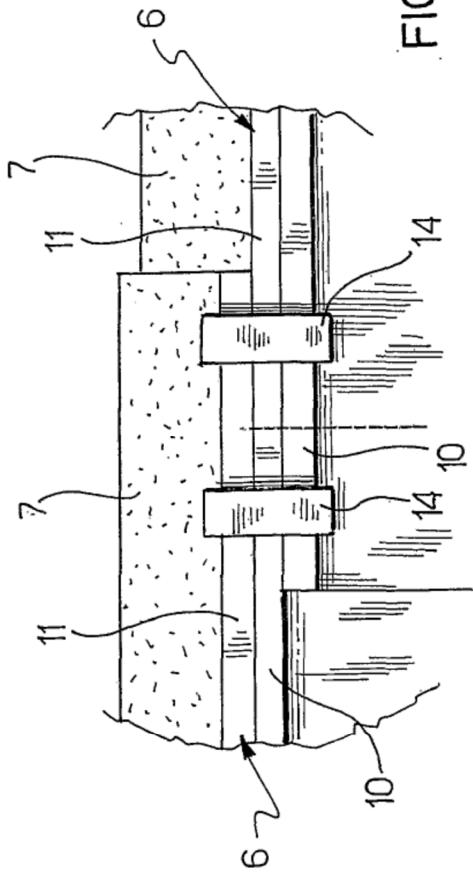


FIG. 7

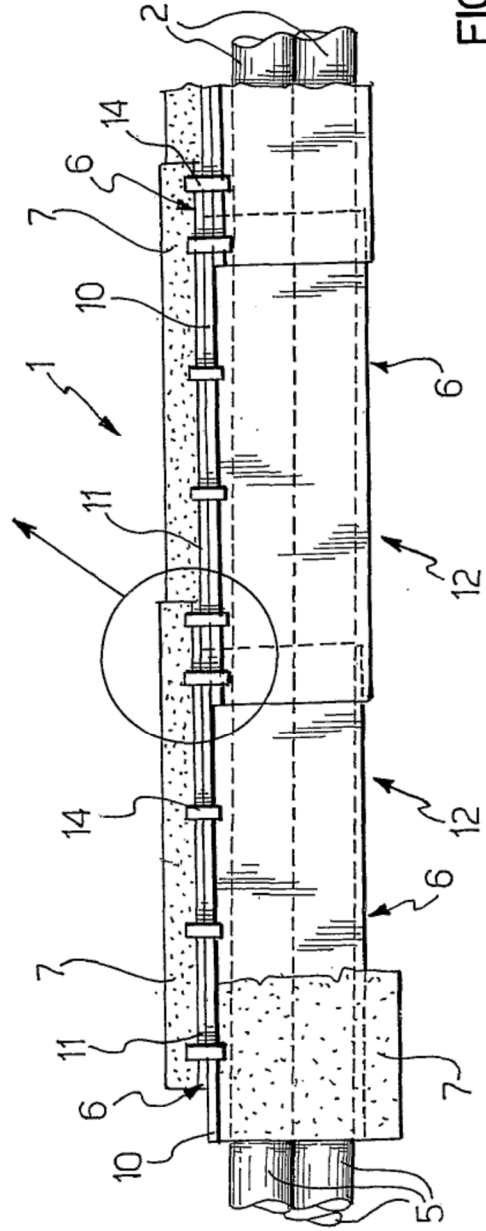


FIG. 6

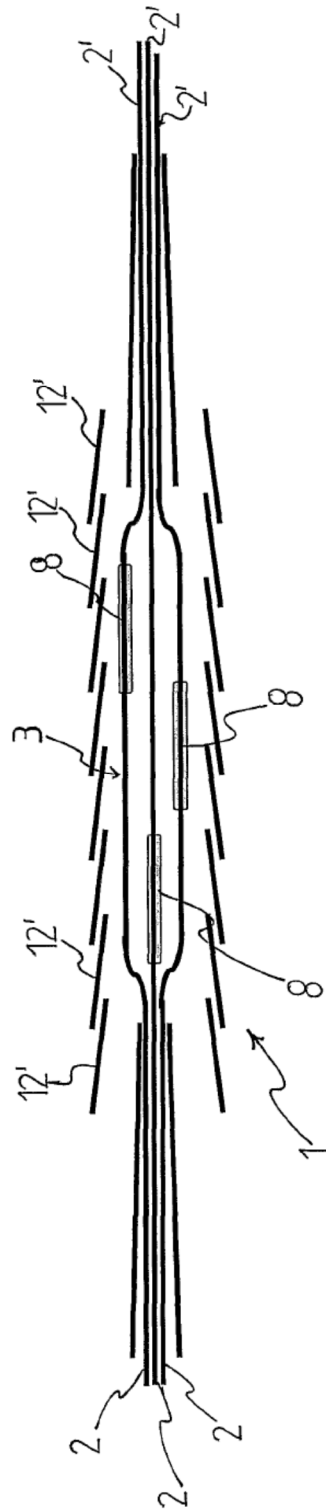


FIG. 8

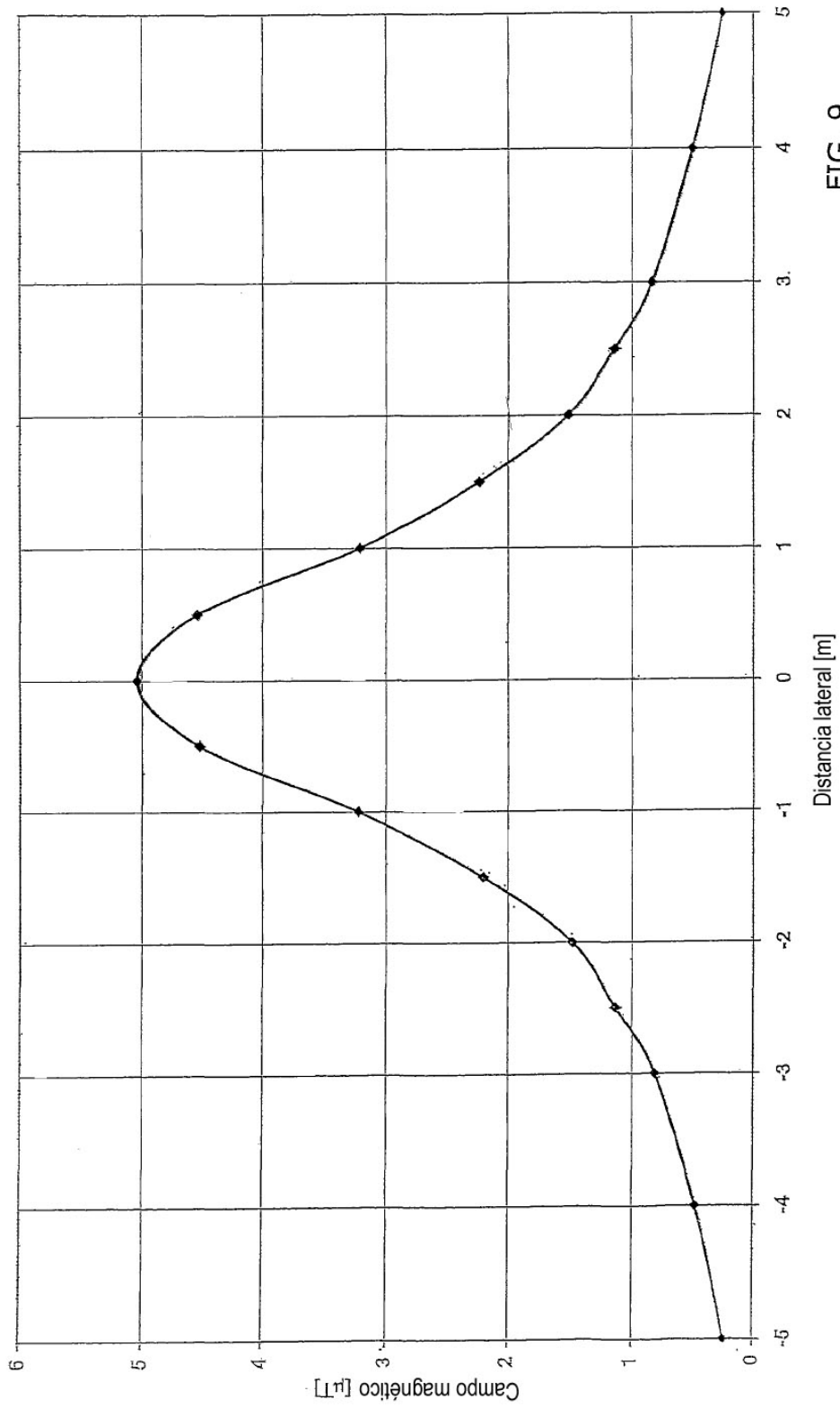


FIG. 9

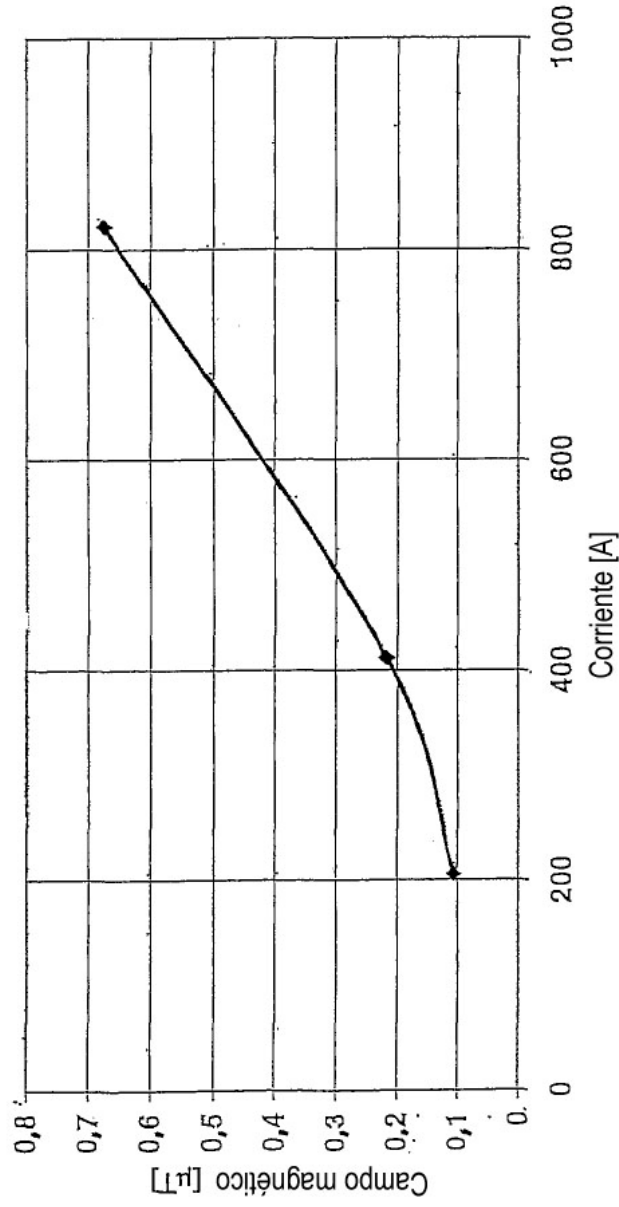


FIG. 10

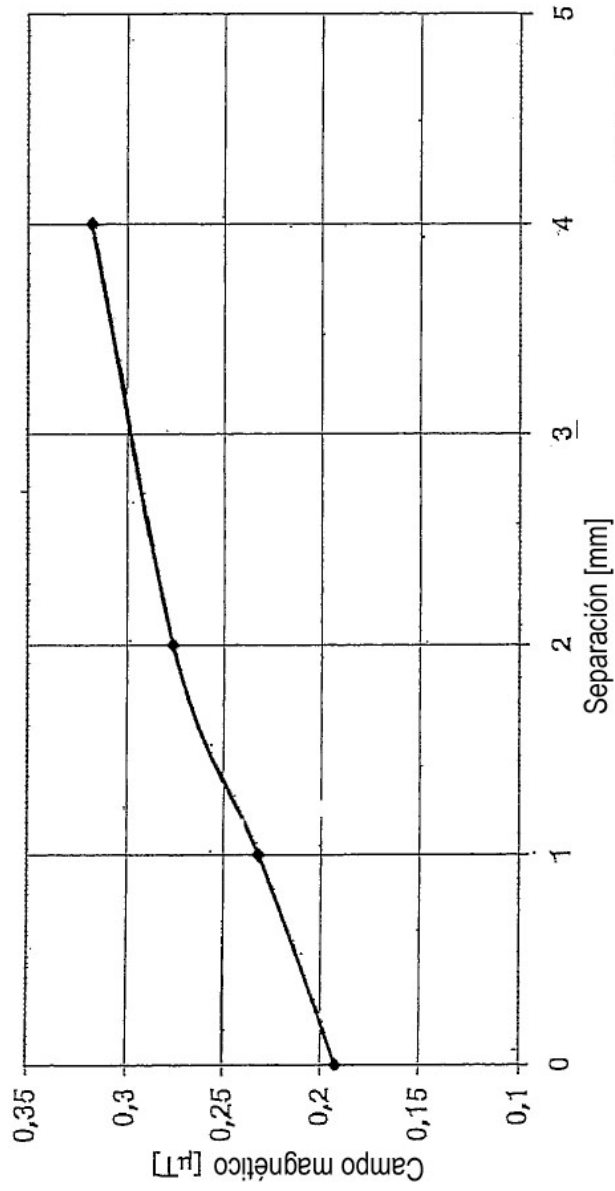


FIG. 11