

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 773 516**

51 Int. Cl.:

**H01F 27/32** (2006.01)

**H01F 30/06** (2006.01)

**H01F 30/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.12.2016 PCT/FR2016/053224**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.06.2017 WO17109317**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.12.2016 E 16825455 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.02.2020 EP 3394867**

54 Título: **Transformador eléctrico para equipos de alta tensión remotos**

30 Prioridad:

**22.12.2015 FR 1563062**

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

**13.07.2020**

73 Titular/es:

**SUPERGRID INSTITUTE (100.0%)  
23 rue Cyprian  
69100 Villeurbanne, FR**

72 Inventor/es:

**ALLAIS, ARNAUD;  
PEREIRA, ALBERT y  
MERMET-GUYENNET, MICHEL**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

ES 2 773 516 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Transformador eléctrico para equipos de alta tensión remotos

5 La invención se refiere a los equipos para redes de alta tensión, en particular la transmisión de potencia eléctrica entre equipos remotos de una red eléctrica, el aislamiento galvánico entre estos equipos remotos y la transformación del nivel de tensión entre estos equipos remotos.

10 El documento de M. Arun Kadavelugu “*High-Frequency Design Considerations of Dual Active Bridge 1200V SiC Mosfet DC-DC converter*”, publicado en 2011 por el IEEE en las páginas 314 a 320, describe un convertidor continuo/continuo, en el cual dos puentes en H son aislados galvánicamente por un transformador coaxial. El transformador coaxial incluye dos brazos, interconectados a sus extremos y soportados por una armadura. Cada brazo incluye una sección interna provista de varios devanados del circuito primario, y una sección externa provista de varios devanados del circuito secundario. Los devanados del primario y del secundario están aislados entre sí. Un núcleo magnético se sitúa en la periferia de los devanados primario y secundario. Este núcleo magnético comprende varios tramos separados, con el fin de favorecer el enfriamiento del transformador. Para ganar en compacidad, los núcleos magnéticos de los dos brazos están entrelazados.

15 Si se desean conectar dos redes o equipos de tensión continua remotos, el convertidor se conecta por su entrada a una primera red, estando conectadas su salida a la segunda red por cables eléctricos.

En la práctica, dicha instalación presenta inconvenientes, ya que el volumen ocupado por el transformador a nivel de las dos redes resulta particularmente voluminoso para aplicaciones de alta tensión. El enfriamiento del transformador conlleva específicamente un espacio ocupado no despreciable.

20 Dicho transformador coaxial resulta por tanto inapropiado. Se eligen por tanto transformadores más clásicos, provistos de un núcleo magnético rodeado de devanados primarios y secundarios. El aislamiento eléctrico se realiza muy a menudo mediante un fluido tal como gas o aceite en circulación entre los devanados primarios y secundarios. La gestión de dicho fluido presenta problemáticas de seguridad, de medioambiente, de mantenimiento y de ocupación de espacio, particularmente incómodos cuando el transformador es colocado en un medio, por ejemplo un campo de aerogeneradores marinos.

25 El enfriamiento y el aislamiento eléctrico de dichos transformadores más clásicos es igualmente problemático, incluso para aplicaciones de transformación locales.

30 El documento DE4318270 describe un transformador eléctrico coaxial, que comprende un devanado de un circuito primario, un núcleo magnético que rodea el devanado del circuito primario, y un devanado de un circuito secundario que rodea al núcleo magnético.

El documento US2011/0291792 describe un transformador coaxial en el que los devanados de los circuitos primario y secundario están dispuestos en el seno de un núcleo magnético.

35 El documento GB2447963 describe un transformador eléctrico coaxial, que comprende un devanado de un circuito primario, un núcleo magnético que rodea al devanado del circuito primario, y un devanado de un circuito secundario que rodea al núcleo magnético.

La invención tiene como objetivo resolver uno o varios de estos inconvenientes. La invención se refiere por tanto a un transformador eléctrico, tal como se define en la reivindicación 1 anexa.

40 La invención se refiere igualmente a variantes definidas en las reivindicaciones dependientes anexas. El experto en la técnica comprenderá que cada una de las características de estas variantes puede ser combinada independientemente a las características de la reivindicación 1, y por tanto construir una generalización intermedia.

La invención se refiere igualmente a una infraestructura eléctrica, tal como se define en las reivindicaciones anexas.

Otras características y ventajas de la invención resultan claramente de la descripción que se hace a continuación, a título indicativo y no limitativo, en referencia a los dibujos anexos, en los cuales:

- la figura 1 es una representación esquemática de un ejemplo de implantación de un transformador según la invención;
- 45 - la figura 2 es una vista en sección transversal esquemática que ilustra diferentes secciones de un cable de un ejemplo de transformador según la invención;
- la figura 3 es una vista en sección transversal de un primer modo de realización de cable para un transformador según la invención;
- la figura 4 es una vista en sección según un plano longitudinal del cable de la figura 3;

- la figura 5 es una vista en sección trasversal de un segundo modo de realización de cable para un transformador según la invención;

- la figura 6 es una vista en sección según un plano longitudinal del cable de la figura 5;

- la figura 7 es una vista en sección longitudinal de un ejemplo de interconexiones en el extremo de un cable;

5 - las figuras 8 y 9 son representaciones esquemáticas de un ejemplo de cableado entre devanados de un circuito secundario;

- la figura 10 es una vista en sección trasversal de una variante del primer modo de realización de cable para un transformador según la invención.

10 La invención propone un transformador eléctrico en el cual los devanados del circuito primario y del circuito secundario están alojados en un cable único, por ejemplo para la conexión de dos equipos remotos de una red de alta tensión. El cable de dicho transformador comprende una sección central, una sección intermedia y una sección periférica concéntrica. La sección central comprende al menos un devanado del circuito primario, un devanado del circuito secundario y un aislamiento galvánico entre este devanado del circuito primario y este devanado del circuito secundario. La sección intermedia rodea la sección central y comprende un núcleo magnético. La sección periférica rodea la sección intermedia y comprende un devanado del circuito primario y un devanado del circuito secundario. La sección periférica comprende igualmente un aislamiento galvánico entre este devanado del circuito primario y este devanado del circuito secundario. Estos dos devanados del circuito primario, incluidos respectivamente en la sección central y en la sección periférica, están conectados eléctricamente a nivel de un extremo axial del cable. Estos dos devanados del circuito secundario, incluidos respectivamente en la sección central y en la sección periférica, están conectados eléctricamente a nivel de un extremo axial del cable.

20 La figura 1 ilustra un ejemplo de implantación de un transformador 1 según la invención. El transformador 1 comprende un cable 11 alargado, que presenta extremos 111 y 112 axiales. El cable 11 incluye devanados de un circuito primario del transformador, devanados de un circuito secundario del transformador, y un núcleo magnético, como se detalla a continuación. En el extremo 111, el cable 11 comprende terminales 121 y 123 de conexión que forman los terminales del circuito primario del transformador 1. En el extremo 112, el cable 11 comprende terminales 122 y 124 de conexión que forman los terminales del circuito secundario del transformador 1.

25 En este ejemplo particular, el transformador 1 es utilizado para la transformación de energía eléctrica y la transformación del nivel de tensión entre dos equipos 82 y 84 remotos de una red de alta tensión continua. Los terminales 121 y 123 del circuito primario están conectados a una interfaz alterna de un convertidor 81 continuo/alterno. El equipo 82 está conectado a una interfaz continua del convertidor 81 continuo/alterno. Los terminales 122 y 124 del circuito secundario están conectados a la interfaz alterna de un convertidor 83 continuo/alterno. El equipo 84 está conectado a una interfaz continua del convertidor 83 continuo/alterno.

30 La figura 2 es una vista en sección trasversal esquemática que ilustra diferentes secciones de un cable 11 de un ejemplo de transformador 1 según la invención. En este cable 11, se puede definir una sección 2 central, una sección 3 intermedia y una sección 4 periférica, siendo concéntricas las secciones 2, 3 y 4. La sección 4 periférica rodea a la sección 3 intermedia, que rodea a la sección 2 central.

35 La figura 3 es una vista en sección trasversal de un primer ejemplo de modo de realización del cable 11 de un transformador 1 según la invención. La figura 4 es una vista en sección según un plano longitudinal del cable 11.

40 La sección 2 central del cable 11 comprende varios devanados 21 del circuito primario del transformador 1, varios devanados 22 del circuito secundario del transformador 1, y un aislamiento 23 galvánico sólido.

45 El aislamiento 23 galvánico está realizado en forma de una capa eléctricamente aislante (sólida a la temperatura ambiente) que rodea los devanados 21 del circuito primario. Los devanados 22 del circuito secundario están situados en contacto con la superficie externa de esta capa 23 aislante. Los devanados 21 se reparten radialmente alrededor del eje del cable 11. Los diferentes devanados 21 están separados y aislados por paredes 25 aislantes (sólidas a la temperatura ambiente), que se extienden según una dirección radial entre estos devanados 21. Los devanados 22 se reparten radialmente alrededor del eje del cable 11. Los diferentes devanados 22 están separados y aislados por paredes 26 aislantes (sólidas a la temperatura ambiente) que se extienden según una dirección radial entre estos devanados 22.

50 La sección 3 intermedia rodea a la sección 2 central. La sección 3 intermedia comprende un núcleo o circuito 31 magnético. El núcleo 31 magnético rodea en este caso la sección 2 central. El núcleo 31 magnético ocupa en este caso todo el volumen de la sección 3 intermedia.

La sección 4 periférica del cable 11 comprende varios devanados 41 del circuito primario del transformador 1, varios devanados 42 del circuito secundario del transformador 1 y un aislamiento 43 galvánico sólido.

- 5 El aislamiento 43 galvánico está realizado en forma de una capa eléctricamente aislante (sólida a la temperatura ambiente) que rodea los devanados 42 del circuito secundario. Los devanados 42 están repartidos radialmente alrededor del eje del cable 11. Los devanados 42 están en este caso en contacto con el núcleo 31 magnético. Los diferentes devanados 42 están separados y aislados por paredes 46 aislantes (sólidas a la temperatura ambiente) que se extienden según una dirección radial entre estos devanados 42. Los devanados 41 del circuito primario se sitúan en contacto con la superficie externa de esta capa 43 aislante. Los devanados 41 se reparten radialmente alrededor del eje 11 del cable. Los diferentes devanados 41 están separados y aislados por paredes 45 aislantes (sólidas a la temperatura ambiente), que se extienden según una dirección radial entre estos devanados 41.
- 10 Dicho transformador 1 presenta un enfriamiento por convección sobre toda la longitud el cable 11. La longitud del cable 11 favorece por tanto el enfriamiento del transformador 1, lo que permite evitar o limitar la necesidad de sumergir el cable 11 en un flujo de fluido de enfriamiento. Por otro lado, el aislamiento galvánico es en este caso obtenido por materiales sólidos, lo que permite limitar los riesgos de fuga, las restricciones de mantenimiento para el transformador 1. Además, al ser realizada la transformación eléctrica sobre la longitud del cable 11 igualmente utilizada para la transformación de energía, el espacio ocupado del transformador 1 es particularmente reducido al nivel de los equipos remotos a los que se conecta.
- 15 En este modo de realización, se tiene como objetivo favorecer la facilidad de fabricación de cable 11, disponiendo los devanados del circuito primario y los devanados del circuito secundario en capas diferentes. Además, se facilita la fabricación de dicho cable, pudiendo realizarse fácilmente los aislantes 23 y 43 galvánicos por extrusión o encintado, por procedimientos conocidos en sí mismos. Por otro lado, este modo de realización permite fácilmente realizar aislamientos galvánicos de espesor importante entre los diferentes devanados.
- 20 La sección 4 periférica del cable 11 comprende además una pared 48 aislante (sólida a la temperatura ambiente) que rodea los devanados 41. La sección 4 periférica del cable 11 comprende igualmente de forma ventajosa una capa 49 conductora (por ejemplo una capa metálica que forma una pantalla o blindaje electromagnético). La capa 49 que forma pantalla rodea a la pared 48 aislante.
- 25 En el modo de realización ilustrado, el cable 11 comprende de forma ventajosa un refuerzo 29 mecánico. El refuerzo mecánico se extiende de forma ventajosa sobre toda la longitud del cable 11 (incluso sobresale con respecto al cable 11, para permitir su fijación por sus extremos). El refuerzo 29 mecánico está de forma ventajosa situado en el centro de la sección 2 central, a nivel del eje del cable 11, con el fin de sufrir una menor deformación durante una flexión del cable 11. El refuerzo 29 mecánico puede por ejemplo comprender un cable metálico recubierto de aislante, fibras sintéticas o un polímero reforzado por fibras.
- 30 En el modo de realización ilustrado, las paredes 25 aislantes se extienden radialmente entre el refuerzo 29 mecánico y la capa 23 aislante. En el ejemplo de modo de realización ilustrado, las paredes 26 aislantes se extienden radialmente entre la capa 23 aislante y el núcleo 31 magnético. En el ejemplo de modo de realización ilustrado, las paredes aislantes 46 se extienden entre el núcleo 31 magnético y la capa 43 aislante. En el ejemplo de modo de realización ilustrado, las paredes 45 aislantes se extienden entre la capa 43 aislante y la capa 48 aislante.
- 35 El núcleo 31 magnético presenta por ejemplo una forma que puede ser obtenida por extrusión o encintado concéntrico. El núcleo 31 magnético puede por ejemplo estar formado a partir de una resina de polímero cargada con polvo metálico. El núcleo 31 magnético puede por ejemplo igualmente estar formado en una chapa enrollada y revestida de un aislante. Dicho material podrá por ejemplo elegirse para presentar una permeabilidad magnética relativa de al menos 150, con preferencia al menos 200, de forma ventajosa de 500. Según simulaciones, el acoplamiento magnético es de al menos 0,99 para una permeabilidad magnética relativa de al menos 150 del núcleo 31 magnético.
- 40 El material utilizado para uno de los aislantes 23, 25, 26, 43, 45 o 46 sólidos es por ejemplo elegido del grupo que comprende polietileno reticulado aislante, polipropileno, caucho (EPH, HEPR) o silicona.
- 45 El material utilizado para los devanados 21, 22, 41 o 42 es por ejemplo elegido del grupo que comprende el cobre y sus aleaciones o el aluminio y sus aleaciones.
- Un ejemplo de dimensionamiento para un cable 11 de transformador 1 según el primer modo de realización puede ser el siguiente. Se prevé:
- la transmisión de una potencia de 10MW por el transformador 1;
  - una tensión de 10kV en los terminales del circuito primario, una tensión de 100kV en los terminales del circuito secundario;
  - una corriente de 1000A a través del circuito primario, una corriente de 100A a través del circuito secundario, con una frecuencia de 20kHz;
  - una densidad de corriente de 1A/mm<sup>2</sup>;
  - una inducción magnética de 0,2T.
- 50

## ES 2 773 516 T3

Como recordatorio, la tensión V sinusoidal en los terminales de un devanado bobinado se calcula por la fórmula de Boucherot:

$$V = \pi \cdot \sqrt{2} \cdot N \cdot B \cdot S \cdot f$$

Con N: el número de espiras del devanado,

- 5 B: la inducción magnética,  
S: la sección del circuito magnético,  
F: la frecuencia de funcionamiento.

El material elegido para los devanados 21, 22, 41 y 42 es cobre.

El material elegido para la capa 49 de pantalla es aluminio.

- 10 El material utilizado para los aislantes 23, 26, 43 y 46 sólidos es polietileno reticulado.

El número de devanados del circuito primario a la sección 2 central (y en la sección 4 periférica) es de 1. El número de devanados del circuito secundario en la sección 2 central (y en la sección 4 periférica) es de 10.

- 15 Un orificio de pasaje de aire (no ilustrado en la figura 3) está dispuesto en el centro de la sección 2 central en reemplazo del refuerzo 29 mecánico y presenta un radio de 10mm. El espesor del devanado 21 es de 10,5mm. El espesor de la capa 23 aislante es de 5mm. El espesor de los devanados 22 es de 5,6mm. La anchura de las paredes 26 aislantes es de al menos 1mm. Con preferencia de al menos 2mm. El espesor del núcleo 31 magnético es de 10mm. El espesor de los devanados 42 es de 3,7mm. El espesor de la capa 43 aislante es de 5mm. El espesor del devanado 41 es de 3,1mm. El espesor de la capa 48 de aislamiento es de 5mm. El espesor de la capa 49 de pantalla es de 2,75mm. El cable 11 presenta una longitud de 62,5m.

- 20 El paso de devanado de los devanados 21 y 41 (en este caso idéntico al paso para los devanados 22 y 42) está por ejemplo comprendido entre 5 y 30 veces el diámetro del cable 11.

- 25 En los ejemplos ilustrados anteriormente, los terminales 121 y 123 por un lado y 122 y 124 por otro lado, están dispuestos en extremos opuestos del cable 11. Sin embargo, se puede igualmente utilizar el transformador 1 para una aplicación local, con los terminales 121 a 124 situados a nivel de un mismo extremo del cable 11. Dicho transformador 1 permite también beneficiarse del enfriamiento sobre la longitud del cable y sobre la capacidad de aislamiento de los aislamientos galvánicos sólidos.

- 30 Un ejemplo de estructura para el extremo de un cable 11, con terminales a nivel de un mismo extremo, se ilustra en una vista en sección longitudinal en la figura 7. Esta ilustración tiene por objetivo representar las interconexiones entre los devanados del circuito primario de la sección 2 central y de la sección 4 periférica, o entre los devanados del circuito secundario de la sección 2 central y de la sección 4 periférica.

Por tanto se fija un empalme 5 a un extremo del cable 11. El empalme 5 puede comprender terminales de conexión del primario o del secundario, no ilustrados en este caso. El empalme 5 comprende un conector 52 eléctrico, que conecta eléctricamente un devanado 42 de la sección periférica a un devanado 22 de la sección 2 central. El conector 52 eléctrico está por ejemplo fijado por soldadura a sus devanados 22 y 42 respectivos.

- 35 El conector 52 eléctrico está recubierto en su periferia por un aislante 53. El aislante 53 se dispone en la continuidad de las capas 23 y 43 aislantes y va a recubrir al extremo axial del conector 52 eléctrico. El aislante 53 encierra al conector 52 eléctrico.

- 40 El empalme 5 comprende igualmente un conector 51 eléctrico, que conecta eléctricamente un devanado 41 de la sección periférica a un devanado 21 de la sección 2 central. El conector 51 eléctrico se fija por ejemplo por soldadura a sus devanados 21 y 41 respectivos. El conector 51 eléctrico está recubierto en su periferia por un aislante 54. El aislante 54 se dispone en la continuidad de la capa 48 aislante y va a recubrir el extremo axial del conector 51 eléctrico.

El refuerzo 29 mecánico se extiende en este caso axial mente a través del empalme 5 y más allá.

- 45 Con el fin de limitar el campo eléctrico aplicado en las diferentes paredes 26 y 46 aislantes, las figuras 8 y 9 ilustran un ejemplo de interconexión para los devanados 22 y 42 de un circuito secundario según la aplicación numérica detallada anteriormente (10 devanados del circuito secundario en cada una de las secciones 2 y 4). Las figuras 8 y 9 ilustran las interconexiones a nivel de los extremos respectivos opuestos del cable 11. Las interconexiones ilustradas en este caso permiten limitar la diferencia de potencial entre devanados 22 adyacentes, o entre devanados 42 adyacentes. Las interconexiones son en este caso ilustradas de manera esquemática en líneas de puntos. En la figura 9, se ilustran únicamente las terminaciones de las interconexiones, en aras de la claridad. Los devanados 22 y 42 son numerados con un índice n, estando situados los devanados 22 y 42 de índice n radialmente opuestos. Los devanados

## ES 2 773 516 T3

22, identificados por su índice n (y por analogía los devanados 42) están situados radialmente en el orden siguiente: 1-2-4-6-8-10-9-7-5-3. Las interconexiones entre los devanados son las siguientes:

- los devanados 22 y 42 de índice 1 están conectados eléctricamente por la interconexión 521;
- los devanados 22 de índice 1 y 42 de índice 2 están conectados eléctricamente por la interconexión 612;
- 5 - los devanados 22 y 42 de índice 2 están conectados eléctricamente por la interconexión 522;
- los devanados 22 de índice 2 y 42 de índice 3 están conectados eléctricamente por la interconexión 623;
- los devanados 22 y 42 de índice 3 están conectados eléctricamente por la interconexión 523;
- los devanados 22 de índice 3 y 42 de índice 4 están conectados eléctricamente por la interconexión 634;
- los devanados 22 y 42 de índice 4 están conectados eléctricamente por la interconexión 524;
- 10 - los devanados 22 de índice 4 y 42 de índice 5 están conectados eléctricamente por la interconexión 645;
- los devanados 22 y 42 de índice 5 están conectados eléctricamente por la interconexión 525;
- los devanados 22 de índice 5 y 42 de índice 6 están conectados eléctricamente por la interconexión 656;
- los devanados 22 y 42 de índice 6 están conectados eléctricamente por la interconexión 526;
- los devanados 22 de índice 6 y 42 de índice 7 están conectados eléctricamente por la interconexión 667;
- 15 - los devanados 22 y 42 de índice 7 están conectados eléctricamente por la interconexión 527;
- los devanados 22 de índice 7 y 42 de índice 8 están conectados eléctricamente por la interconexión 678;
- los devanados 22 y 42 de índice 8 están conectados eléctricamente por la interconexión 528;
- los devanados 22 de índice 8 y 42 de índice 9 están conectados eléctricamente por la interconexión 689;
- los devanados 22 y 42 de índice 9 están conectados eléctricamente por la interconexión 529;
- 20 - los devanados 22 de índice 9 y 42 de índice 10 están conectados eléctricamente por la interconexión 690;
- los devanados 22 y 42 de índice 10 están conectados eléctricamente por la interconexión 520.

En el caso en el que el circuito primario comprenda varios devanados en la sección 2 central y en la sección 4 periférica, se puede utilizar un modo de interconexión similar para los devanados 21 y 41 con el fin de limitar el campo eléctrico aplicado a las paredes 25 y 45 aislantes.

- 25 Otro ejemplo de dimensionamiento para un cable 11 de transformador 1 según el primer modo de realización puede ser el siguiente. Se prevé:
  - la transmisión de una potencia de 1MW por el transformador 1;
  - una tensión de 5kV en los terminales del circuito primario, una tensión de 5kV en los terminales del circuito secundario;
- 30 - una corriente de 200A a través del circuito primario, una corriente de 200A a través del circuito secundario, con una frecuencia de 5kHz;
- una densidad de corriente de 1A/mm<sup>2</sup>;
- un campo magnético de 0,2T.

El material elegido para los devanados 21, 22, 41 y 42 es cobre.

- 35 El material elegido para la capa 49 de pantalla es aluminio.

El material utilizado para los aislantes 23 y 43 sólidos es polietileno reticulado.

El número de devanados del circuito primario en la sección 2 central (y en la sección periférica 4) es de 1. El número de devanados del circuito secundario en la sección 2 central (y en la sección 4 periférica) es de 1.

- 40 Un orificio de pasaje de aire (no ilustrado en la figura 3) está dispuesto en el centro de la sección 2 central en reemplazo del refuerzo 29 mecánico y presenta un radio de 10mm. El espesor del devanado 21 es de 2,8mm. El espesor de la capa 23 aislante es de 5mm. El espesor del devanado 22 es de 1,7mm. El espesor del núcleo 31 magnético es de

10mm. El espesor del devanado 42 es de 1,1mm. El espesor de la capa 43 aislante es de 5mm. El espesor del devanado 41 es de 0,9mm. El espesor de la capa 48 aislante es de 5mm. El espesor de la capa 49 de pantalla es de 2,75mm. El cable 11 presenta una longitud de 125 m.

5 El paso de devanado de los devanados 21 y 41 (en este caso idéntico al paso de los devanados 22 y 42) está por ejemplo comprendido entre 5 y 30 veces el diámetro del cable 11.

La figura 5 es una vista en sección transversal de un segundo ejemplo de modo de realización del cable 11 del transformador 1 según la invención. La figura 6 es una vista en sección según un plano longitudinal del cable 11.

10 La sección 2 central del cable 11 comprende varios devanados 21 del circuito primario del transformador 1, varios devanados 22 de circuito secundario del transformador 1. La sección 2 central comprende en este caso una alternancia de devanados repartidos alrededor del eje del cable 11. El número de devanados 22 es en este caso el doble del número de devanados 21.

15 El cable 11 comprende además un aislamiento galvánico en forma de elementos 27 aislantes (sólidos a temperatura ambiente). Los elementos 27 aislantes están repartidos radialmente alrededor del eje del cable 11. Los elementos 27 aislante separan dos devanados adyacentes de la sección 2 central. Los elementos 27 aislantes forman en este caso paredes aislantes que se extienden según una dirección radial entre dos devanados 21 o 22 adyacentes.

La sección 3 intermedia rodea a la sección 2 central. La sección 3 intermedia comprende un núcleo o circuito 31 magnético. El núcleo 31 magnético rodea en este caso a la sección 2 central. El núcleo 31 magnético ocupa en este caso todo el volumen de la sección 3 intermedia.

20 La sección 4 periférica del cable 11 comprende varios devanados 41 del circuito primario del transformador 1 y varios devanados 42 del circuito secundario del transformador 1. La sección periférica 4 comprende en este caso una alternancia de devanados repartidos alrededor del eje del cable 11. El número de devanados 42 es en este caso el doble del número de devanados 41.

25 El cable 11 comprende además un aislamiento galvánico en forma de elementos 47 aislantes (sólidos a la temperatura ambiente). Los elementos 47 aislantes están repartidos radialmente alrededor del eje del cable 11. Los elementos 47 aislantes separan dos devanados adyacentes de la sección 4 periférica. Los elementos 47 aislantes forman en este caso paredes aislantes que se extienden según una dirección radial entre dos devanados 41 o 42 adyacentes.

Los devanados 41 del circuito primario y los devanados 42 del circuito secundario están situados en contacto con la superficie externa del núcleo 31 magnético.

30 La sección 4 periférica del cable 11 comprende además una pared 48 aislante (sólida a la temperatura ambiente) que rodea los devanados 41 y 42. La sección 4 periférica del cable 11 comprende igualmente de forma ventajosa una capa 49 conductora (por ejemplo una capa metálica que forma una pantalla o un blindaje electromagnético. La capa 49 que forma pantalla rodea a la pared 48 aislante.

35 En el modo de realización ilustrado, el cable 11 comprende de forma ventajosa un refuerzo 29 mecánico. El refuerzo mecánico se extiende de forma ventajosa sobre toda la longitud del cable 11 (incluso sobresale con respecto al cable 11, para permitir su fijación por sus extremos). El refuerzo 29 mecánico está de forma ventajosa situado en el centro de la sección 2 central, al nivel del eje del cable 11, con el fin de sufrir una menor deformación durante una flexión del cable 11. El refuerzo 29 mecánico puede presentar la misma composición que para el primer ejemplo de modo de realización.

40 En el modo de realización ilustrado, las paredes 27 aislantes se extienden radialmente entre el refuerzo 29 mecánico y el núcleo 31 magnético. En el ejemplo de modo de realización ilustrado, las paredes 47 aislantes se extienden entre el núcleo 31 magnético y la capa 48 aislante.

45 Los diferentes modos de realización del cable 11 de un transformador 1 según la invención han sido ilustrados descritos con un cable 11 que presenta un eje rectilíneo, en aras de la simplificación. Sin embargo, dicho cable 11 será flexible en la mayor parte de las configuraciones. El eje del cable 11 podrá por tanto ser curvilíneo, por ejemplo cuando el cable 11 este enrollado en bobina o cuando la parte media del cable 11 presente deformaciones por flexión.

En los diferentes modos de realización descritos, el circuito primario y el circuito secundario del transformador 1 incluyen, cada uno, varios devanados en la sección 2 central, y varios devanados en la sección 4 periférica. Sin embargo, se puede contemplar igualmente que el circuito primario y/o el circuito secundario del transformador 1 incluyan un único devanado en la sección 2 central y un único devanado en la sección 4 periférica.

50 Para favorecer el enfriamiento del cable 11 y servir a la transformación de potencia entre equipos de redes remotos, la longitud del cable 11 es de forma ventajosa al menos 100 veces superior a su diámetro exterior.

En los ejemplos ilustrados, el transformador 1 es utilizado para la transformación de potencia entre equipos de alta tensión remotos. La distancia entre los equipos de alta tensión puede ser superior a la longitud del cable 11. En dicho

caso de figura, se puede conectar un cable de transmisión de potencia a los terminales del circuito primario y/o a los terminales del circuito secundario para adaptarse a la distancia que separa estos equipos de alta tensión.

La figura 10 es una vista en sección transversal de una variante del primer ejemplo de modo de realización del cable 11 de un transformador 1 según la invención. El cable 11 difiere del de la figura 3:

- 5 - por la presencia de un aislamiento 91 galvánico que rodea a la sección 2 central. El aislamiento 91 galvánico aísla en este caso de forma ventajosa a los devanados 22 con respecto al núcleo 31 magnético;
- por la presencia de un aislamiento 92 galvánico que rodea a la sección 3 intermedia. El aislamiento 92 galvánico aísla en este caso de forma ventajosa los devanados 42 con respecto al núcleo 31 magnético.

**REIVINDICACIONES**

1. Transformador (1) eléctrico, que comprende un cable (11) que presenta un primer y un segundo extremos (111, 112) axiales, en el cual el cable comprende:
- una sección (2) central, una sección (3) intermedia y una sección (4) periférica concéntricas;
- 5
- la sección (2) central que comprende al menos un primer devanado (21) de un circuito primario y al menos un primer devanado (22) de un circuito secundario, y al menos un primer aislamiento (23) galvánico sólido entre dicho primer devanado del circuito primario y dicho primer devanado del circuito secundario;
  - la sección (3) intermedia que rodea a la sección (2) central y que comprende un núcleo (31) magnético;
  - la sección (4) periférica que rodea a la sección (3) intermedia y que comprende al menos un segundo devanado (41) del circuito primario y al menos un segundo devanado (42) del circuito secundario, y al menos un segundo aislamiento (43) galvánico sólido entre dicho segundo devanado del circuito primario y dicho segundo devanado del circuito secundario;
- 10
- una primera conexión (51) eléctrica conectada a uno de dichos extremos (111, 112) axiales del cable (11) entre el primer y el segundo devanados del circuito primario;
- 15
- una segunda conexión (52) eléctrica conectada a uno de dichos extremos (111, 112) axiales del cable (11) entre el primer y segundo devanados del circuito secundario.
2. Transformador (1) eléctrico según la reivindicación 1, que comprende dos terminales (121, 123) de conexión conectados al circuito primario dispuestos a nivel del primer extremo (111) del cable (11), y que comprende dos terminales (122, 123) de conexión conectados al circuito secundario dispuestos a nivel del segundo extremo (112) del cable (11).
- 20
3. Transformador (1) eléctrico según la reivindicación 1 o 2, en el cual la sección (2) central comprende un refuerzo (29) mecánico que se extiende sobre toda la longitud del cable (11), estando situado dicho refuerzo (29) mecánico a nivel del centro de la sección central.
4. Transformador (1) eléctrico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual la sección (2) central comprende una capa (23) aislante que rodea varios devanados de uno entre el circuito primario y el circuito secundario, el otro entre el circuito primario y el circuito secundario que comprende varios devanados en contacto con la superficie externa de la capa (23) aislante.
- 25
5. Transformador (1) eléctrico según la reivindicación 4, en el cual dichos devanados (22) en contacto con la superficie externa de la capa (23) aislante están separados entre sí por paredes (26) aislantes que presentan una anchura al menos igual a 1mm.
- 30
6. Transformador (1) eléctrico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el cual la sección (2) central comprende una alternancia de devanados del circuito primario y de devanados del circuito secundario repartidos radialmente al rededor del eje del cable, comprendiendo el primer aislamiento galvánico elementos (27) aislantes repartidos radialmente alrededor del eje del cable y que separan los devanados de esta alternancia.
- 35
7. Transformador (1) eléctrico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual dicho primer aislamiento galvánico comprende un material elegido del grupo que incluye el polipropileno, o el polietileno reticulado.
8. Transformador (1) eléctrico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual el cable (11) presenta una longitud al menos 100 veces superior a su diámetro.
9. Transformador (1) eléctrico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual dicho primer aislamiento galvánico presenta un espesor de al menos 2mm.
- 40
10. Transformador (1) eléctrico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual dichos devanados del circuito primario están enrollados con un paso axial comprendido entre 5 y 30 veces el diámetro del cable de sección circular.
11. Infraestructura eléctrica, que comprende:
- 45
- un transformador según la reivindicación 2;
  - un primer equipo (81) eléctrico conectado a los terminales (121, 123) de conexión al circuito primario a nivel del primer extremo del cable (11);
  - un segundo equipo (83) eléctrico conectado a los terminales (122, 124) de conexión al circuito secundario a nivel del segundo extremo del cable (11), estando configurado el primero o el segundo equipo eléctrico con el fin de aplicar una tensión al menos igual a 1kV entre los terminales de conexión a los cuales está conectado.
- 50

Fig. 1

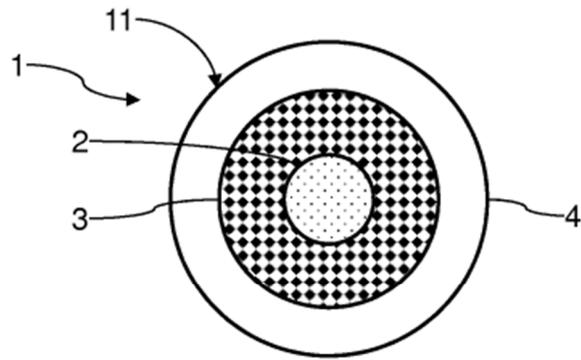
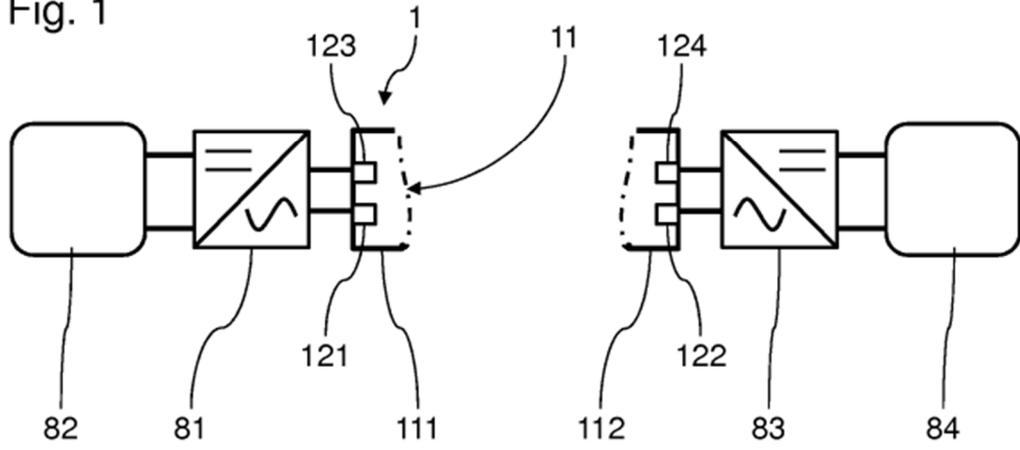
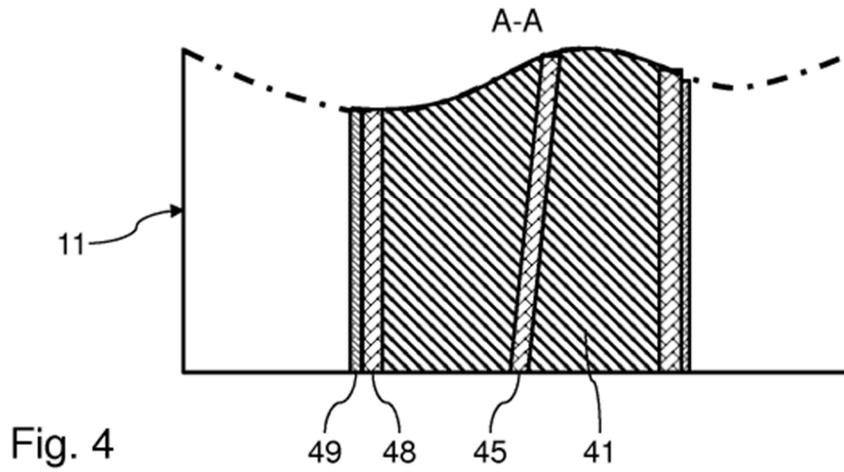
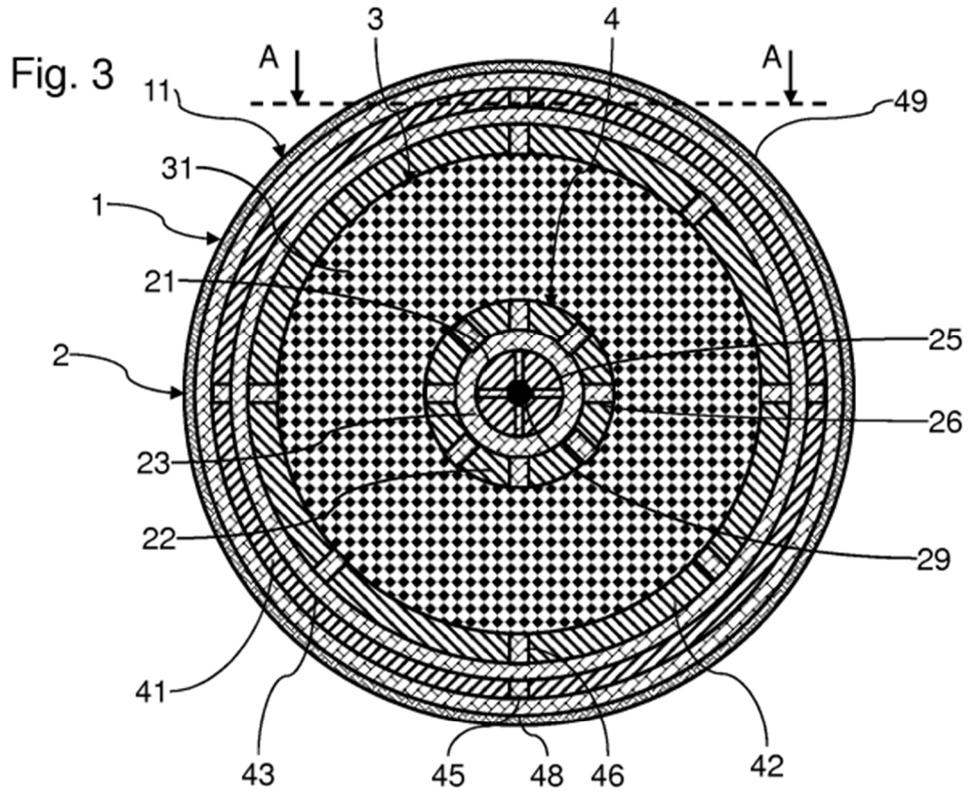


Fig. 2



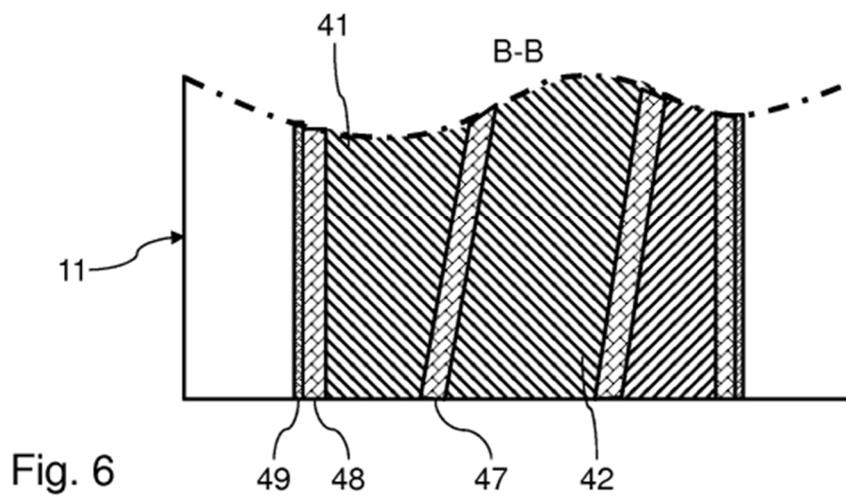
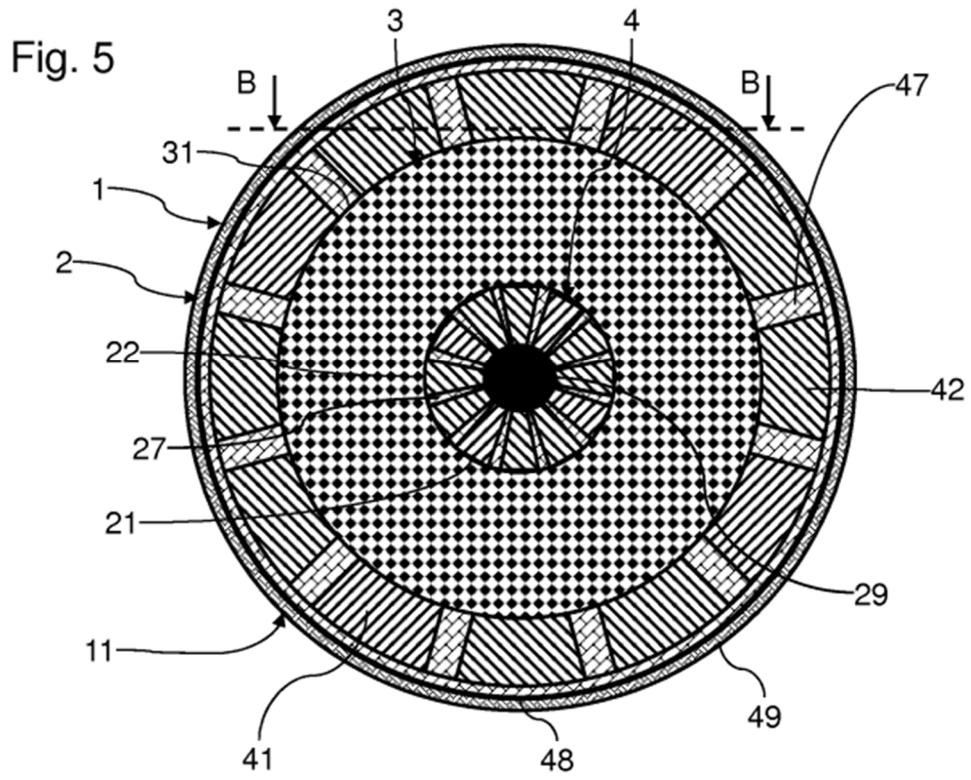


Fig. 7

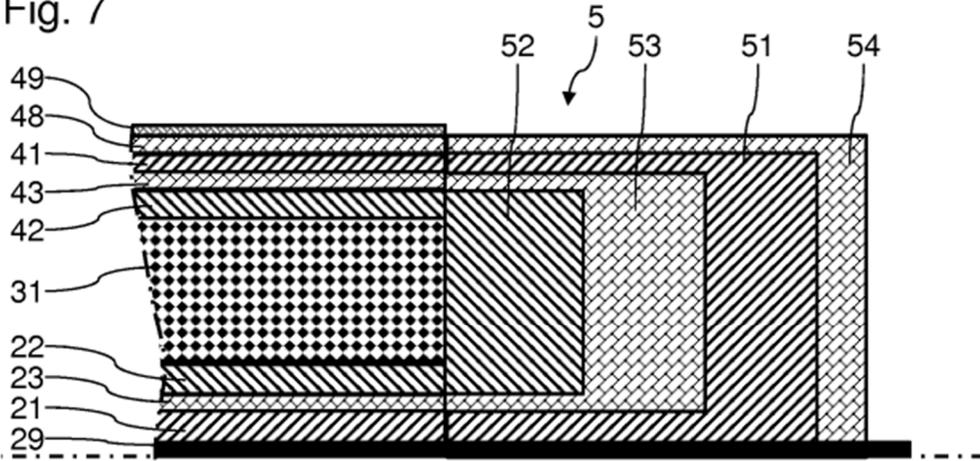


Fig. 8

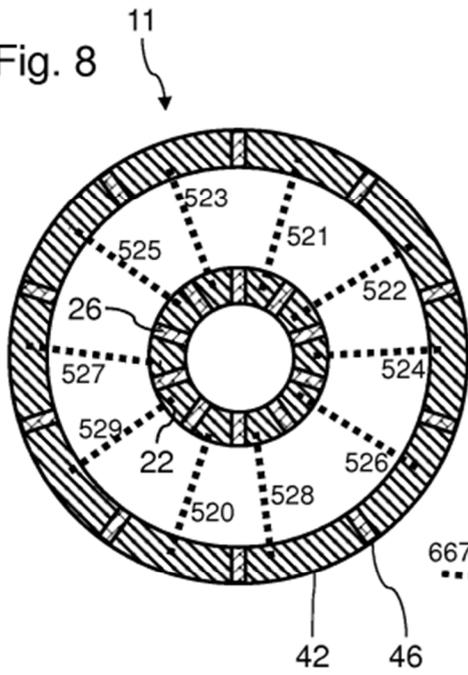


Fig. 9

