

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 770 126**

51 Int. Cl.:

H01F 27/28 (2006.01)

H01F 27/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.03.2017** **E 17162855 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.11.2019** **EP 3379548**

54 Título: **Arrollamiento de alta tensión y dispositivo de inducción electromagnética de alta tensión**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.06.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

PRADHAN, MANOJ;
SHOORY, ABDOLHAMID;
EKEBERG, JONAS;
BANDAPALLE, VENKATESULU y
MURILLO, RAFAEL

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 770 126 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

Arrollamiento de alta tensión y dispositivo de inducción electromagnética de alta tensión

Campo técnico

5 La presente exposición se refiere en general a dispositivos de inducción electromagnética para aplicaciones de alta tensión. En particular, se refiere a un arrollamiento de alta tensión para un dispositivo de inducción electromagnética de alta tensión y a un dispositivo de inducción electromagnética de alta tensión que comprende un arrollamiento de alta tensión.

Antecedentes

10 Los dispositivos de inducción electromagnética, tales como transformadores y reactores, se utilizan en sistemas de potencia para el control del nivel de tensión. Un transformador es un dispositivo de inducción electromagnética utilizado para aumentar y disminuir la tensión en sistemas de potencia eléctrica con el fin de generar, transmitir y utilizar la potencia eléctrica de una manera rentable. En un sentido más genérico, un transformador tiene dos partes principales, un circuito magnético, el núcleo magnético, fabricado, p. ej., con hierro laminado, y los arrollamientos del circuito eléctrico.

15 Cuando se diseña un dispositivo de inducción electromagnética de alta tensión se debe tener cuidado, de modo que los arrollamientos de alta tensión estén lo suficientemente aislados, desde un punto de vista eléctrico, del núcleo magnético, que está a potencial de tierra, de que el dispositivo de inducción electromagnética sea capaz de trabajar tanto con tensiones estacionarias como con sobretensiones transitorias. De manera habitual, este aislamiento se proporciona mediante un espacio libre adecuado entre el arrollamiento y el núcleo magnético en combinación con un aislamiento eléctrico sólido dispuesto alrededor del conductor del arrollamiento.

20 Las sobretensiones transitorias son el resultado principalmente de sobretensiones inducidas por rayos o inducidas por conmutación para transformadores conectados a líneas aéreas y de operaciones de cortocircuito. Los frentes rápidos de las sobretensiones transitorias no están distribuidos de manera uniforme a lo largo del arrollamiento, sino que siguen la distribución de tensión capacitiva dada por la relación entre la capacitancia en serie, entre las espiras a lo largo del arrollamiento, y la capacitancia en paralelo distribuida puesta a tierra.

25 Cuando mayor es la capacitancia puesta a tierra mayor es la no linealidad de la distribución de tensión y cuanto mayor es la capacitancia en serie más lineal es la distribución de tensión. La distribución de tensión no lineal somete a las espiras del arrollamiento cerca del terminal de sobretensión a una tensión muy por encima de las tensiones promedio de las espiras. La parte inicial del arrollamiento, es decir, la parte más cercana al borne, está sometida a esfuerzos eléctricos varias veces mayores en comparación con la situación si la distribución de tensión fuera lineal.

30 De acuerdo con un tipo de categorización de los transformadores, existen transformadores de tipo seco y transformadores de baño de aceite. El primer tipo no tiene ningún líquido en el interior del tanque que forma el receptáculo del transformador de tipo seco. De manera habitual, hay una resina epoxi que cubre el arrollamiento de un transformador de tipo seco. El segundo tipo contiene aceite que circula en el interior del receptáculo, y actúa como dieléctrico y refrigerante.

35 En el caso de transformadores de tipo seco, debido a la resistencia limitada a la descarga eléctrica del aire, estos no son rentables para aplicaciones de muy alta tensión. Aunque un transformador de tipo seco se puede diseñar para rangos de tensión relativamente alta mediante la utilización de un gran aislamiento sólido alrededor del conductor del arrollamiento y/o mediante la disposición de un gran espacio libre entre el arrollamiento y el núcleo magnético, dicho diseño se ve afectado por el pobre factor de llenado, la baja densidad de corriente y la dificultad para regular la tensión. Para obtener un espacio libre mayor se debe utilizar un núcleo magnético mayor que conduce a una cantidad enorme de pérdidas en el hierro.

40 Los transformadores de baño de aceite también tienen el problema de un pobre factor de llenado debido al requisito de un aislamiento pesado debido a una distribución de tensión no lineal de impulsos tipo rayo, si bien en menor medida.

45 El documento WO 9006584 expone un arrollamiento de transformador que incluye dos tipos de conductores/arrollamientos. Uno de ellos tiene un recubrimiento de enamel para proporcionar un aislamiento de espira a espira. Para aumentar la resistencia mecánica también hay una lámina de papel recubierto de adhesivo enrollado entre las espiras. El otro tipo de arrollamiento/conductor utilizado es uno que comprende hilos rectangulares delgados y que está dispuesto en secciones de haces ubicadas en las regiones terminales y de toma intermedia. Cada hilo está recubierto de enamel. Los conductores de trenzado fino, con un aislamiento delgado entre ellos, formados en secciones de haces, garantizan una alta capacitancia en serie en la bobina y una distribución de tensión lineal de los impulsos. Esto facilita una reducción de los espacios libres de aislamiento de espira a espira, sección a sección y sección a tierra. Se puede reducir el tamaño global del transformador ya que se puede reducir el número de conductos de sección a sección.

Compendio

5 Aunque la capacitancia en serie en el documento WO 9006584 proporciona cierta tolerancia mejorada frente a los impulsos tipo rayo como resultado de la distribución de tensión lineal, sería deseable obtener una atenuación frente a los impulsos tipo rayo más eficaz, así como también un espacio libre aún menor entre el arrollamiento y el núcleo magnético.

Habida cuenta de lo anterior, un objeto de la presente exposición es proporcionar un arrollamiento de alta tensión que resuelva o al menos mitigue los problemas de las soluciones existentes.

10 Por tanto, de acuerdo con un primer aspecto de la presente exposición se proporciona un arrollamiento de alta tensión para una fase eléctrica única de un dispositivo de inducción electromagnética de alta tensión, donde el arrollamiento de alta tensión comprende: una primera parte del arrollamiento y una segunda parte del arrollamiento, donde la primera parte del arrollamiento comprende: un primer conductor, un primer aislador eléctrico sólido, que encierra circunferencialmente el primer conductor, y un primer revestimiento semiconductor que encierra circunferencialmente el primer aislador eléctrico sólido, donde el primer revestimiento semiconductor está puesto a tierra o conectado a un potencial eléctrico que es menor que una tensión nominal del arrollamiento de alta tensión, y
15 donde la segunda parte del arrollamiento comprende: un segundo conductor y un segundo aislador eléctrico sólido que encierra circunferencialmente el segundo conductor y que forma una capa más exterior de la segunda parte del arrollamiento.

20 En la primera parte del arrollamiento, el esfuerzo eléctrico está totalmente en el primer aislador eléctrico sólido en caso de que el primer revestimiento semiconductor esté puesto a tierra. La primera parte del arrollamiento actúa como una capacitancia en paralelo, de modo que se atenúe rápidamente una tensión entrante de impulso tipo rayo, incluso con mayor rapidez que al tener una alta capacitancia en serie. Este efecto se consigue debido a la distribución de tensión lineal proporcionada por la capacitancia en paralelo puesta a tierra.

Por otra parte, como la primera parte del arrollamiento está puesta a tierra, se puede reducir la distancia desde la primera parte del arrollamiento hasta el núcleo magnético, p. ej., la culata o la columna que está a potencial de tierra.

25 Debido a la alta tolerancia frente a los impulsos del arrollamiento de alta tensión, el arrollamiento de alta tensión se puede montar en un dispositivo de inducción electromagnética que sea de tipo seco, lo que aumenta el valor nominal de tensión del dispositivo de inducción electromagnética, de modo que se puede lograr un valor nominal de tensión del orden de 500 kV, en comparación con los transformadores de tipo seco tradicionales que se pueden diseñar para un valor nominal de tensión de aproximadamente 100 kV. Como se puede reducir el tamaño debido al factor de llenado mayor, un dispositivo de inducción electromagnética con los valores nominales de tensión indicados que
30 comprende el arrollamiento de alta tensión se puede fabricar de manera más económica.

Debido a la menor distancia de espacio libre de la primera parte del arrollamiento con respecto al núcleo magnético, el núcleo magnético disminuye su tamaño y por lo tanto se pueden reducir las pérdidas en el hierro, es decir, las pérdidas en el núcleo magnético.

35 Por otra parte, como la primera parte del arrollamiento atenúa la tensión de impulsos tipo rayo, la segunda parte del arrollamiento puede tener una menor exigencia en cuanto al grosor de aislamiento eléctrico sólido de la segunda y puede por lo tanto proporcionar una mejor transferencia de calor. Por lo tanto, el segundo conductor se puede diseñar con una mayor densidad de corriente, lo que conduce a un ahorro en el metal conductor.

40 En caso de que el primer revestimiento semiconductor esté conectado a un potencial eléctrico que es menor que una tensión nominal del arrollamiento de alta tensión, entonces el primer aislador eléctrico sólido se puede fabricar más delgado que en el caso de puesta a tierra. La primera parte del arrollamiento se debería colocar en este caso más alejada del núcleo magnético que en el caso cuando el primer revestimiento semiconductor está puesto a tierra, aunque el menor volumen ocupado por el primer aislador eléctrico sólido compensará este requisito de espacio del núcleo magnético.

45 Por tensión nominal se entiende la media cuadrática (RMS) máxima de la tensión de fase a fase en un sistema trifásico para el que está diseñado el arrollamiento de alta tensión en lo que se refiere a su aislamiento.

50 La primera parte del arrollamiento y la segunda parte del arrollamiento tienen una estructura diferente de la sección transversal. El primer revestimiento semiconductor forma de manera habitual una superficie exterior de la primera parte del arrollamiento y el segundo aislador eléctrico sólido forma una superficie exterior de la segunda parte del arrollamiento. El primer aislador eléctrico sólido forma un dieléctrico entre el primer revestimiento semiconductor puesto a tierra y el primer conductor, por medio de lo cual se obtienen capacitancias en paralelo a nivel de espira. Por otra parte, la segunda parte del arrollamiento no tiene un revestimiento conductor exterior.

55 La proporción de la primera parte del arrollamiento y la segunda parte del arrollamiento con relación al número total de espiras del arrollamiento de alta tensión puede estar, por ejemplo, en el rango de 1-70% y de 99-30% respectivamente. Por ejemplo, la primera parte del arrollamiento puede constituir de un 10-20% del número total de

ES 2 770 126 T3

espiras y la segunda parte del arrollamiento puede constituir de manera correspondiente de un 90-80% del número total de espiras.

5 El arrollamiento de alta tensión puede ser un arrollamiento primario o un arrollamiento secundario. Como alternativa, una de la primera parte del arrollamiento y la segunda parte del arrollamiento puede formar parte del arrollamiento primario, mientras que la otra de la primera parte del arrollamiento y la segunda parte del arrollamiento puede formar parte del arrollamiento secundario. Por ejemplo, la primera parte del arrollamiento puede formar parte del arrollamiento primario y la segunda parte del arrollamiento puede formar parte del arrollamiento secundario de la misma fase eléctrica.

La expresión "alta tensión" se debe interpretar como una tensión igual a, o mayor de, 22 kV.

10 La segunda parte del arrollamiento puede estar conectada en serie con la primera parte del arrollamiento.

15 El segundo conductor está conectado eléctricamente al primer conductor en el caso de que la primera parte del arrollamiento y la segunda parte del arrollamiento estén conectadas en serie. El primer conductor y el segundo conductor están conectados electromagnéticamente en el caso de que una de la primera parte del arrollamiento y la segunda parte del arrollamiento forme parte del arrollamiento primario, y la otra de la primera parte del arrollamiento y la segunda parte del arrollamiento forme parte del arrollamiento secundario.

De acuerdo con una realización, el primer conductor tiene un extremo de conexión al borne configurado para conectarse a un borne, estando configurada la primera parte del arrollamiento de modo que esté conectada entre un borne y la segunda parte del arrollamiento.

20 Por tanto, la primera parte del arrollamiento actúa como un nodo de sobretensión. La primera parte del arrollamiento está ubicada de manera conveniente antes de la segunda parte del arrollamiento, cuando se instala en un dispositivo de inducción electromagnética de alta tensión. De esta manera se puede garantizar que se puede atenuar suficientemente una tensión de impulsos tipo rayo antes de alcanzar la segunda parte del arrollamiento. De ese modo se puede reducir el segundo aislamiento eléctrico sólido comparado a si la segunda parte del arrollamiento tuviera que absorber el frente de una tensión de impulsos tipo rayo.

25 De acuerdo con una realización, el primer aislador eléctrico sólido está constituido por polietileno reticulado, XLPE.

De acuerdo con una realización, el primer aislador eléctrico sólido está constituido por caucho de silicona o resina epoxi.

De acuerdo con una realización, el segundo aislador eléctrico sólido se moldea en un material eléctricamente aislante.

30 De acuerdo con una realización, el segundo aislador eléctrico sólido comprende una resina.

De acuerdo con una realización, el segundo aislador eléctrico sólido está constituido por Nomex®.

Una realización comprende un segundo revestimiento semiconductor que encierra circunferencialmente el primer conductor, donde el segundo revestimiento semiconductor se dispone radialmente hacia dentro con respecto al primer aislador eléctrico sólido.

35 Se proporciona, de acuerdo con un segundo aspecto de la presente exposición, un dispositivo de inducción electromagnética de alta tensión que comprende: un núcleo magnético que comprende una columna y un arrollamiento de alta tensión, de acuerdo con el primer aspecto presentado en la presente, dispuesto alrededor de la columna.

40 El dispositivo de inducción electromagnética de alta tensión puede ser, por ejemplo, un transformador, tal como un transformador de potencia, o un reactor. El dispositivo de inducción electromagnética de alta tensión puede ser, por ejemplo, un transformador o reactor de tipo seco o un transformador o reactor de baño de aceite.

Una realización comprende un borne, donde la primera parte del arrollamiento está conectada entre el borne y la segunda parte del arrollamiento.

45 Una realización comprende un arrollamiento secundario, donde el arrollamiento de alta tensión es un arrollamiento primario y el arrollamiento del lado secundario se dispone alrededor de la columna.

De acuerdo con una realización, el arrollamiento primario se dispone radialmente hacia fuera con respecto al arrollamiento secundario o el arrollamiento primario se dispone radialmente hacia dentro con respecto al arrollamiento secundario.

50 Una realización comprende una terminación de cable configurada de modo que conecte la primera parte del arrollamiento con la segunda parte del arrollamiento.

En general, todos los términos utilizados en las reivindicaciones se deben interpretar de acuerdo con su significado ordinario en el campo técnico, a menos que de manera explícita se definan de otro modo en la presente. Todas las referencias a “un/una/el/la” elemento, aparato, componente, medio, etc. se deben interpretar de manera abierta como que hacen referencia a, al menos, una instancia del elemento, aparato, componente, medio, etc., a menos que se indique de manera explícita lo contrario.

5

Descripción breve de los dibujos

Ahora se describirán, a modo de ejemplo, realizaciones específicas del concepto de la invención, haciendo referencia a los dibujos anexos, en los cuales:

10

la figura 1 muestra de manera esquemática un circuito eléctrico de un arrollamiento de alta tensión para un dispositivo de inducción electromagnética de alta tensión;

la figura 2a muestra una sección transversal de un ejemplo de una primera parte del arrollamiento;

la figura 2b muestra una sección transversal de un ejemplo de una pluralidad de espiras de una segunda parte del arrollamiento;

15

las figuras 3a-3c representan secciones longitudinales a lo largo de la extensión axial de una columna de un núcleo magnético, de diversos ejemplos diferentes de un arrollamiento de alta tensión; y

la figura 4 es una vista de una sección esquemática de un ejemplo de un dispositivo de inducción electromagnética de alta tensión que incluye un arrollamiento de alta tensión.

Descripción detallada

20

Ahora se describirá el concepto de la invención con más detalle a continuación en la presente haciendo referencia a los dibujos anexos, en los cuales se muestran realizaciones ejemplares. No obstante, el concepto de la invención se puede materializar de múltiples maneras diferentes y no se debería interpretar como limitado a las realizaciones explicadas en la presente; más bien, estas realizaciones se proporcionan a modo de ejemplo de modo que esta exposición sea minuciosa y completa, y transmitirán en su totalidad el alcance del concepto de la invención a aquellos que son expertos en la técnica. Números iguales hacen referencia a los mismos elementos a lo largo de toda la descripción.

25

La figura 1 muestra la configuración eléctrica de un ejemplo de un arrollamiento de alta tensión para una fase eléctrica única de un dispositivo de inducción electromagnética de alta tensión.

30

El arrollamiento de alta tensión 1 comprende una primera parte del arrollamiento 3 y una segunda parte del arrollamiento 5. En el ejemplo, la primera parte del arrollamiento 3 y la segunda parte del arrollamiento 5 están conectadas en serie. En este caso, la primera parte del arrollamiento 3 y la segunda parte del arrollamiento 5 forman parte del mismo arrollamiento primario o del mismo arrollamiento secundario.

35

Como alternativa, la primera parte del arrollamiento y la segunda parte del arrollamiento podrían estar únicamente acopladas electromagnéticamente, por ejemplo, si una de la primera parte del arrollamiento y la segunda parte del arrollamiento forma parte del arrollamiento primario, y la otra de la primera parte del arrollamiento y la segunda parte del arrollamiento forma parte del arrollamiento secundario.

40

Volviendo a las figuras 2a y 2b, se muestran unos ejemplos de la primera parte del arrollamiento 3 y la segunda parte del arrollamiento 5. En la figura 2a, la primera parte del arrollamiento 3 ejemplar comprende un primer conductor 3a. El primer conductor 3a está configurado de modo que transporte la corriente a través de la primera parte del arrollamiento 3. El primer conductor 3a puede estar compuesto, por ejemplo, de cobre o aluminio. El primer conductor 3a puede estar trenzado o puede ser sólido.

45

La primera parte del arrollamiento 3 comprende además un primer revestimiento semiconductor 3b. El primer revestimiento semiconductor 3b está conectado a tierra. Por tanto, el primer revestimiento semiconductor 3b tiene el potencial de tierra. Como alternativa, el primer revestimiento semiconductor 3b se puede conectar a un potencial eléctrico que sea menor que una tensión nominal del arrollamiento de alta tensión.

50

La primera parte del arrollamiento 3 también comprende un primer aislador eléctrico sólido 3c. El primer aislador eléctrico sólido puede estar constituido, por ejemplo, de polietileno reticulado (XLPE), caucho de silicona, resina epoxi, caucho de etileno propileno (EPR) o cualquier material con buenas propiedades de aislamiento térmico y eléctrico.

El primer aislador eléctrico sólido 3c encierra circunferencialmente el primer conductor 3a. Por tanto, el primer aislador eléctrico sólido 3c se dispone radialmente en el exterior del primer conductor 3a. El primer aislador eléctrico sólido 3c se extiende a lo largo de la mayor parte o a lo largo de la totalidad de la longitud del primer conductor 3a.

El primer revestimiento semiconductor 3b encierra circunferencialmente el primer aislador eléctrico sólido 3c. Por tanto, el primer revestimiento semiconductor 3b se dispone radialmente en el exterior del primer aislador eléctrico sólido 3c. El primer revestimiento semiconductor 3b se extiende a lo largo de la mayor parte o a lo largo de la totalidad de la longitud del primer aislador eléctrico sólido 3c.

5 Por medio de la disposición concéntrica descrita anteriormente, donde el primer conductor 3a se dispone en la parte más interior, el primer aislador eléctrico sólido 3c se dispone entre el primer conductor 3a y el primer revestimiento semiconductor 3b y el primer revestimiento semiconductor 3b puesto a tierra se dispone radialmente en la parte más exterior, se puede obtener una capacitancia en paralelo a tierra. El primer aislador eléctrico sólido 3c actúa como un dieléctrico entre el primer conductor 3a y el primer revestimiento semiconductor 3b.

10 De acuerdo con el ejemplo mostrado en la figura 2a, la primera parte del arrollamiento 3 también comprende un segundo revestimiento semiconductor 3d. El segundo revestimiento semiconductor 3d puede estar constituido, por ejemplo, por un material semiconductor o un material metálico conductor, tal como cobre o aluminio. El segundo revestimiento semiconductor 3d encierra circunferencialmente el primer conductor 3a. El segundo revestimiento semiconductor 3d se extiende a lo largo de la mayor parte o a lo largo de la totalidad de la longitud del primer conductor 3a. El segundo revestimiento semiconductor 3d se dispone radialmente hacia dentro con respecto al primer aislador eléctrico sólido 3c. En la presente, se proporciona una disposición concéntrica con el segundo revestimiento semiconductor 3d estando dispuesto radialmente entre el primer conductor 3a y el primer aislador eléctrico sólido 3c.

La figura 2b muestra un ejemplo de la segunda parte del arrollamiento 5, mostrándose una pluralidad de espiras en cada plano transversal al eje y. El eje y indica la dirección axial de la columna alrededor de la cual se dispone la segunda parte del arrollamiento 5. La segunda parte del arrollamiento 5 comprende un segundo conductor 5a y un segundo aislador eléctrico sólido 5b, que encierra circunferencialmente el segundo conductor 5a. El segundo aislador eléctrico sólido 5b forma la capa más exterior de la segunda parte del arrollamiento 5. En particular, el segundo aislador eléctrico sólido 5b tiene una superficie que forma la superficie exterior de la segunda parte del arrollamiento 5.

El segundo aislador eléctrico sólido 5b se puede realizar de diferentes maneras. El segundo aislador eléctrico sólido 5b se puede moldear, por ejemplo, con un material eléctricamente aislante, tal como una resina, p. ej. una resina epoxi. En este caso, se puede denominar el segundo aislador eléctrico sólido 5b como cerrado, debido a que todas las espiras están aisladas mediante un bloque formado por el segundo aislador eléctrico sólido 5b. En la figura 2b se muestra un ejemplo cerrado. Otros ejemplos del aislador eléctrico sólido 5b son Nomex®, o un aislador de base celulósica, donde ambos proporcionan una segunda parte del arrollamiento abierta en el sentido de que cada espira está aislada de manera individual.

La topología de la sección transversal o la estructura transversal, por tanto, difiere entre la primera parte del arrollamiento 3 y la segunda parte del arrollamiento 5. La primera parte del arrollamiento 3 tiene únicamente una capacitancia a tierra obtenida mediante la configuración del primer conductor 3a, el primer aislador eléctrico sólido 3c y el primer revestimiento semiconductor 3b puesto a tierra. La segunda parte del arrollamiento 5 no tiene esta estructura similar a un condensador puesta a tierra sino únicamente una capacitancia en serie entre las espiras. En el caso de que el primer revestimiento semiconductor esté conectado a un potencial eléctrico que sea menor que una tensión nominal del arrollamiento de alta tensión, entonces la red capacitiva será similar a la de un arrollamiento tradicional, es decir, tiene tanto capacitancia en serie como puesta a tierra.

La figura 3a muestra un ejemplo de un arrollamiento de alta tensión 1 dispuesto alrededor de una columna 7a de un núcleo magnético de un dispositivo de inducción electromagnética de alta tensión provisto de un borne. En este ejemplo, un arrollamiento secundario 9 es el que se dispone más cerca de la columna 7a y adyacente a esta, y una primera barrera 11 dispuesta radialmente en el exterior del arrollamiento secundario 9. El arrollamiento de alta tensión 1 se dispone radialmente en el exterior de la barrera 11. Por tanto, la primera barrera 11 separa el arrollamiento de alta tensión 1 del arrollamiento secundario 9.

La primera parte del arrollamiento 3 forma una primera sección del arrollamiento de alta tensión 1 en la dirección y, es decir, la dirección axial de la columna 7. La segunda parte del arrollamiento 5 forma una segunda sección del arrollamiento de alta tensión 1, dispuesta axialmente separada de la primera sección y por tanto de la primera parte del arrollamiento 3. La primera parte del arrollamiento 3 se puede disponer verticalmente sobre la segunda parte del arrollamiento 5. En particular, la primera parte del arrollamiento 3 se puede disponer más cerca de un terminal de borne. La primera parte del arrollamiento 3 está ubicada de manera conveniente entre el terminal de borne del borne y la segunda parte del arrollamiento 5. La primera parte del arrollamiento 3 puede tener un extremo de conexión al borne, que está conectado al terminal de borne, y otro extremo conectado a la segunda parte del arrollamiento 5. De ese modo, la primera parte del arrollamiento 3 atenuará una tensión de impulso tipo rayo u otro transitorio que entre en el dispositivo de inducción electromagnética de alta tensión a través del borne antes de que alcance la segunda parte del arrollamiento 5.

La figura 3b muestra otro ejemplo del arrollamiento de alta tensión 1 dispuesto alrededor de la columna 7a de un núcleo magnético de un dispositivo de inducción electromagnética de alta tensión. En este ejemplo, el arrollamiento

secundario 9 es el que se dispone más cerca de la columna 7a y adyacente a esta, y la primera barrera 11 se dispone radialmente en el exterior del arrollamiento secundario 9. La primera parte del arrollamiento 3 se dispone radialmente en el exterior de la primera barrera 11 y una segunda barrera 13 se dispone radialmente en el exterior de la primera parte del arrollamiento 3. La segunda parte del arrollamiento 5 se dispone radialmente en el exterior de la segunda barrera 13. Por tanto, la segunda parte del arrollamiento 5 es la que se dispone más al exterior en la configuración representada en la figura 3b.

La figura 3c muestra otro ejemplo más de un arrollamiento de alta tensión 1 dispuesto alrededor de la columna 7a de un núcleo magnético de un dispositivo de inducción electromagnética de alta tensión. En este ejemplo, el arrollamiento secundario 9 es el que se dispone más cerca de la columna 7a y adyacente a esta, y la primera barrera 11 se dispone radialmente en el exterior del arrollamiento secundario 9. La segunda parte del arrollamiento 5 se dispone radialmente en el exterior de la primera barrera 11 y una segunda barrera 13 se dispone radialmente en el exterior de la segunda parte del arrollamiento 5. La primera parte del arrollamiento 3 se dispone radialmente en el exterior de la segunda barrera 13. Por tanto, la primera parte del arrollamiento 3 es la que se dispone más al exterior en la configuración representada en la figura 3c. Como la primera parte del arrollamiento 3 tiene el primer revestimiento semiconductor 3b en su capa más exterior, la superficie externa de la primera parte del arrollamiento 3 estará a un potencial de tierra. Por tanto, la primera parte del arrollamiento 3 esencialmente no necesitará espacio libre hacia la columna adyacente, no se muestra, del núcleo magnético.

Cabe destacar que se concibe una gran pluralidad de variaciones de cómo se dispone el arrollamiento de alta tensión alrededor de la columna. Por ejemplo, el arrollamiento de alta tensión expuesto en la presente puede formar el arrollamiento secundario o el arrollamiento primario, o ambos. Además, de acuerdo con un ejemplo, la primera parte del arrollamiento puede formar parte del arrollamiento primario y la segunda parte del arrollamiento puede formar el arrollamiento secundario. De manera adicional, el arrollamiento primario puede estar ubicado, como alternativa, radialmente hacia dentro con respecto al arrollamiento secundario, en lugar de la configuración mostrada en las figuras 3a-3c.

Por otra parte, de acuerdo con un ejemplo, se puede lograr un cierto potencial de tensión en el primer revestimiento semiconductor conectando una toma intermedia del arrollamiento de alta tensión al revestimiento conductor para obtener una distribución de esfuerzos diferentes. De ese modo, se puede reducir el grosor del primer aislamiento eléctrico sólido y se puede aumentar la capacitancia de la primera parte del arrollamiento.

De manera adicional, de acuerdo con una variación, el arrollamiento de alta tensión puede comprender dos primeras partes del arrollamiento y una segunda parte del arrollamiento. En este caso, la segunda parte del arrollamiento puede estar intercalada entre las dos primeras parte del arrollamiento. Esta configuración es particularmente útil en el caso de que un dispositivo de inducción electromagnética tenga un aislamiento uniforme, debido a que las dos primeras partes del arrollamiento proporcionarán la atenuación de transitorios desde ambas direcciones hacia la segunda parte del arrollamiento.

En el caso de que tanto la primera parte del arrollamiento 3 como la segunda parte del arrollamiento 5 formen parte del mismo arrollamiento primario o arrollamiento secundario, la primera parte del arrollamiento 3 y la segunda parte del arrollamiento 5 pueden estar conectadas por medio de una terminación cableada.

La figura 4 muestra un dispositivo de inducción electromagnética de alta tensión 15, habitualmente un transformador de potencia o un reactor. El dispositivo de inducción electromagnética de alta tensión 15 comprende un receptáculo o cubierta 16, un borne 17, que se extienden al interior del receptáculo 16, un núcleo magnético 7, que comprende las columnas 7a y las culatas 7b, y un arrollamiento de alta tensión 1. El arrollamiento de alta tensión 1 se dispone alrededor de una columna 7a, en este ejemplo la columna central. El primer revestimiento semiconductor 3b de la primera parte del arrollamiento 3 está puesto a tierra y de manera habitual tiene el mismo potencial de tensión que el núcleo magnético 7.

Los arrollamientos de cada fase eléctrica de un dispositivo de inducción electromagnética de alta tensión pueden tener de manera conveniente la estructura expuesta en la presente.

De acuerdo con un ejemplo, el dispositivo de inducción electromagnética puede comprender un cambiador de tomas y regular el arrollamiento conectado al cambiador de tomas por medio de una pluralidad de cables del cambiador de tomas. Cada cable del cambiador de tomas puede ser, de acuerdo con este ejemplo, del mismo tipo que la primera parte del arrollamiento. Para este fin, cada cable del cambiador de tomas comprende un conductor, un aislador eléctrico sólido dispuesto alrededor del conductor y un revestimiento semiconductor dispuesto alrededor del aislador eléctrico sólido. El revestimiento semiconductor de cada cable del cambiador de tomas puede estar puesto a tierra o conectado a un potencial eléctrico común. Los cables del cambiador de tomas pueden formar un haz, ya que su superficie exterior se encuentra al mismo potencial eléctrico. Por tanto, el haz de cables del cambiador de tomas obtenido ocupará de ese modo menos espacio dentro de la cubierta del dispositivo de inducción electromagnética.

El concepto de la invención se ha descrito principalmente con anterioridad haciendo referencia a unos pocos ejemplos. No obstante, tal como un experto en la técnica aprecia con facilidad, se pueden tener asimismo otras

realizaciones diferentes a las expuestas con anterioridad dentro del alcance del concepto de la invención, tal como se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un arrollamiento de alta tensión (1) para una fase eléctrica única de un dispositivo de inducción electromagnética de alta tensión (15), donde el arrollamiento de alta tensión (1) comprende:
- 5 una primera parte del arrollamiento (3), y
una segunda parte del arrollamiento (5),
donde la primera parte del arrollamiento (3) comprende:
- un primer conductor (3a),
 - un primer aislador eléctrico sólido (3c) que encierra circunferencialmente el primer conductor (3a), y
- 10 - un primer revestimiento semiconductor (3b) que encierra circunferencialmente el primer aislador eléctrico sólido (3c), donde el primer revestimiento semiconductor (3b) está puesto a tierra o conectado a un potencial eléctrico que es menor que una tensión nominal del arrollamiento de alta tensión (1), y
- donde la segunda parte del arrollamiento (5) comprende:
- un segundo conductor (5a), y
- 15 - un segundo aislador eléctrico sólido (5b) que encierra circunferencialmente el segundo conductor (5a) y que forma la capa más exterior de la segunda parte del arrollamiento (5).
2. El arrollamiento de alta tensión (1) según se reivindica en la reivindicación 1, donde el primer conductor (3a) tiene un extremo de conexión al borne configurado de modo que se conecte a un borne, estando configurada la primera parte del arrollamiento (3) de modo que se conecte entre un borne y la segunda parte del arrollamiento (5).
- 20 3. El arrollamiento de alta tensión (1) según se reivindica en la reivindicación 1 o 2, donde el primer aislador eléctrico sólido (3c) está constituido por polietileno reticulado, XLPE.
4. El arrollamiento de alta tensión (1) según se reivindica en la reivindicación 1 o 2, donde el primer aislador eléctrico sólido (3c) está constituido por caucho de silicona o resina epoxi.
- 25 5. El arrollamiento de alta tensión (1) según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el segundo aislador eléctrico sólido (5b) se moldea a partir de un material eléctricamente aislante.
6. El arrollamiento de alta tensión (1) según se reivindica en la reivindicación 5, donde el segundo aislador eléctrico sólido (5b) comprende una resina.
7. El arrollamiento de alta tensión (1) según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1-4, donde el segundo aislador eléctrico sólido (5b) está constituido por Nomex®.
- 30 8. El arrollamiento de alta tensión (1) según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un segundo revestimiento semiconductor (3d) que encierra circunferencialmente el primer conductor (3a), donde el segundo revestimiento semiconductor (3d) se dispone radialmente hacia dentro con respecto al primer aislador eléctrico sólido (3c).
9. Un dispositivo de inducción electromagnética de alta tensión (15) que comprende:
- 35 un núcleo magnético (7) que comprende una columna (7a), y
un arrollamiento de alta tensión (1), según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1-8, dispuesto alrededor de la columna (7a).
10. El dispositivo de inducción electromagnética de alta tensión (15) según se reivindica en la reivindicación 9, que comprende un borne (17), donde la primera parte del arrollamiento (3) está conectada entre el borne (17) y la
- 40 segunda parte del arrollamiento (5).
11. El dispositivo de inducción electromagnética de alta tensión (15) según se reivindica en la reivindicación 9 o 10, que comprende un arrollamiento secundario (9), donde el arrollamiento de alta tensión (1) es un arrollamiento primario y el arrollamiento del lado secundario (9) se dispone alrededor de la columna (7a).
- 45 12. El dispositivo de inducción electromagnética de alta tensión (15) según se reivindica en la reivindicación 11, donde el arrollamiento primario se dispone radialmente hacia fuera con respecto al arrollamiento secundario (9) o el arrollamiento primario se dispone radialmente hacia dentro con respecto al arrollamiento secundario (9).

13. El dispositivo de inducción electromagnética de alta tensión (15) según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 9-12, que comprende una terminación cableada configurada de modo que conecte la primera parte del arrollamiento (3) con la segunda parte del arrollamiento (5).

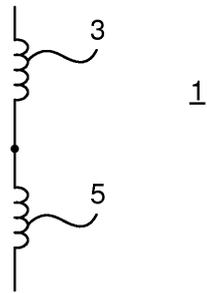


Fig. 1

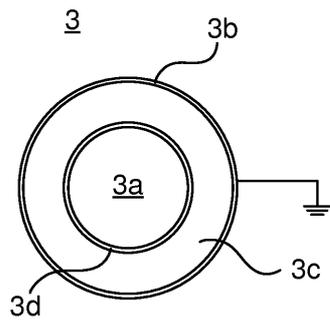


Fig. 2a

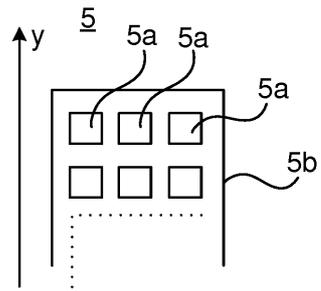


Fig. 2b

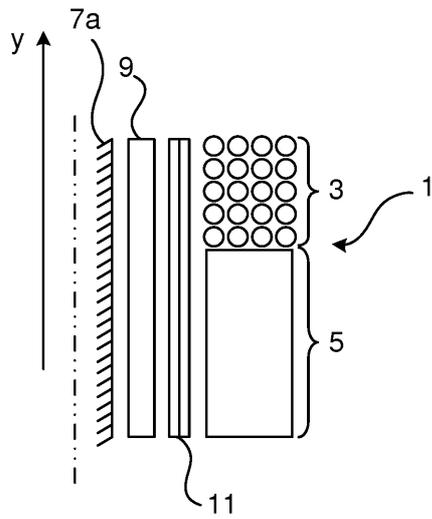


Fig. 3a

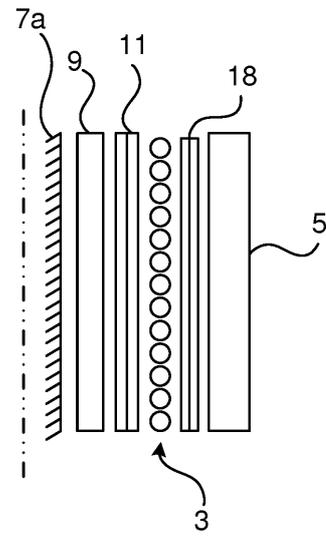


Fig. 3b

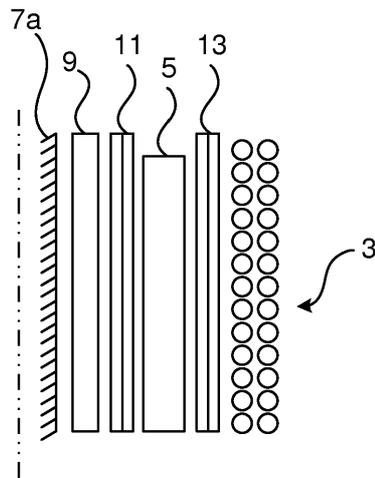


Fig. 3c

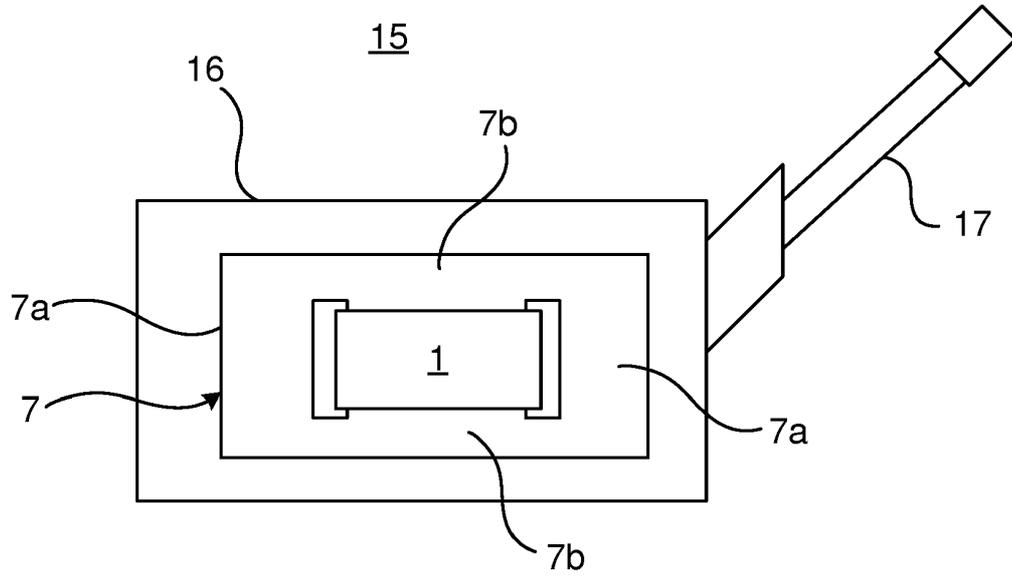


Fig. 4