

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 784 365**

51 Int. Cl.:

H01F 27/29 (2006.01)

H01F 27/32 (2006.01)

H01F 41/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.10.2016 PCT/EP2016/074037**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.04.2017 WO17067798**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.10.2016 E 16781720 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.01.2020 EP 3365903**

54 Título: **Transformador encapsulado de tipo seco con terminal de conexión flexible**

30 Prioridad:

20.10.2015 IN 5649CH2015
02.12.2015 EP 15197556

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.09.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

ROY, CARLOS;
MURILLO, RAFAEL;
NOGUES BARRIERAS, ANTONIO;
CEBRIAN LLES M, LORENA;
SANCHEZ, LUIS y
SHAH, RAHUL

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 784 365 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 encapsulado de tipo seco con terminal de conexión flexible

Campo técnico

5 Esta descripción está relacionada con el campo de los transformadores eléctricos, particularmente con los transformadores de media y de alta tensión del tipo encapsulado y seco que tienen terminales de conexión eléctrica con terminales de conexión mejorados.

Antecedentes de la invención

10 A medida que aumenta el nivel de aislamiento de un transformador, el sistema de aislamiento de sus terminales de alta tensión crece en importancia. La cuestión no es sólo el aislamiento entre los terminales y tierra, sino también entre cualquier par de terminales en el mismo devanado. Esto aplica principalmente a la tensión no disruptiva al impulso tipo rayo, aunque la tensión no disruptiva a la frecuencia industrial también desempeña un papel. El problema del aislamiento se puede ver de dos maneras:

15 Por un lado, cuanto mayor es la tensión, más difícil es también proporcionar suficiente aislamiento contra tierra y entre terminales en el mismo devanado. Asimismo, cuanto menores son las dimensiones, más difícil es el aislamiento entre terminales en el mismo devanado. La inclusión de barreras alrededor de un terminal o la cubrición de su superficie con aislamiento sólido incrementa el campo eléctrico (y, por lo tanto, la tensión) que puede soportar sin tener ninguna descarga. El efecto de las barreras se puede explicar con su propiedad de detener las cargas libres que pueden iniciar una descarga, mientras que el efecto del aislamiento sólido se puede explicar con su menor emisividad de electrones en comparación con un metal. Aparte de eso, en ambos casos la longitud de la línea de fuga se incrementa, contribuyendo así a una mayor tensión no disruptiva.

20 En relación con los terminales de alta tensión para transformadores de tipo seco y bobina encapsulada, se suelen aplicar los siguientes tipos. Los terminales para la conexión de líneas a menudo consisten en pernos desnudos, que se pueden colocar en los bordes superior e inferior de la fase. Por lo general, los terminales no tienen ningún aislamiento especial, o pueden tener surcos para incrementar la longitud de la línea de fuga contra el potencial de tierra u otros puntos con tensión en el mismo devanado. Además, se pueden aplicar pasatapas lisos, que incrementan la longitud de la línea de fuga. También se conocen pasatapas que están equipados con campanas aisladoras adicionales, p. ej. para altos niveles de contaminación o incluso para instalación en exteriores. En el caso de terminales del cambiador de tomas, que consisten en grupos de pernos desnudos colocados en el medio del devanado, típicamente no se aplica ningún aislamiento especial a su alrededor. Sin embargo, también en este caso, se pueden aplicar protuberancias, surcos o incluso pasatapas.

25 Cuando se aplica una conexión en serie para conectar bobinados, p. ej. cuando existe más de un devanado en la misma pata del núcleo magnético, se pueden usar los mismos sistemas que para los terminales del cambiador de tomas para interconectar los devanados entre sí.

30 Particularmente a altas tensiones o en condiciones ambientales difíciles, las técnicas conocidas pueden sufrir diferentes problemas de aislamiento. Además, si se intenta solucionar tales problemas empleando pasatapas o similares, se producirá como resultado un coste de producción incrementado y se puede producir como resultado un riesgo de daños incrementado, p. ej. durante el transporte del transformador.

35 El documento US 3 569 884 describe bobinas de transformador obtenidas enrollando un conductor en forma de lámina y encapsuladas junto con sus conductores principales de alta tensión en una carcasa de resina. Los conductores principales de alta tensión están arriestrados contra los devanados de baja tensión. Esto permite reducir la posibilidad de que se apliquen tensiones a la carcasa a través de los conductores principales de alta tensión rígidos. Los documentos GB 1 602 970 y AU 521 297 similar describen bobinas de transformador obtenidas enrollando un conductor en forma de lámina y encapsuladas junto con sus cables de alta tensión rígidos en una carcasa de resina. El documento US 2009/0284338 describe un transformador con una bobina de múltiples etapas hecha de hilos rectangulares planos. En vista de lo anterior, existe la necesidad de la presente invención. El documento EP 2 075 806 A1 describe un transformador aislado en resina de tipo seco que tiene pasatapas de alta tensión rígidos estándar. La invención parte del documento US 2009/284338 A1, el cual describe un transformador de molde o encapsulado seco conformado por bobinado de hilos eléctricos rectangulares planos en múltiples etapas, y un método y aparato de bobinado para fabricar el transformador.

50 Compendio de la invención

Este objetivo se logra mediante el objeto de las reivindicaciones independientes. Las realizaciones de la invención son proporcionadas por reivindicaciones dependientes y combinaciones de reivindicaciones, y por la descripción en conexión con los dibujos. En un primer aspecto, un transformador de bobina encapsulada de tipo seco que tiene una tensión nominal de 1 kV y superior se define en la reivindicación independiente 1.

En un aspecto adicional, un método de producción de un transformador encapsulado seco para tensiones nominales superiores a 1 kV se define en la reivindicación 11 independiente.

Aspectos, ventajas y rasgos adicionales de la presente invención son evidentes a partir de las reivindicaciones dependientes, de la descripción y de los dibujos adjuntos.

5 **Breve descripción de los dibujos**

Una divulgación completa y habilitante, que incluye el mejor modo de la misma, para una persona de experiencia ordinaria en la materia se expone más particularmente en el resto de la especificación, incluida referencia a las figuras adjuntas, en las cuales:

10 La Figura 1 muestra de forma esquemática una vista en sección transversal de un transformador de acuerdo con realizaciones que no son parte de la presente invención.

La Figura 2 muestra de forma esquemática una vista en sección transversal de un transformador adicional de acuerdo con realizaciones que no son parte de la presente invención.

La Figura 3 muestra de forma esquemática una vista en sección transversal de un transformador de acuerdo con la presente invención.

15 La Figura 4 muestra de forma esquemática una vista en sección transversal de un transformador de acuerdo con realizaciones de la presente invención.

La Figura 5 muestra de forma esquemática un molde empleado en el método de acuerdo con la presente invención.

Descripción detallada de la invención

20 Se hará ahora referencia en detalle a diferentes realizaciones, uno o más ejemplos de las cuales se ilustran en cada figura. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación y no está concebido como una limitación. Por ejemplo, rasgos ilustrados o descritos como parte de una realización se pueden utilizar en o en conjunto con otras realizaciones para producir otras realizaciones adicionales. Se pretende que la presente divulgación incluya tales modificaciones y variaciones.

25 Dentro de la siguiente descripción de los dibujos, los mismos números de referencia se refieren a los mismos componentes. Generalmente, sólo se describen las diferencias con respecto a las realizaciones individuales. Cuando varios elementos o partes idénticas aparecen en una figura, no todas las partes tienen números de referencia para simplificar la apariencia.

30 Los sistemas y métodos descritos en esta memoria no están limitados a las realizaciones específicas descritas, sino que más bien componentes de los sistemas y/o pasos de los métodos se pueden utilizar independientemente y por separado de otros componentes y/o pasos descritos en esta memoria. Más bien, la realización ejemplar puede implementarse y utilizarse en conexión con muchas otras aplicaciones.

Aunque rasgos específicos de diferentes realizaciones de la invención se pueden mostrar en algunos dibujos y no en otros, esto es sólo por conveniencia. En conformidad con los principios de la invención, cualquier rasgo de un dibujo puede ser referenciado y/o reivindicado en combinación con cualquier rasgo de cualquier otro dibujo.

35 En la Figura 1, se muestra un transformador 10 de bobina encapsulada de tipo seco. El transformador 10 comprende al menos una bobina 14. La bobina tiene una pluralidad de espiras 16 conductoras. Las espiras conductoras se fabrican típicamente de metal, p. ej. de cobre o aluminio, también se podrían emplear otros materiales conductores. Un encapsulado 20 que comprende una resina polimérica, típicamente resina epoxi, está envolviendo a la bobina 14. El encapsulado 20 tiene una superficie 22 del encapsulado. Esta bobina que está envuelta en el encapsulado está
40 montada en un núcleo ferromagnético 24, en donde este último sólo se muestra esquemáticamente en los dibujos adjuntos. Tales transformadores 10 de bobina encapsulada de tipo seco se interpretan para tensiones en el lado de alta tensión de desde aproximadamente 1 kV hasta aproximadamente 123 kV o 145 kV, más típicamente de desde aproximadamente 10 kV hasta aproximadamente 72 kV. Generalmente, los transformadores de tipo seco de acuerdo con las realizaciones tienen potencias nominales de 10 kVA o mayores, más típicamente de 1 MVA o mayores, de
45 hasta 63 MVA.

Al menos una terminación 30 de cable aislado está conectada a la bobina 14. De este modo, el punto de conexión 32 entre la terminación 30 de cable aislado y la bobina 14 está dentro del cuerpo de resina del encapsulado 20. Una parte flexible 34 de la terminación 30 de cable aislado se extiende además desde la superficie 22 del encapsulado hacia afuera - en donde, típicamente, la terminación 30 de cable aislado es flexible en toda su longitud desde el punto de
50 conexión 32 hasta el extremo de la parte flexible 34. Dicho de otra manera, una primera parte de la terminación 30 de cable aislado se extiende desde el punto de conexión 32 a través de una parte del encapsulado 20 hasta la superficie 22 del encapsulado, y una segunda parte, flexible, de la terminación 30 del cable aislado se extiende además desde la superficie 22 del encapsulado hacia afuera. La segunda parte, que forma la parte flexible 34 de la terminación 30 de cable aislado, forma de este modo una conexión terminal flexible con la bobina 14. La parte flexible 34 sobresale

de la superficie 22 del encapsulado. El cable 31 utilizado para producir la terminación 30 de cable aislado tiene típicamente un aislamiento con una capa o funda de plástico por encima de toda su longitud. Por lo tanto, la parte flexible 34 sobresale de la superficie 22 del encapsulado que tiene un aislamiento, de tal manera que existe un aislamiento sin huecos que se extiende desde la superficie del encapsulado por encima de la parte flexible 34. Por lo tanto, el aislamiento es flexible y mantiene la flexibilidad del cable 31 y, por lo tanto, de la parte flexible 34 fuera de la superficie 22 del encapsulado. Este aislamiento es prueba con respecto a la protección contra, p. ej., niveles elevados de humedad ambiental o contaminación del aire incrementada. En general, el aislamiento y la longitud de la línea de fuga entre los terminales, y entre los terminales y la superficie del encapsulado, se incrementan. Esto permite evitar el uso de grandes espacios libres poco prácticos y, en general, incrementa la tensión no disruptiva al impulso tipo rayo y también la tensión no disruptiva a la frecuencia industrial. Además, la parte flexible 34 reduce el riesgo de daño de los terminales, ya que sólo se dobla cuando se somete a tensión accidentalmente, p. ej. durante el transporte.

El punto de conexión 32 entre la terminación 30 de cable aislado y la bobina 14 está dentro del cuerpo de resina del encapsulado 20. Como se muestra en la Figura 1, la conexión entre la terminación 30 de cable aislado y la bobina 14 puede realizarse típicamente en la forma de un terminal de tipo tornillo. La conexión en el punto de conexión 32 también se puede realizar de manera diferente, p. ej. soldada, engarzada o unida por soldadura blanda.

Al final de la parte flexible 34, existe en uso práctico típicamente una parte metálica en bruto o una terminación (no mostrada en la Figura 1, véase la Figura 3) para una conexión a otros componentes. La parte flexible 34 no está particularmente limitada en su longitud. Puede tener una longitud de desde unos pocos centímetros, p. ej. 10 cm, permitiendo una conexión a otras partes, hasta de varios metros, p. ej. 1 m, 2 m, 5 m, ó 10 m.

Este tipo de terminación de cable aislado, que proporciona una conexión de terminal flexible, se puede utilizar, por ejemplo, para una conexión directa del transformador 10 con otro componente eléctrico, como por ejemplo un aislador de soporte, un disyuntor, un cambiador de tomas en carga, etc., sin romper el aislamiento. En general, los terminales más estresados son el comienzo y el final de cada fase, por lo que se espera el máximo beneficio cuando éstos se proporcionan como se describe anteriormente; aunque también se puede proporcionar de esta manera cualquier terminal intermedio, p. ej. para una conexión en serie o para la pluralidad de conexiones a un cambiador de tomas.

En la Figura 2, para mejorar aún más la protección contra las fugas, se muestra el transformador 10 similar al de la Figura 1, que tiene tres pantallas de aislamiento cilíndricas 40, 41, 42 adicionales. Estas incrementan aún más las propiedades de aislamiento e incrementan la(s) longitud(es) de la(s) línea(s) de fuga entre la parte flexible 34 y otras terminaciones de cable aislado (no mostradas) posicionadas adyacentes a la terminación 30 de cable aislado mostrada en la Figura 2. Las pantallas de aislamiento cilíndricas 40, 41, 42 se colocan típicamente antes del proceso de encapsulamiento de la bobina 14 y forman una parte integral con el encapsulado después de que el proceso de encapsulamiento haya terminado. De este modo se incrementa la longitud de la línea de fuga a lo largo de la superficie epoxi externa. La forma, el material, el número, el grosor y las longitudes de las pantallas dependen del aislamiento requerido. Como ejemplo no limitativo, hasta tres pantallas de aislamiento cilíndricas 40, 41, 42 de fibra de vidrio con un grosor de pared de aproximadamente 3 mm a 6 mm cada una, y una longitud de entre 100 mm y 300 mm (en una dirección perpendicular a la superficie 22 del encapsulado) pueden ser adecuadas.

En la Figura 3, se muestra un transformador de acuerdo con la presente invención, que comprende además una pluralidad de campanas aisladoras 36 proporcionadas alrededor de la parte flexible 34 de la terminación 30 de cable aislado. Es decir, las campanas aisladoras 36 se proporcionan para al menos una parte de la longitud de la parte flexible 34 por fuera de la superficie 22 del encapsulado. En este caso, la terminación 30 de cable aislado se usa para proporcionar un terminal flexible, pero estable, en el propio transformador. La longitud de la terminación y el número y tipo de sus campanas aisladoras dependen del aislamiento requerido. Como en el caso anterior, el cable aislado y su terminación 39 se disponen típicamente antes del proceso de encapsulamiento que conforma el encapsulado 20 alrededor de la bobina 14.

Las espiras 16 conductoras (mostradas sólo en número reducido en los dibujos) de la bobina 14 típicamente o preferiblemente comprenden o consisten en un material metálico sólido, en particular comprenden o consisten en un único hilo metálico enrollado de, p. ej., cobre (Cu) o aluminio (Al), con un aislamiento. En particular, la parte flexible (34) de la terminación (30) de cable aislado se extiende inmediatamente desde la superficie (22) del encapsulado hacia afuera. El cable de la conexión 30 de terminal aislada, al menos la parte flexible 34 del mismo, comprende típicamente una pluralidad de hilos metálicos 35 para garantizar la flexibilidad deseada. Dicho de otra manera, comprende típicamente hilo de Litz o hilo entrelazado/trenzado. En particular, una parte conductora de la parte flexible 34 de la terminación 30 de cable aislado consiste en la pluralidad de hilos metálicos o hilos de Litz o hilos entrelazados o hilos trenzados 35.

Las espiras 16 conductoras de la bobina 14 típicamente tienen una sección transversal de al menos 10 mm², y la terminación 30 de cable aislado también tiene una sección transversal de al menos 10 mm².

En la Figura 4, se muestra un transformador de acuerdo con realizaciones de la presente invención, en el cual el sistema de la Figura 3, que comprende una pluralidad de campanas aisladoras 36, se combina con las pantallas de aislamiento cilíndricas 40, 41, 42 como se muestra en la Figura 2. En esta realización de la presente invención, la

longitud de la línea de fuga se incrementa aún más al combinar los efectos de las campanas aisladoras 36 y de las pantallas de aislamiento cilíndricas 40, 41, 42.

5 Se entiende que el transformador 10 descrito con respecto a los dibujos es sólo ejemplar. Típicamente, puede tener al menos una terminación 30 de cable aislado adicional como se describe, de tal manera que al menos la bobina de alta tensión (o devanado de alta tensión) esté totalmente equipada con ella. Asimismo, típicamente todos los terminales de un transformador, incluidos el lado de alta tensión y el lado de baja tensión, pueden estar equipados con tales terminaciones de cable aislado.

10 Además, no hace falta decir que el transformador puede ser un transformador trifásico. Por lo tanto, puede comprender al menos tres bobinas 14, o números mayores como seis o nueve bobinas 14. De este modo, una, dos o tres bobinas 14 pueden estar envueltas cada una de ellas en un encapsulado 20 individual.

El transformador también puede comprender un mecanismo de cambio de tomas proporcionado por fuera de las bobinas 14, en donde al menos una parte de la pluralidad de terminaciones 30 de cable aislado está conectada al mecanismo de cambio de tomas.

15 Para producir un transformador 10 como el descrito, se proporciona un método. Dicho método comprende producir y proporcionar una bobina 14 que tenga una pluralidad de espiras 16 conductoras. Se proporciona al menos un cable 31 que es al menos parcialmente flexible, y se conecta dicho cable a la bobina 14, de tal manera que el cable 31 forma una terminación 30 de cable aislado para la bobina 14. A continuación, se produce un encapsulado 20 de resina polimérica en un proceso de encapsulamiento que emplea un molde 21 para envolver a la bobina en el encapsulado 20.

20 En la Figura 5, se muestra el molde 21 en el que se proporciona la bobina 14 para el proceso de encapsulamiento. El cable 31, que formará la terminación 30 de cable aislado después del encapsulamiento, se proporciona para ser conectado a la bobina 14 en el punto de conexión 32, típicamente con un terminal de tipo tornillo. La conexión en el punto de conexión 32 también se puede llevar a cabo de manera diferente, p. ej. soldada, engarzada o unida por soldadura blanda.

25 El cable 31 se proporciona para que se extienda a través del rebaje 28 en el molde 21, en cuya posición se extenderá desde el encapsulado 20 como la parte flexible 34, después de que el proceso de encapsulamiento haya terminado. Una vez finalizado el proceso de encapsulamiento, el cable 31 forma la terminación 30 de cable aislado.

30 De este modo, el proceso de encapsulamiento está adaptado de tal manera que el punto de conexión 32 entre la terminación 30 de cable aislado y la bobina 14 esté dentro del encapsulado 20. Además, se proporciona que una parte flexible de la terminación 30 de cable aislado se extienda desde la superficie 22 del encapsulado hacia fuera. El molde 21 típicamente tiene al menos un rebaje 28 a través del cual se coloca el cable 31 antes del proceso de encapsulamiento.

35 De este modo, las espiras 16 conductoras de la bobina 14 típicamente comprenden o consisten en un material metálico sólido con un aislamiento entre las espiras 16 conductoras, y al menos la parte flexible de la terminación 30 de cable aislado comprende una pluralidad de hilos metálicos, por lo tanto, típicamente comprende hilo de Litz o hilo entrelazado/trenzado.

40 En la presente invención, se proporciona una pluralidad de campanas aisladoras 36 alrededor de la parte flexible 34 del terminal 30 de cable aislado para al menos una parte de su longitud que se extiende hacia afuera desde la superficie 22 del encapsulado. Estas se pueden proporcionar típicamente antes del proceso de encapsulamiento o después, dependiendo, por ejemplo, de si la parte flexible 34 tiene una terminación 39 (véase la Figura 4) que podría dificultar su montaje después de que haya finalizado el proceso de encapsulamiento.

El cable 31 se puede proporcionar antes del encapsulamiento para que tenga una forma en espiral en al menos una parte de su longitud entre el punto de conexión 32 a la bobina 14 y la posición en la que el cable pasa por la superficie 22 del encapsulado después de que el proceso de encapsulamiento haya finalizado.

45 En general, el aislamiento y la longitud de la línea de fuga se incrementan, evitando el uso de grandes espacios libres poco prácticos. Esto es particularmente útil para terminales con mayor tensión eléctrica, p. ej. los terminales de línea, y también en puntos en los que existe una alta concentración de terminales en un área reducida, p. ej. en el cambiador de tomas.

50 Además, el uso de una conexión de terminal aislada en la conexión en serie entre devanados, o en la conexión entre fases (en triángulo o en estrella), también produce como resultado un incremento del aislamiento y de la longitud de la línea de fuga.

Además, se mejora la forma de los terminales desde el punto de vista del estrés eléctrico. Mientras que en la solución estándar, se utilizan barras y terminales de cable de forma rectangular, con el cable aislado sólo se utilizan elementos cilíndricos. Por lo tanto, el estrés eléctrico es más suave que en el caso estándar.

La disposición interna y las conexiones físicas con la bobina también se mejoran, ya que se reduce el espacio requerido. La razón de esto es que el cable de la conexión de terminal aislada tiene una sección transversal circular, y el hecho de que ya está aislado. Esto es útil en particular para el cambiador de tomas.

- 5 El proceso de fabricación, simplemente conectando el cable al conductor de la bobina antes del encapsulamiento, es más simple que las alternativas conocidas en la técnica anterior – las cuales a menudo implican el uso de moldes de encapsulamiento adicionales para fabricar pasatapas de resina alrededor de los terminales.

Como el cable aislado que se extiende desde la superficie del encapsulado es flexible, no es posible romperlo durante la manipulación o el transporte. Esta es una ventaja con respecto a los pasatapas hechos de epoxi, que son bastante frágiles y que, por lo tanto, pueden romperse o dañarse de forma general con facilidad.

- 10 Las realizaciones se pueden aplicar en transformadores con un alto nivel de aislamiento o en transformadores con dimensiones reducidas entre terminales, lo que dificulta en general el aislamiento.

El alcance de la invención sólo es definido por las reivindicaciones adjuntas y cualquier ejemplo que no sea una realización de la invención así definida se considerará sólo con fines ilustrativos.

REIVINDICACIONES

1. Un transformador (10) de bobina encapsulada de tipo seco que tiene una tensión nominal de 1 kV y superior, que comprende:
 - a. al menos una bobina (14) con una pluralidad de espiras (16) conductoras;
 - 5 b. un encapsulado (20) que comprende una resina polimérica, que envuelve a la bobina (14) y que tiene una superficie (22) del encapsulado;
 - c. un núcleo ferromagnético (24) sobre el cual está montada la bobina (14) con el encapsulado (20) envolvente;
 - d. una terminación (30) de cable aislado conectada a la bobina (14), en donde el punto de conexión (32) entre la terminación (30) de cable aislado y la bobina (14) está dentro del encapsulado (20), y en donde una primera parte de la terminación (30) de cable aislado se extiende desde el punto de conexión (32) a través de una parte del encapsulado (20) hasta la superficie (22) del encapsulado,
 - 10 e. una segunda parte de la terminación (30) de cable aislado forma una parte flexible (34) de la terminación (30) de cable aislado que se extiende además desde la superficie (22) del encapsulado hacia afuera, y
 - f. al menos la parte flexible (34) de la terminación (30) de cable aislado comprende una pluralidad de hilos metálicos (35), caracterizado por que
 - 15 g. la terminación (30) de cable aislado comprende una pluralidad de campanas aisladoras (36) proporcionadas alrededor de la parte flexible (34) de la terminación (30) de cable aislado para al menos una parte de su longitud hacia afuera desde la superficie (22) del encapsulado.
- 20 2. El transformador de la reivindicación 1, que comprende además al menos una pantalla de aislamiento cilíndrica (40) proporcionada alrededor de la terminación (30) de cable aislado, estando la pantalla de aislamiento cilíndrica (40) en contacto físico con la superficie (22) del encapsulado.
3. El transformador de cualquier reivindicación precedente, en el cual las espiras (16) conductoras de la bobina (14) comprenden o consisten en un material metálico sólido con un aislamiento.
- 25 4. El transformador de la reivindicación 3, caracterizado por que la bobina (14) comprende o consiste en un único hilo metálico enrollado con un aislamiento, en particular por que el único hilo metálico enrollado está hecho de cobre o de aluminio.
5. El transformador de cualquier reivindicación precedente, en el cual las espiras (16) conductoras de la bobina (14) tienen una sección transversal de al menos 10 mm², y la terminación (30) de cable aislado tiene una sección transversal de al menos 10 mm².
- 30 6. El transformador de cualquier reivindicación precedente, que es un transformador trifásico, y que tiene de tres a seis bobinas (14), en el cual una o dos bobinas (14) están envueltas cada una de ellas en un encapsulado (20) individual.
7. El transformador de la reivindicación 6, que tiene una pluralidad de terminaciones (30) de cable aislado conectadas a las bobinas (14) en posiciones dentro de los encapsulados (20) y que se extienden de manera flexible desde las superficies (22) de los encapsulados hacia afuera.
- 35 8. El transformador de la reivindicación 7, que comprende además un mecanismo de cambio de tomas (40) proporcionado por afuera de las bobinas (14), estando conectadas al menos una parte de la pluralidad de terminaciones (30) de cable aislado al mecanismo de cambio de tomas (40).
9. El transformador de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la terminación (30) de cable aislado comprende la pluralidad de hilos metálicos (35) para garantizar la flexibilidad deseada de la parte flexible (34), en particular que la terminación (30) de cable aislado comprende hilo de Litz o hilo entrelazado o hilo trenzado.
- 40 10. El transformador de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la parte flexible (34) de la terminación (30) de cable aislado se extiende inmediatamente desde la superficie (22) del encapsulado hacia afuera, y/o por que una parte conductora de la parte flexible (34) de la terminación (30) de cable aislado consiste en la pluralidad de hilos metálicos (35).
- 45 11. Un método de producción de un transformador (10) de bobina encapsulada de tipo seco de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende:
 - a) Proporcionar una bobina (14) que tenga una pluralidad de espiras (16) conductoras;
 - b) Proporcionar al menos un cable (31) que sea al menos parcialmente flexible, y conectarlo a la bobina (14) para formar una terminación (30) de cable aislado;

c) Proporcionar un encapsulado (20) de resina polimérica en un proceso de encapsulamiento que emplea un molde (21) para envolver a la bobina en el encapsulado (20),

5 en el cual el proceso de encapsulamiento está adaptado de tal manera que el punto de conexión (32) entre la terminación (30) de cable aislado y la bobina (14) está dentro del encapsulado (20), y una parte flexible (34) de la terminación (30) de cable aislado se extiende además desde la superficie (22) del encapsulado hacia afuera y al menos la parte flexible (34) de la terminación (30) de cable aislado comprende una pluralidad de hilos metálicos (35), en donde el método incluye además: proporcionar una pluralidad de campanas aisladoras (36) alrededor de la parte flexible (34) de la terminación (30) de cable aislado para al menos una parte de su longitud hasta la cual se extiende hacia afuera desde la superficie (22) del encapsulado.

10 12. El método de la reivindicación 11, en el cual el molde (21) tiene al menos un rebaje (28) a través del cual se coloca el cable (30) para el proceso de encapsulamiento, y/o en el cual las espiras (16) conductoras de la bobina (14) comprenden o consisten en un material metálico sólido con un aislamiento.

15 13. El método de las reivindicaciones 11 a 12, en el cual se proporciona el cable (31) para que tenga una forma en espiral en al menos una parte de su longitud entre el punto de conexión (32) a la bobina (14) y la posición, en la que el cable pasa por la superficie (22) del encapsulado después de que haya finalizado el proceso de encapsulamiento.

14. El método de las reivindicaciones 11 a 13, que comprende además: proporcionar al menos una pantalla aislante cilíndrica (40) alrededor de la terminación (30) de cable aislado, en contacto con la superficie (22) del encapsulado, comprendiendo preferiblemente la pantalla aislante cilíndrica una resina polimérica.

20 15. El método de las reivindicaciones 11 a 14, en el cual las espiras (16) conductoras de la bobina (14) tienen una sección transversal de al menos 10 mm², y la terminación (30) de cable aislado tiene una sección transversal de al menos 10 mm².

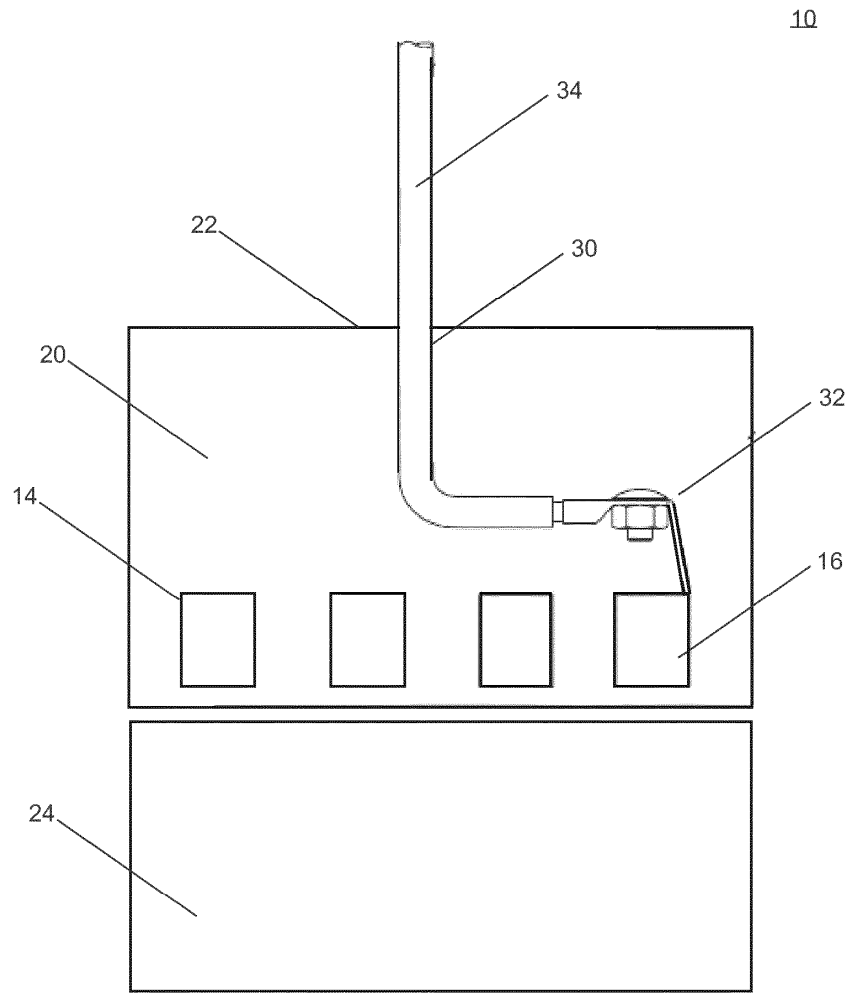


FIG. 1

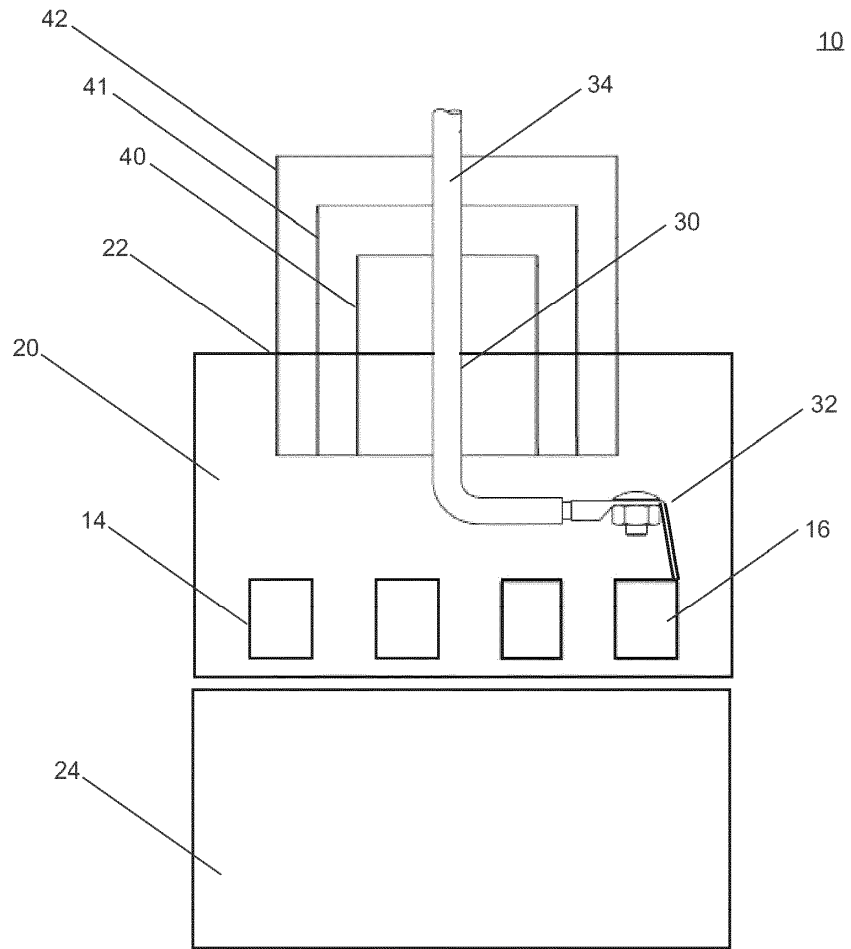


FIG. 2

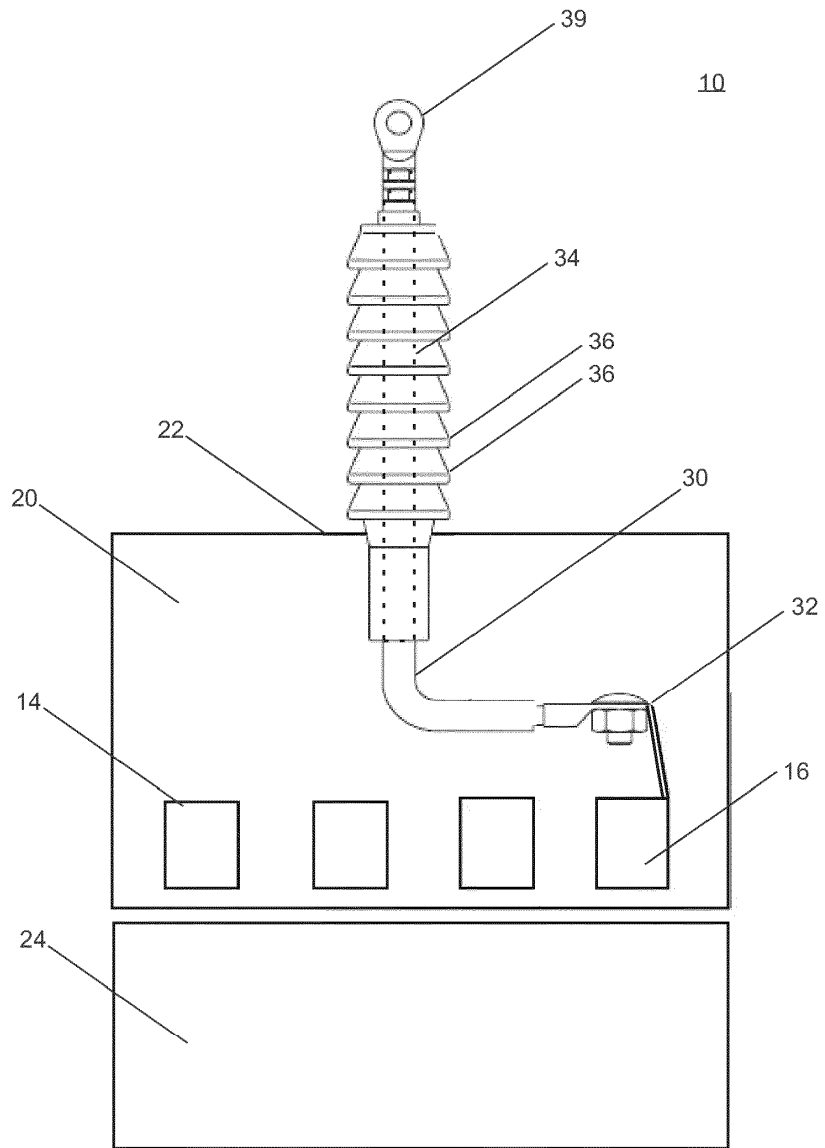


FIG. 3

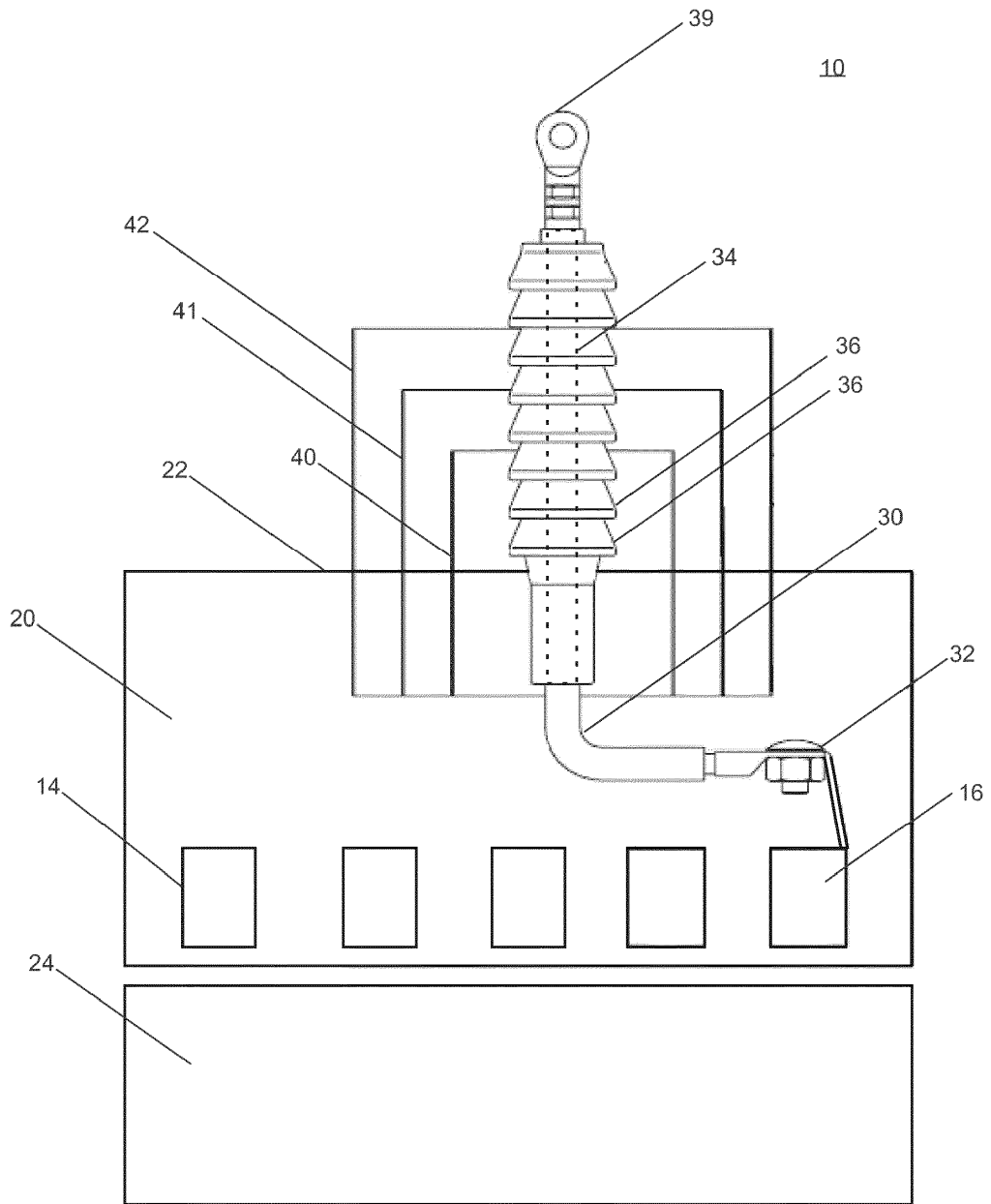


FIG. 4

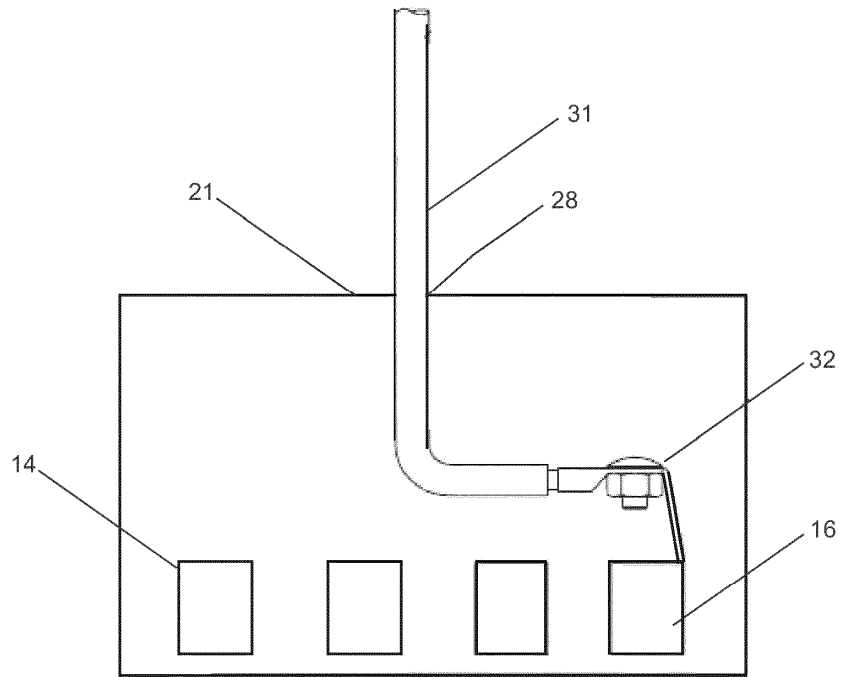


FIG. 5