

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 478 003**

51 Int. Cl.:

H01F 41/12 (2006.01)

H01F 27/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.06.2004** **E 04777117 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.04.2014** **EP 1639611**

54 Título: **Método para fabricación de un bobinado de transformador**

30 Prioridad:

27.06.2003 US 608353

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

18.07.2014

73 Titular/es:

**ABB TECHNOLOGY AG (100.0%)
AFFOLTERNSTRASSE 44
8050 ZÜRICH, CH**

72 Inventor/es:

**YOUNGER, HAROLD R.;
STRYKEN, EGIL y
WALLUMROD, JOHN**

74 Agente/Representante:

TOMAS GIL, Tesifonte Enrique

ES 2 478 003 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

Método para fabricación de un bobinado de transformador

5 **Campo de la invención**

[0001] La presente invención se refiere en general a transformadores usados para transformar la tensión. De un modo más particular, la invención se refiere a un método para fabricación de un bobinado de transformador.

10 **Antecedentes de la invención**

[0002] Los bobinados de transformador están formados tradicionalmente por el bobinado de un conductor eléctrico, como hilo de cobre o aluminio, en una base continua.

15 El conductor eléctrico se puede enrollar alrededor de un mandril, o directamente sobre un eje de bobinado del transformador.

El conductor eléctrico se enrolla en una pluralidad de vueltas para formar una primera capa de vueltas.

Una primera capa de material aislante se coloca posteriormente alrededor de la primera capa de vueltas.

20 El conductor eléctrico se enrolla en una segunda pluralidad de vueltas sobre la primera capa de material aislante, formando así una segunda capa de vueltas.

[0003] Una segunda capa de material aislante se coloca posteriormente bajo la segunda capa de vueltas.

El conductor eléctrico se enrolla en una tercera pluralidad de vueltas sobre la segunda capa de aislamiento, formando así una tercera capa de vueltas.

25 El procedimiento anterior se puede repetir hasta que se forme un número predeterminado de capas de vueltas.

[0004] El papel kraft recubierto de un patrón de diamante de resina epoxy termoendurecida (comúnmente conocido como "papel DDP") se usa normalmente como material aislante en los bobinados de transformador.

El bobinado de transformador compuesto por papel DPP se suele calentar después de ser bobinado de la forma descrita anteriormente.

30 El calentamiento es necesario para fundir y endurecer la resina epoxy en el papel DPP y unir así el papel DPP a la capa o capas adyacentes hechas con el conductor eléctrico.

El bobinado de transformador se puede calentar colocando este bobinado del transformador en un horno de convección de aire caliente (u otro dispositivo de calentamiento adecuado) durante un periodo de tiempo predeterminado.

35 [0005] La transferencia del bobinado de transformador a una convección de aire caliente, así como el proceso de calentamiento posterior, puede aumentar la duración del ciclo asociada a la producción del bobinado del transformador.

Por otra parte, las necesidades energéticas del horno de convección de aire caliente pueden aumentar el coste de fabricación total del bobinado de transformador.

40 También puede ser difícil conseguir un calentamiento uniforme (así como el endurecimiento del adhesivo) en todo el bobinado del transformador usando un horno de convección de aire caliente.

[0006] La patente US3,200,357 revela una estructura de bobina preformada para transformadores eléctricos, la cual está caliente para comprimir la bobina en la forma deseada; la bobina está caliente debido al calentamiento por resistencia que produce la propia bobina.

45 La patente US4,521,956 revela un transformador con bobinas conectadas comprimidas; las capas conductoras en cada bobina se comprimen y luego se unen entre sí mediante un adhesivo termoendurecido recubierto en lados opuestos de las hojas de aislamiento entre las capas adyacentes.

La solicitud de patente nº. US2003/0058076 revela un método de calentamiento interno para secado, gelificación y endurecimiento final de la resina epoxy usada para encapsular las bobinas del transformador.

50 La solicitud internacional nº WO88/27546 revela un dispositivo electromagnético que posee medios de control configurados para controlar la frecuencia, la amplitud y/o la fase relacionada con la energía eléctrica entrante/saliente del dispositivo, y para controlar el flujo magnético en el dispositivo electromagnético.

[0007] Por lo tanto, puede ser difícil conseguir una unión adecuada entre la capas específicas del material aislante y el conductor eléctrico (especialmente entre las capas más internas del material aislante y el conductor eléctrico).

55

Resumen de la invención

60 [0008] Un método para la fabricación de un bobinado de transformador que comprende: bobinado de un conductor eléctrico en una primera pluralidad de vueltas; inmediata colocación con adhesivo de un material electroaislante sobre la primera pluralidad de vueltas; bobinado del conductor eléctrico en una segunda pluralidad de vueltas sobre el material electroaislante; y fusión y endurecimiento del adhesivo mediante la excitación del conductor eléctrico de modo que una corriente mayor que la corriente nominal del bobinado de transformador fluya a través del conductor eléctrico.

65 La fusión y endurecimiento del adhesivo mediante la excitación del conductor eléctrico de modo que una corriente mayor que la corriente nominal del bobinado de transformador fluya a través del conductor eléctrico comprende la excitación del conductor eléctrico de modo que la corriente mayor de una corriente estimada del bobinado de

transformador es, en un principio, de tres a cinco veces aproximadamente la corriente nominal del bobinado de transformador.

El método comprende, además, la reducción progresiva de una corriente mayor a una corriente nominal del bobinado de transformador desde un valor inicial hasta que la temperatura del conductor eléctrico se establezca dentro de un rango predeterminado.

Breve descripción de los dibujos

[0009] El resumen anterior, así como la siguiente descripción detallada del método de preferencia, se entiende mejor cuando se lee conjuntamente con dibujos adjuntos.

Con motivo de ilustrar la invención, los dibujos muestran una forma de realización que es la preferida actualmente.

No obstante, la invención no está limitada a los medios específicos descritos en los dibujos.

En los dibujos:

La fig. 1 es una vista lateral esquemática de un transformador con bobinados secundarios y primarios fabricados conforme a un método de preferencia para la fabricación de un bobinado de transformador;

La fig. 2 es una vista lateral esquemática de un bobinado primario y un eje de bobinado del transformador mostrados en la fig. 1;

La fig. 3 es una vista en sección transversal agrandada del bobinado primario y del eje de bobinado mostrados en las figuras 1 y 2, tomada a partir de la línea "A-A" de la fig. 2;

La fig. 4 es una vista agrandada del área designada "B" en la fig. 2, que muestra en detalle una lámina aislante del transformador mostrada en las figuras 1-3; y

La fig. 5 es una ilustración esquemática del bobinado primario mostrado en las figuras 1-4, acoplado eléctricamente a un suministro eléctrico de corriente continua, un regulador de energía variable, un voltímetro, y un amperímetro.

Descripción de los métodos de preferencia

[0010] Aquí se describe un método de preferencia para fabricación de un bobinado de transformador.

El método de preferencia se describe en conexión con un bobinado cilíndrico de transformador.

El método de preferencia puede aplicarse también a bobinados hechos en otras formas, como redondeadas, rectangulares con lados curvos, ovaladas, etc.

[0011] El método de preferencia puede utilizarse para producir los bobinados de transformador de un transformador trifásico 100 representado en la figura 1.

El transformador 100 posee un núcleo laminado convencional 102.

El núcleo 102 está formado de un material magnético adecuado, como acero de silicio texturizado o una aleación amorfa.

El núcleo 102 tiene un primer eje de bobinado 104, un segundo eje de bobinado 106, y un tercer eje de bobinado 108.

El núcleo 102 también cuenta con un yugo superior 110 y un yugo inferior 112.

Las extremidades opuestas de cada uno del primer, segundo, y tercer eje de bobinado 104, 106, 108 se acoplan de forma fija a los yugos superior e inferior 110 y 112, usando para ello, por ejemplo, un adhesivo apropiado.

[0012] Los bobinados primarios 10a, 10b, 10c están colocados alrededor del primer, segundo, y tercer eje de bobinado, 104, 106 y 108, respectivamente.

Bobinados secundarios 11a, 11b, 11c son asimismo situados alrededor de la respectiva primera, segunda, y terceras patas de bobinado 104, 106, 108.

Los bobinados primarios 10a, 10b, 10c son sustancialmente idénticos.

Los bobinados secundarios 11a, 11b, 11c son también sustancialmente idénticos.

[0013] Los bobinados primarios 10a, 10b, 10c pueden estar conectados eléctricamente en una configuración "Delta", como se conoce comúnmente entre expertos en la técnica del diseño y producción de transformadores.

Los bobinados secundarios 11a, 11b, 11c pueden estar conectados eléctricamente en una configuración "Delta" o "Y", dependiendo de los requisitos de voltaje del transformador 100. (Las conexiones eléctricas entre los bobinados primarios 10a, 10b, 10c y los bobinados secundarios 11a, 11b, 11c no se muestran en la figura 1 por una mayor claridad.)

[0014] Si el transformador 100 se encuentra en uso, los bobinados primarios 10a, 10b, 10c pueden estar acoplados eléctricamente a una fuente de energía (no mostrada) trifásica de corriente alterna.

Los bobinados secundarios 11a, 11b, 11c pueden estar acoplados eléctricamente a una carga (tampoco se muestra).

Los bobinados primarios 10a, 10b, 10c se acoplan mediante inducción a los bobinados secundarios 10a, 10b, 10c a través del núcleo 102 cuando los bobinados primarios 10a, 10b, 10c se alimentan por la carga.

De forma más particular, el voltaje de corriente alterna a través de los bobinados primarios 10a, 10b, 10c establece un

flujo magnético alternante en el núcleo 102.

El flujo magnético produce que el voltaje de corriente alterna pase a través de los bobinados secundarios 11a, 11b, 11c (y la carga conectada a estos).

5 [0015] No se incluyen descripciones de elementos estructurales adicionales y detalles funcionales del transformador 100, ya que no son necesarios para la comprensión de la presente invención.

10 Por otra parte, la descripción del transformador 100 mencionado anteriormente del transformador se presenta únicamente con fines ejemplificantes. El método de preferencia se puede realizar en los bobinados de prácticamente cualquier tipo de transformador, incluyendo transformadores monofásicos y transformadores con bobinados concéntricos.

[0016] El bobinado primario 10a comprende un bobinado del conductor eléctrico 16 alrededor del primer eje de bobinado 104 en una base continua (ver figura 2).

15 El conductor eléctrico 16 puede ser, por ejemplo, un cable de aluminio o de cobre rectangular, redondeado, o redondo aplanado.

El bobinado primario 10a también comprende un aislamiento del ancho de la cara de las capas de láminas.

De una forma más particular, el bobinado primario 10a cuenta con láminas de aislamiento 18 (ver figuras 2-4).

20 Las láminas de aislamiento 18 pueden estar hechas, por ejemplo, de papel kraft recubierto de un patrón de diamante de resina epoxy termoendurecida (lo que se conoce comúnmente como "papel DPP").

[0017] Cada lámina de aislamiento 18 tiene un papel base 18a (ver figura 4).

25 Cada lámina de aislamiento 18 también comprende una pluralidad de áreas en forma de diamante relativamente pequeñas, o puntos, del estado "B" del adhesivo epoxy 18b depositado en el papel base 18a, como se muestra en la figura 4.

El adhesivo 18b se encuentra en ambos lados del papel de base 18a.

El método de preferencia también se puede llevar a cabo utilizando láminas aislantes que contengan adhesivo solo en uno de los lados del papel base.

30 Por otra parte, el método de preferencia se puede realizar utilizando otros tipos de aislamiento, como papel kraft totalmente recubierto de resina epoxy termoendurecida.

[0018] El bobinado primario 10a comprende capas de superposición de vueltas del conductor eléctrico 16.

En lo respectivo a una de las láminas de aislamiento 18, ésta se encuentra entre cada una de las capas de superposición de vueltas (ver figura 3).

Las vueltas en cada capa avanzan progresivamente a través del ancho del bobinado primario 10a.

35 En otras palabras, cada capa de superposición del bobinado primario 10a se forma por el bobinado del conductor eléctrico 16 en una pluralidad de vueltas dispuestas unas junto a otras a través del ancho del bobinado primario 10a.

[0019] El bobinado primario 10a se forma al colocar una de las láminas de aislamiento 18 en una superficie externa del primer eje de bobinado 104, de modo que la lámina de aislamiento 18 cubre una parte de la superficie externa.

40 [0020] Una primera capa de vueltas 20 es posteriormente enrollada sobre el primer eje de bobinado 104.

De una forma más particular, el conductor eléctrico 16 es bobinado alrededor del eje de bobinado 104 y sobre la lámina de aislamiento 18, hasta que se forman un número predeterminado de vueltas adyacentes (una junto a otra).

45 La operación de bobinado se puede realizar manualmente o utilizando una máquina convencional de bobinado automático, como un modelo AM 3175, que es una máquina de bobinado por capas disponible en BR Technologies GmbH.

[0021] La segunda capa de vueltas 22 se forma después de que se haya creado la primera capa de vueltas 20 según el método descrito arriba.

50 De una forma más particular, otra de las láminas de aislamiento 18 se coloca sobre la primera capa de vueltas 20, de modo que un borde de la lámina de aislamiento 18 se extiende a través de la primera capa de vueltas 20 (ver figura 2).

La lámina de aislamiento 18 puede estar cortada de modo que las extremidades opuestas de la lámina de aislamiento 18 se encuentren como se muestra en figura 2.

55 [0022] El conductor eléctrico 16 se enrolla posteriormente sobre la primera capa de vueltas 20 y la lámina de aislamiento 18 recubierta para formar la segunda capa de vueltas 22, de la manera anteriormente descrita en relación a la primera capa de vueltas 20 (ver figura 3).

60 En otras palabras, la segunda capa de vueltas 22 se forma al enrollar el conductor eléctrico 16 en una serie de vueltas adyacentes avanzando hacia atrás a través de la primera capa de vueltas 20, hasta alcanzar un número predeterminado de vueltas.

[0023] Los procedimientos anteriores se pueden repetir hasta conseguir el número deseado de capas de vueltas en el bobinado primario 10a (para una mayor claridad, solo se representan tres de estas capas de vueltas en la figura 3).

65 [0024] Cabe señalar que se puede usar una banda continua de material aislante (no mostrada) en lugar de las láminas de aislamiento 18.

De una forma más particular, la banda continua de material aislante puede enrollarse continuamente delante del conductor eléctrico 16 para proporcionar sustancialmente las mismas propiedades de aislamiento que las láminas de aislamiento 18.

5 La banda de aislamiento se puede situar alrededor de una capa particular del conductor eléctrico 16, y luego cortarla en la longitud apropiada al final de la capa usando para ello las técnicas convencionales comúnmente conocidas por los expertos en la técnica de diseño y producción de transformadores.

10 [0025] Por otra parte, el bobinado primario 10a se puede enrollar en un mandril e instalarlo posteriormente en el primer eje de bobinado 104, en lugar de enrollar el bobinado primario 10a directamente sobre el primer eje de bobinado 104.

[0026] El bobinado secundario 11a puede enrollarse posteriormente en el primer eje de bobinado 104 de la manera anteriormente descrita en relación con el bobinado primario 10a.

El número de vueltas del conductor eléctrico 16 es diferente en cada capa de los bobinados primarios y secundarios 10a y 11a.

15 Los bobinados primarios y secundarios 10a y 11a son, por el contrario, sustancialmente idénticos.

[0027] Los bobinados primarios 10b, 10c y los bobinados secundarios 11b, 11c se pueden enrollar de la forma descrita anteriormente en una base simultánea o secuencial con los bobinados primario y secundario 10a y 11a.

20 [0028] El yugo superior 100 se puede fijar al primer, segundo, y tercer eje de bobinado 104, 106, 108 después de que los bobinados primarios 10a, 10b, 10c y los bobinados secundarios 11a, 11b, 11c hayan sido bobinados.

[0029] El adhesivo en las láminas de aislamiento 18 del bobinado primario 10a puede fundirse y endurecerse posteriormente de la siguiente manera.

25 Las extremidades opuestas del conductor eléctrico 16 del bobinado primario 10a pueden acoplarse eléctricamente una fuente convencional de energía de corriente continua 120 (el suministro de energía de corriente continua 120 y el bobinado primario 10a están representados esquemáticamente en la figura 5).

El suministro de energía de corriente continua 120 debería ser capaz de proporcionar una corriente continua en el bobinado primario 10a superior a la corriente nominal del bobinado primario 10a.

30 Preferiblemente, la fuente de energía de corriente continua 120 se acopla eléctricamente a un regulador de energía variable 121 para facilitar control de la corriente suministrada al conductor eléctrico 16 por el suministro de energía DC 120. (El regulador de energía variable 121 puede o no puede ser parte de la fuente de energía de corriente continua 120.)

35 [0030] El regulador de energía variable 121 debería ajustarse de modo que una corriente continua mayor de la corriente nominal del bobinado primario 10a fluya en un principio a través del conductor eléctrico 16.

La resistencia del conductor eléctrico 16 al flujo de corriente a través del mismo produce que la temperatura del conductor eléctrico 16 suba dentro de cada capa individual del mismo.

40 Las capas del conductor eléctrico 16, calientan a su vez las láminas de aislamiento 18 adyacentes (incluyendo el adhesivo 18b).

[0031] Preferiblemente, el regulador de energía variable 121 se ajusta de modo que la corriente continua que fluye a través del conductor eléctrico 16 es, en principio, de tres a cinco veces aproximadamente la corriente nominal del bobinado primario 10a.

45 Se cree necesario someter el conductor eléctrico 16 a una corriente de esta magnitud para facilitar una transición relativamente rápida a través del rango de temperaturas (aproximadamente entre 60° C y 100° C) en el que el adhesivo 18b empieza a fundir.

[0032] La temperatura de endurecimiento deseada del adhesivo 18b es aproximadamente de 130° C ± a 15° C. La temperatura del bobinado primario 10a debería ser controlada, y la corriente continua a través del bobinado primario 10a debería ajustarse progresivamente hasta que la temperatura del bobinado primario 10a se estabilice en el rango deseado.

50 De una forma más particular, debería mantenerse la corriente continua a través del bobinado primario 10a en su nivel inicial hasta que la temperatura del bobinado primario 10a sea aproximadamente igual al valor asignado de 130° C. La corriente continua puede disminuirse posteriormente en incrementos de aproximadamente 1° C hasta que la temperatura del bobinado primario 10a se estabilice en el rango deseado.

[0033] Cabe observar que la temperatura de fusión y de endurecimiento del adhesivo 18b dependen de aplicaciones y proveedores, y los valores específicos de estos parámetros se incluyen únicamente para ilustrar los ejemplos.

60 [0034] La temperatura del bobinado primario 10a debería controlarse posteriormente y el regulador de energía variable 121 debería ajustarse según sea necesario para mantener la temperatura del bobinado primario 10a dentro del rango requerido para endurecer adecuadamente el adhesivo 18b.

65 [0035] La temperatura del bobinado primario 10a en un momento dado (T_d) se puede estimar de la siguiente forma, basándose en la resistencia (R_d) del conductor eléctrico 16 en ese momento:

$$T_d \text{ (en } ^\circ\text{C)} = (R_d/R_o) (235 + T_o) - 235$$

donde T_o y R_o son la temperatura inicial y la resistencia del conductor eléctrico 16 respectivamente.

5

[0036] La resistencia R_d se puede calcular dividiendo el voltaje que pasa a través del conductor eléctrico 16 entre la corriente que pasa a través del mismo. (En la figura 5 se representan un voltímetro convencional 122 y un amperímetro convencional 124 capaces de extraer el voltaje detectado y las mediciones actuales).

10

[0037] La temperatura inicial T_o del conductor eléctrico 16 puede estimarse basándose en la temperatura ambiente, o en mediciones obtenidas utilizando un dispositivo de medición de temperatura convencional, como un detector de temperatura resistivo (RTD). La resistencia inicial R_o del conductor eléctrico se puede calcular dividiendo el voltaje inicial que pasa a través del conductor eléctrico 16 entre la corriente inicial que pasa a través del mismo.

15

[0038] Mantener la temperatura del bobinado primario 10a en el rango objetivo de, aproximadamente, entre $130^\circ\text{C} \pm 15^\circ\text{C}$ durante un periodo predeterminado después de que el adhesivo 18b se haya fundido provoca que el adhesivo 18b se cure. (El periodo predeterminado puede ser, por ejemplo, de entre veinte y noventa minutos, dependiendo del tamaño del bobinado primario 10a.) El flujo de corriente a través del conductor eléctrico 16 puede interrumpirse en cuanto finalice el periodo predeterminado, y el conductor eléctrico 16 se puede desconectar del suministro de energía de corriente continua 120 y del regulador de energía variable 121.

20

[0039] De este modo, el adhesivo 18b puede fundirse y endurecerse sin colocar el bobinado primario 10a en un horno de convección de aire caliente. Por lo tanto, y mediante la utilización del método de preferencia, se puede suprimir el tiempo asociado a la transferencia del bobinado primario 10a hacia y desde el horno de convección de aire caliente.

25

[0040] Por otra parte, se cree que la duración del ciclo necesaria para fundir y endurecer el adhesivo 18b es sustancialmente inferior cuando se usa el método de preferencia en lugar de un horno de convección de aire caliente. De una forma más particular, se cree que el uso del conductor eléctrico 10 como una fuente de calor hace que el bobinado primario 10a se caliente con mayor rapidez y de una manera más uniforme que un horno de convección de aire caliente. De este modo, la temperatura del bobinado primario 10a puede estabilizarse en el valor deseado más rápidamente que usando un horno de convección de aire caliente. Por consiguiente, puede reducirse sustancialmente la duración del ciclo asociado a la producción del bobinado primario 10a usando el método de preferencia.

30

[0041] Además, se cree que un calentamiento más uniforme conseguido utilizando el conductor eléctrico 16 como fuente de calor, puede producir una unión mecánica más fuerte entre las láminas de aislamiento 18 y las capas adyacentes del conductor eléctrico 16.

35

La unión mejorada puede ser particularmente significativa en las capas más internas del bobinado primario 10, lo cual puede dificultar el calentamiento mediante el uso de un horno de convección de aire caliente.

40

[0042] Por otra parte, se cree que la energía necesaria para calentar el bobinado primario 10a con la corriente eléctrica que fluye a través del conductor eléctrico 16 es sustancialmente menor que la requerida para calentar el bobinado primario 10a utilizando un horno de convección de aire caliente. Por lo tanto, el ahorro atribuible al bajo uso de energía puede conseguirse potencialmente usando el método de preferencia.

45

[0043] El adhesivo 18b en los bobinados primarios 10b, 10c y los bobinados secundarios 11a, 11b, 11c puede fundirse y endurecerse a posteriori de la manera anteriormente descrita en relación al bobinado primario 10a. Alternativamente, los bobinados primarios 10a, 10b, 10c y los bobinados secundarios 11a, 11b, 11c pueden acoplarse eléctricamente al suministro de energía de corriente continua 120 y al regulador de energía variable 121 en serie; el adhesivo 18b situado en cada uno de los bobinados primarios 10a, 10b, 10c y los bobinados secundarios 11a, 11b, 11c se pueden fundir y polimerizar en una base sustancialmente simultánea.

50

[0044] Debe entenderse que, aunque se hayan expuesto las numerosas características y ventajas de la presente invención en la descripción anterior junto con detalles de la estructura y funciones de la misma, la divulgación es solamente ilustrativa y pueden hacerse cambios en detalle, especialmente en cuestiones referentes a la forma, tamaño y disposición de las partes, en los principios de la invención.

55

[0045] Por ejemplo, aunque se prefiere el uso de corriente continua para calentar el bobinado primario 10a, una alternativa es el uso de la corriente alterna. En caso de usar la corriente alterna, debe hacerse con una frecuencia relativamente baja, o en combinación con la corriente continua para facilitar el cálculo de la temperatura del conductor eléctrico 16 en la manera descrita anteriormente.

60

REIVINDICACIONES

1. Método para fabricación de un bobinado de transformador (10a, 10b, 10c), que comprende:
 el bobinado de un conductor eléctrico (16) en una primera pluralidad de vueltas (20);
 5 la colocación de un material electroaislante (18) que contiene adhesivo (18b) sobre la primera pluralidad de vueltas (20);
 el bobinado del conductor eléctrico (16) en una segunda pluralidad de vueltas (22) sobre el material electroaislante (18);
 y
 el fundido y endurecimiento del adhesivo (18b) mediante la excitación del conductor eléctrico (16), de modo que una
 corriente mayor que la corriente estimada del bobinado de transformador (10a, 10b, 10c) fluya a través del conductor
 10 eléctrico (16);
 dicho método **se caracteriza por:**
 la fusión y el endurecimiento del adhesivo (18b) mediante la excitación del conductor eléctrico (16), de modo que una
 corriente mayor que la corriente estimada del bobinado de transformador (10a, 10b, 10c) fluya a través del conductor
 eléctrico (16), comprende la excitación del conductor eléctrico de modo que una corriente mayor que la corriente
 15 estimada del bobinado de transformador (10a, 10b, 10c) es inicialmente de tres a cinco veces la corriente estimada del
 bobinado de transformador (10a, 10b, 10c); dicho método comprende además:
 la reducción progresiva de una corriente mayor que la corriente estimada del bobinado de transformador (10a, 10b,
 10c), desde un valor inicial hasta que la temperatura del conductor eléctrico (16) se estabilice dentro de un rango
 predeterminado.
- 20 2. Método según la reivindicación 1, que comprende además proporcionar una fuente de energía (120), el acoplamiento
 por electricidad del conductor eléctrico (16) al suministro de energía (120), y la excitación del conductor eléctrico (16)
 utilizando el suministro de energía (120).
- 25 3. Método según la reivindicación 2, donde el suministro de energía es de corriente directa (120).
4. Método según la reivindicación 2, que comprende además proporcionar un regulador de energía variable (121), el
 acoplamiento del regulador de energía variable al suministro de energía (120) y al conductor eléctrico (16), y el ajuste
 30 de la corriente mayor que una corriente estimada del bobinado de transformador (10a, 10b, 10c) utilizando el regulador
 de voltaje (121).
5. Método según la reivindicación 1, donde fusión y endurecimiento del adhesivo (18b) por excitación del conductor
 eléctrico (16) de modo que una corriente mayor que una corriente estimada del bobinado de transformador (10a, 10b,
 10c) fluye a través del conductor eléctrico (16) comprende fusión y endurecimiento del adhesivo (18b) por excitación del
 35 conductor eléctrico (16) de modo que una corriente continua mayor que la corriente estimada del bobinado de
 transformador (10a, 10b, 10c) fluye a través del conductor eléctrico (16).
6. Método según la reivindicación 1, que comprende además el ajuste de una corriente mayor que la corriente estimada
 del bobinado de transformador (10a, 10b, 10c), de modo que la temperatura del conductor eléctrico permanece dentro
 40 de un rango predeterminado.
7. Método según la reivindicación 6, donde el ajuste de una corriente mayor que la corriente estimada del bobinado de
 transformador (10a, 10b, 10c), de modo que la temperatura del conductor eléctrico (16) permanece dentro de un rango
 predeterminado, comprende el ajuste de una corriente mayor que la corriente estimada del bobinado de transformador,
 45 de modo que la temperatura del conductor eléctrico permanece en un rango predeterminado en un periodo
 predeterminado.
8. Método según la reivindicación 1, donde el fundido y el endurecimiento del adhesivo mediante la excitación del
 conductor eléctrico (16), de modo que una corriente mayor que la corriente estimada del bobinado de transformador
 (10a, 10b, 10c) fluya a través del conductor eléctrico, que comprende el calentamiento del adhesivo (18b) mediante la
 50 excitación del conductor eléctrico, de modo que una corriente mayor que la corriente estimada del bobinado de
 transformador fluya a través del conductor eléctrico.
9. Método según la reivindicación 2, que comprende además la formación de un segundo bobinado de transformador
 (11a, 11b, 11c) con un segundo conductor eléctrico (16), que conecta el segundo conductor eléctrico (16) del segundo
 bobinado de transformador (11a, 11b, 11c) con el suministro de energía (120), y la excitación del conductor eléctrico
 (16) del primer bobinado de transformador (10a, 10b, 10c) y el segundo conductor eléctrico (16) del segundo bobinado
 55 de transformador (11a, 11b, 11c) en una base simultánea utilizando el suministro de energía (120).
10. Método según la reivindicación 1, que comprende además la provisión de un voltímetro (122) y un amperímetro
 (124), el acoplamiento eléctrico del voltímetro (122) y del amperímetro (124) al conductor eléctrico (16), y la medición
 del voltaje a través del conductor eléctrico y una corriente mayor que la corriente estimada del bobinado de
 transformador (10a, 10b, 10c) utilizando el voltímetro y el amperímetro.
- 60 11. Método según la reivindicación 10, que comprende además el cálculo de la temperatura (T_d) del conductor eléctrico
 (16) en un tiempo dado, basado en la resistencia (R_d) del conductor eléctrico en el tiempo dado, una resistencia inicial

(R_0) del conductor eléctrico, y una temperatura inicial (T_0) del conductor eléctrico.

5 12. Método según la reivindicación 11, que comprende además el cálculo de la resistencia (R_d) del conductor eléctrico (16) en un tiempo dado, basado en un voltaje que pasa a través del conductor eléctrico en el tiempo dado y una corriente mayor que la corriente estimada del bobinado de transformador (10a, 10b, 10c) en el tiempo dado.

13. Método según la reivindicación 6, donde el rango predeterminado es aproximadamente entre $130^\circ\text{C} \pm 15^\circ\text{C}$.

10 14. Método según la reivindicación 7, donde el periodo predeterminado es de veinte a noventa minutos aproximadamente.

15 15. Método según la reivindicación 1, donde reducir progresivamente una corriente mayor que la corriente estimada del bobinado de transformador (10a, 10b, 10c) desde un valor inicial hasta que la temperatura del conductor eléctrico se estabilice dentro del rango predeterminado, comprende la reducción de una corriente mayor que la corriente estimada del transformador en incrementos de aproximadamente 1°C .

16. Método según la reivindicación 1, donde el material electroaislante es papel kraft recubierto de un patrón de diamante de resina epoxy termoendurecida.

20 17. Método según la reivindicación 1, donde el bobinado de un conductor eléctrico en una primera pluralidad de vueltas comprende el bobinado del conductor eléctrico alrededor de un eje de bobinado de un núcleo del transformador.

18. Método según la reivindicación 1, donde el adhesivo (18b) es el estado "B" del adhesivo epoxy.

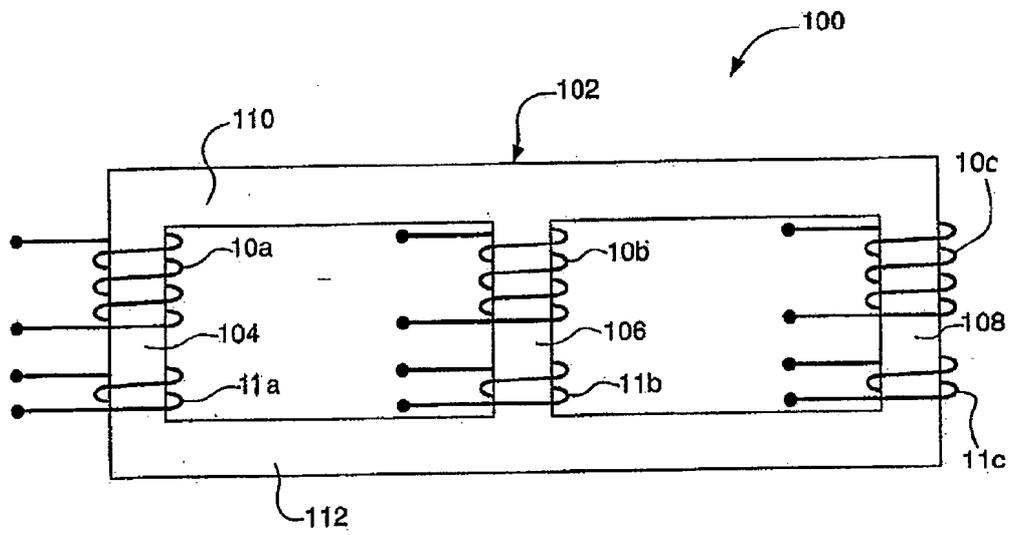


FIG. 1

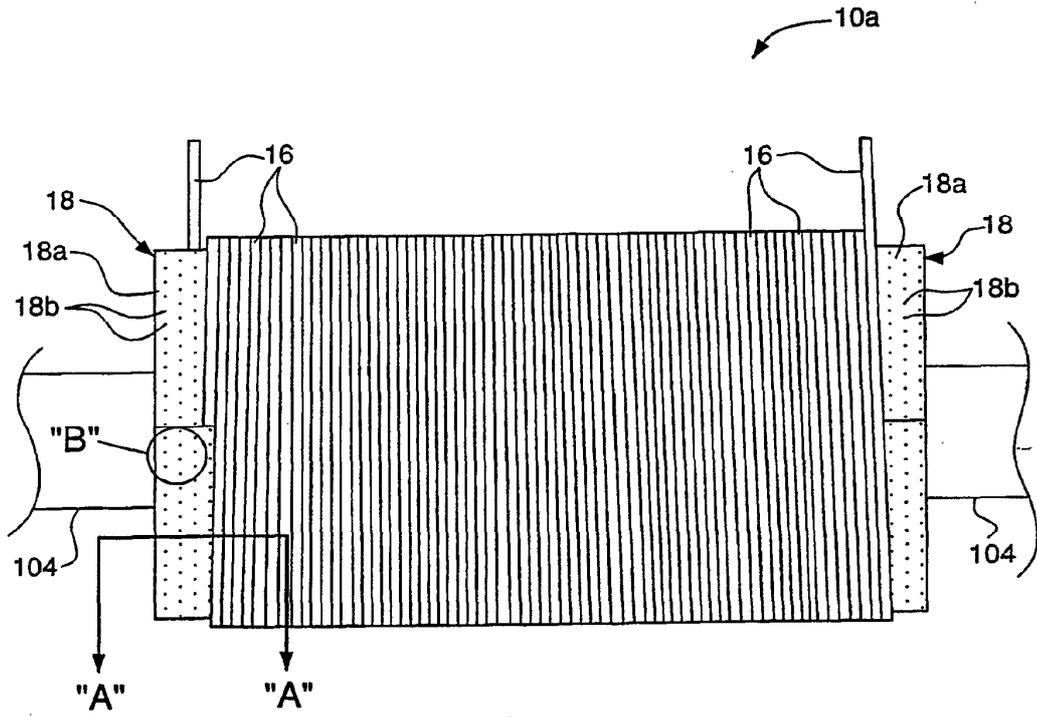


FIG. 2

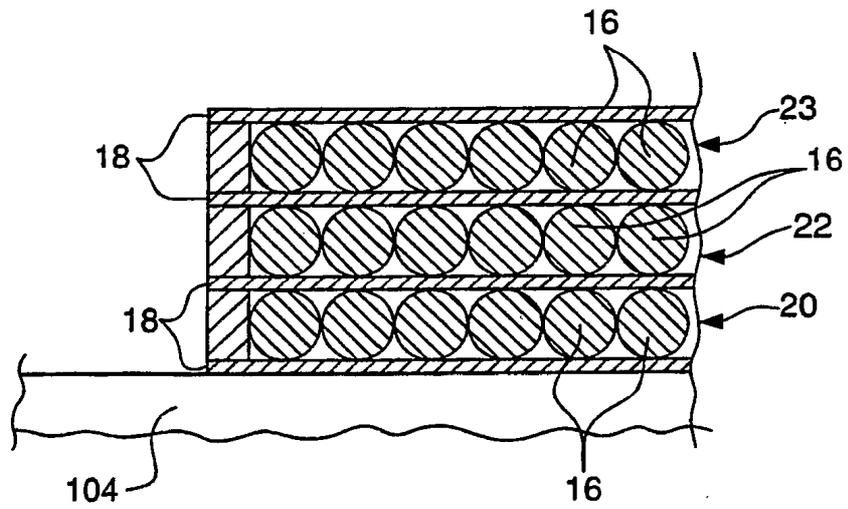


FIG. 3

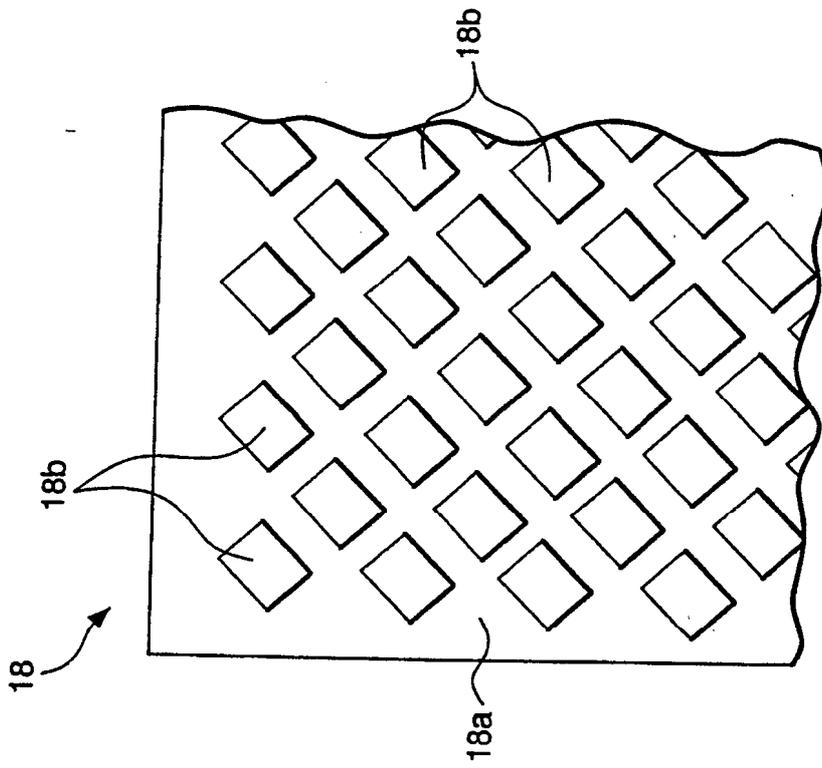


FIG. 4

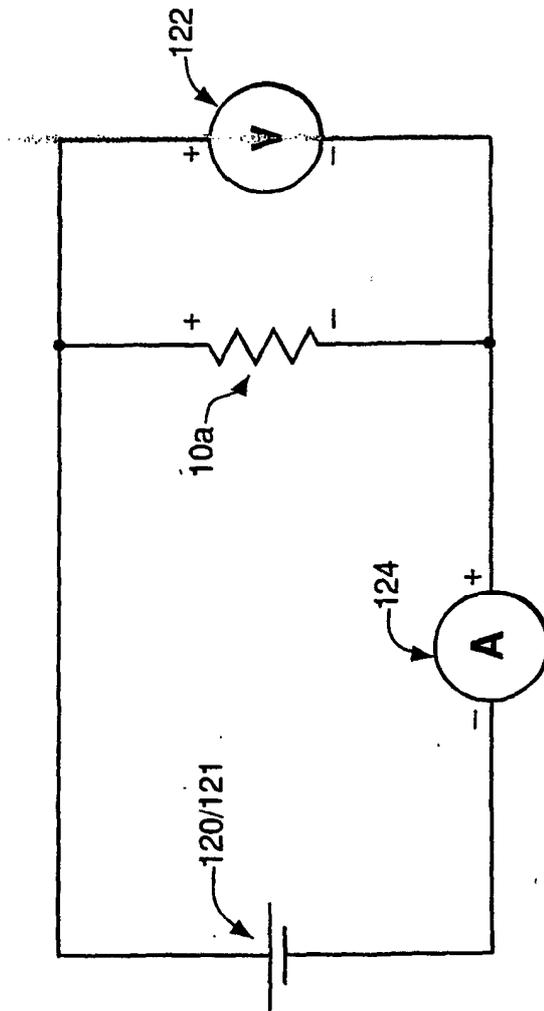


FIG. 5