(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 530 055**

(51) Int. Cl.:

H01F 27/08 (2006.01)
H01F 27/28 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.02.2011** **E 11001245 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.11.2014** **EP 2490231**

(54) Título: **Sistema de refrigeración para transformadores secos**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.02.2015

(73) Titular/es:

ABB TECHNOLOGY AG (100.0%)
Affolternstrasse 44
8050 Zürich, CH

(72) Inventor/es:

BOCKHOLT, MARCOS;
CORNELIUS, FRANK;
TEPPER, JENS;
ESENLIK, BURAK;
PATEL, BHAVESH;
WEBER, BENJAMIN;
IORDANIDIS, ARTHOUROS;
SMAJIC, JASMIN;
STEINMETZ, THORSTEN y
GALLETTI, BERNARDO

(74) Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 530 055 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

Sistema de refrigeración para transformadores secos

La invención se refiere a un transformador seco, incluyendo un núcleo de transformador con al menos dos elementos paralelos, yugos superiores e inferiores asociados y al menos dos bobinas cilíndricas huecas, cada una dispuesta alrededor de un elemento.

Es conocido que se usan transformadores secos por ejemplo en sistemas de distribución de potencia eléctrica o en sistemas de potencia locales por ejemplo en aplicaciones marinas. Hay disponibles transformadores secos de potencia con niveles de voltaje de entre 1 kV y 60 kV con una potencia de régimen de entre 100 kVA y varios MVA por ejemplo. Los transformadores secos evitan el uso de aceite como medio de aislamiento y refrigeración. Por una parte, esto tiene la ventaja de un esfuerzo de mantenimiento significativamente reducido, menos peligro de incendio y una inocuidad medioambiental más alta. Por otra parte, se requiere un mayor esfuerzo de refrigeración, dado que no se ha previsto la circulación de ningún medio refrigerante líquido alrededor de las bobinas de transformador. Debido a las inevitables pérdidas eléctricas durante la operación de un transformador, las bobinas de transformador son una fuente de energía calorífica.

El material aislante de una bobina de transformador se caracteriza por una temperatura de régimen máxima, por ejemplo 150°C. Si se supera esta temperatura, la consecuencia podría ser una pérdida de la capacidad de aislamiento. Tampoco el conductor eléctrico de la bobina de transformador, que se hace por ejemplo de cobre o aluminio, deberá exceder de un cierto límite. La resistencia eléctrica del conductor aumentará con el aumento de temperatura y con él las pérdidas eléctricas. Por lo tanto, es ventajoso tener una distribución de temperatura dentro de la bobina de transformador, que sea lo más homogénea posible y evitar el esfuerzo puntual.

Por ello, para enfriar las bobinas de un transformador eléctrico hay que prever medios, que proporcionen una distribución de temperatura reducida y homogénea dentro de las bobinas de transformador cuando el transformador esté en operación. Un transformador incluye típicamente tres bobinas, que están dispuestas en paralelo en los elementos de un núcleo de transformador que por su parte están dispuestos perpendiculares a lo largo de un yugo lineal. Durante la operación de dicho transformador, la bobina interior, que está adyacente en dos lados de las otras dos bobinas, tiene típicamente una temperatura más alta que las otras bobinas dado que se aplica radiación de calor desde dichas bobinas adyacentes situadas encima. Dado que las bobinas de transformador suelen ser idénticas debido a razones de construcción, no se logra ni una distribución de temperatura homogénea entre las tres bobinas ni una distribución de temperatura homogénea dentro de las bobinas propiamente dichas.

Este problema se intensifica dentro de una disposición de bobinas de transformador en forma poligonal respectivamente triangular. En este caso, el efecto de que cada bobina aplica radiación de calor en las otras bobinas se incrementa aún más, especialmente en la zona central axial de dicho transformador. Debido a una disposición de rotación más o menos simétrica de las bobinas de forma triangular, las distribuciones de calor entre las bobinas son comparables, mientras que la distribución de temperatura dentro de las bobinas propiamente dichas resulta menos dispar. Durante la operación de dicho transformador, las partes de las bobinas dentro de la zona central axial tendrán una temperatura más alta que las partes de fuera sin aplicación de radiación de calor de las bobinas contiguas.

El documento de patente WO 99/17309 A2 y WO 98/34238 A1 describen un transformador/reactor de potencia devanado con cable de alto voltaje y provisto tanto de una capa semiconductora exterior como de medios de espaciación donde los medios de espaciación están dispuestos para separar cada devanado en la dirección radial con el fin de crear conductos de refrigeración cilíndricos coaxiales.

El documento de Patente US 6160464 A describe un transformador de tipo seco que tiene un núcleo de hierro, con bobinas de alto voltaje y bajo voltaje encapsuladas en resina fundida. Los devanados de voltaje alto y bajo se pueden fundir por separado o conjuntamente. Una o ambas bobinas pueden tener canales de refrigeración axiales integrales, como también el espacio anular axial entre los devanados interior y exterior.

El documento FR 2 435 791 A1 describe un transformador-rectificador de alto voltaje incluyendo un transformador elevador trifásico con un circuito magnético tridimensional que consta de tres columnas verticales, cada una de las cuales consta de una serie de núcleos cerrados aislados uno de otro, montados, cada uno de ellos, en un bastidor aislante que tiene una abertura común y que soporta secciones de un devanado secundario. A los efectos de una mejor refrigeración, se mejora la superficie exterior de los núcleos.

El documento FR 2 518 306 A1 describe un transformador de alto voltaje triangular y un método de fabricación respectivo.

En base a este estado de la técnica, el objetivo de la invención es proporcionar un sistema de refrigeración mejorado para transformadores secos, que evita las desventajas antes mencionadas.

Este problema se resuelve con un transformador seco de dicho tipo. Se caracteriza por un sistema de refrigeración incluyendo un diafragma a modo de pared entre cada bobina adyacente que está en paralelo a la orientación de los elementos donde los diafragmas a modo de pared forman un tipo de chapas de guía para un flujo de aire natural adicional, donde los diafragmas a modo de pared están alargados en la dirección del eje central virtual, de modo que se facilita una disposición a modo de estrella de los diafragmas a modo de pared y donde la disposición a modo de estrella incluye una chimenea alrededor del eje central virtual, que se prevé usar como canal de refrigeración interior para un flujo de aire natural.

El diafragma a modo de pared, cuya altura corresponde preferiblemente al menos a la altura axial de las bobinas, evita, por una parte, la radiación de calor entre bobinas adyacentes. Por lo tanto, la radiación de calor se aplica en los diafragmas de modo que su temperatura aumente. El transformador está orientado típicamente de tal forma que también las bobinas y los diafragmas estén orientados verticalmente. Así, el diafragma forma una chapa de guía para un flujo de aire natural adicional de arriba abajo a través del transformador. Este flujo de aire reducirá la temperatura dentro de la zona de las bobinas adyacentes. Para aumentar este efecto, la superficie del diafragma podría estar dotada de un color que absorba calor, tal como negro por ejemplo. Además, el diafragma se podría hacer de un material que proporcione una buena conductividad térmica, de modo que el diafragma actúe adicionalmente como elemento de refrigeración, que transfiera calor desde la zona entre dos bobinas adyacentes a una zona exterior. En este caso, el diafragma tiene que estar alargado sobre la zona, donde se aplica radiación de calor de las bobinas. Así, el calor del diafragma se disipa desde las zonas alargadas a un colector de calor dentro del entorno.

Así, el enfriamiento de un transformador, respectivamente sus bobinas, se mejora de forma ventajosa.

Los elementos paralelos están dispuestos a modo de polígono alrededor de un eje central virtual paralelo a ellos. El eje central virtual está situado dentro de la zona central axial del transformador. Tal disposición proporciona, por una parte, ventajas con relación al diseño del transformador, pero, por la otra, se crea un tipo de punto caliente en la zona central axial. Los diafragmas entre bobinas adyacentes son alargados en la dirección del eje central virtual, de modo que se facilita una disposición a modo de estrella de los diafragmas. Así, se logra un efecto de refrigeración mejorado dentro de la zona central axial de temperatura crítica, mientras que no se requiere espacio adicional significativo para dicho sistema de refrigeración.

Los elementos paralelos están dispuestos a modo de triángulo alrededor de un eje central virtual paralelo a ellos, mientras que se disponen tres bobinas en total, lo que es usual para transformadores en redes trifásicas. Las ventajas de dicha disposición son comparables a las mencionadas anteriormente, mientras que se prevé preferiblemente un triángulo equilátero. Por lo tanto, se logra una simetría absoluta de la disposición (ángulo 120°) y la distribución de temperatura entre las tres bobinas es comparable.

Los diafragmas son alargados en la dirección del eje central virtual de modo que se facilita una disposición a modo de estrella de los diafragmas a modo de pared. Dicho módulo de refrigeración a modo de estrella es fácil de premontar de modo que el esfuerzo de montar o mantener tal transformador se reduce de forma ventajosa. Además, los diafragmas singulares están preferiblemente conectados térmicamente, de modo que, en caso de una carga dispar, respectivamente generación de calor, de las diferentes bobinas, se logre una distribución más homogénea de la temperatura dentro del transformador.

El módulo de refrigeración a modo de estrella incluye una chimenea alrededor del eje central virtual, que se prevé usar como canal de refrigeración interior. Así, por una parte, se incrementa de forma ventajosa la superficie de interacción del módulo de refrigeración, lo que es importante para cualquier interacción térmica. Además, dicha chimenea mejora el flujo de aire natural, el aire frío procedente de la parte inferior se calienta y sube debido a la menor densidad.

Según otras realizaciones de la invención, se facilita un medio para una transferencia de calor mejorada desde la chimenea a un colector de calor. Éste podría ser, por ejemplo, un tipo de ventilador, que incremente la velocidad del aire a través de la chimenea. Opcionalmente, tal ventilador incluye la funcionalidad de regulación que controla la velocidad del ventilador dependiendo de la temperatura real de las partes interiores del transformador y la temperatura medioambiental, por ejemplo. Se puede pensar naturalmente en otros medios tal como tubos de calor, respectivamente intercambiadores de calor, para realizar una transferencia de calor mejorada dentro de la chimenea.

Según otra realización de la invención también se prevé proporcionar al menos un evaporador de un tubo de calor en una conexión de termoconducción con al menos uno de los diafragmas. Los diafragmas se hacen preferiblemente de un material con buenas características de conducción de calor, de modo que la transferencia de calor de los diafragmas se mejore de forma ventajosa.

Según otra realización de la invención, se colocan nervios y/o aletas en la superficie de los diafragmas, preferiblemente en orientación vertical, de modo que no se bloquee o reduzca un flujo de aire de abajo arriba del transformador, respectivamente el diafragma. Los nervios o aletas aumentan de forma ventajosa la superficie de

interacción entre el diafragma y el aire, de modo que se logra un efecto de refrigeración mejorado.

Según una realización preferida de la invención, los diafragmas tienen una forma convexa, que se adapta a la forma exterior de las bobinas adyacentes. Así, la distancia radial entre la superficie de la bobina y la superficie del diafragma convexo asociado es más o menos igual, de modo que la radiación de calor desde la bobina al diafragma convexo es aproximadamente homogénea. Así, la distribución de temperatura dentro del diafragma convexo también es homogénea de modo que la transferencia de calor se mejora de nuevo. En una realización muy preferida, tres diafragmas convexos crean un módulo de refrigeración a modo de estrella con chimenea dentro. En este caso, se logra una sección transversal bastante alta de la chimenea en un lado, mientras que la radiación térmica de las tres bobinas se aplica de forma homogénea en la superficie de los diafragmas.

Según una realización de la invención, los diafragmas, respectivamente los módulos de refrigeración, se hacen al menos en parte de un metal. Los metales como aluminio, cobre o acero por ejemplo tienen buena conductividad térmica. Esto es necesario en el caso de que no se prevea usar los diafragmas solamente como chapa de guía del flujo de aire, sino también como elemento de refrigeración.

Según otro aspecto de la invención, los diafragmas, respectivamente los módulos de refrigeración, se hacen al menos en parte de un material dieléctrico. Un material dieléctrico es un aislante eléctrico que puede ser polarizado por un campo eléctrico aplicado. Cuando se coloca un dieléctrico en un campo eléctrico, no fluyen cargas eléctricas a través del material, como en un conductor, sino que solamente se desvían ligeramente de sus posiciones de equilibrio medias produciendo polarización dieléctrica. El uso de un material dieléctrico podría ser útil para influir en la distribución de potencial eléctrico entre las bobinas en una disposición asimétrica.

Según otra realización de la invención, al menos un diafragma, respectivamente un módulo de refrigeración, está conectado con termoconducción con al menos una parte del núcleo de transformador. Dado que la temperatura del núcleo de transformador, que se hace típicamente de hojas de metal apiladas, no es muy crítica, el núcleo de transformador propiamente dicho puede ser usado como elemento de refrigeración. Así, un diafragma asociado, respectivamente un módulo de refrigeración, se deberá hacer de un material conductor de calor tal como un metal, mientras que la energía calorífica aplicada es transferida parcialmente por la conexión de termoconducción al núcleo de transformador. La superficie adicional del núcleo de transformador es adecuada para interactuar térmicamente con el entorno, respectivamente el aire circundante, de modo que se logra un efecto de refrigeración adicional.

En una realización preferida de la invención, la conexión de termoconducción incluye manguitos con hendidura rodeando un yugo asociado del núcleo de transformador. Los manguitos propiamente dichos están conectados con un diafragma del sistema de refrigeración, que es preferiblemente alargado por la altura axial de la bobina, de modo que el yugo asociado esté dispuesto a través del diafragma. Así se logra buena conductividad térmica entre el diafragma y el yugo. Naturalmente, hay que evitar la inducción de un voltaje en un bucle conductor cerrado alrededor del yugo. Así, también los manguitos tienen que estar hendidos a lo largo de su dirección axial como el diafragma que rodea el yugo, si se usa un material conductor eléctrico. Debido a razones de estabilidad, las hendiduras asociadas se podrían llenar con un material aislante, tal como cola epoxi.

Según otra realización de la invención, la conexión de termoconducción incluye al menos una tira termoconductora que termina en una parte apilada del núcleo de transformador. Así se aplica directamente energía calorífica del diafragma al núcleo de transformador que se usa como elemento de refrigeración adicional.

Otras realizaciones ventajosas de la invención se exponen en las reivindicaciones dependientes.

La invención se explicará mejor ahora por medio de una realización ejemplar y con referencia a los dibujos acompañantes, en los que:

La figura 1 representa un núcleo de transformador triangular ejemplar.

La figura 2 representa un transformador seco triangular ejemplar con sistema de refrigeración.

La figura 3 representa varias variantes de módulos de refrigeración ejemplares.

Y la figura 4 representa una sección de un transformador con sistema de refrigeración.

La figura 1 representa un núcleo de transformador triangular esquemático ejemplar 10 en una vista tridimensional. Alrededor de un eje central vertical virtual 18 se ha colocado tres elementos de transformador 12, 14, 16 en forma triangular en paralelo al eje central virtual 18. La orientación vertical del núcleo de transformador, respectivamente los elementos 12, 14, 16 representados en esta figura, corresponde a la orientación de un transformador real asociado. Tres yugos inferiores horizontales 20, 22, 24 y tres yugos superiores horizontales 26, 28, 30 están dispuestos en la misma forma triangular y están conectados con los elementos 12, 14, 16. Así, los bucles magnéticos de los tres elementos 12, 14, 16 se cierran sobre los yugos 20, 22, 24, 26, 28, 30 también en esta forma de núcleo triangular. Los elementos y yugos se indican esquemáticamente con líneas negras, mientras que un

núcleo de transformador real requiere naturalmente una cierta sección transversal para la conducción del flujo magnético. Así, un núcleo de transformador real incluye por ejemplo un mayor número de hojas de metal apiladas que están dispuestas en una estructura de bucle. La sección transversal de un elemento o yugo es preferiblemente algo redonda y rectangular entremedio.

Una bobina 32 se indica como cilindro de puntos alrededor del elemento 16, mientras que se ha previsto una bobina 32 para cada uno de los tres elementos 12, 14, 16, de modo que se forme un transformador trifásico. Cada bobina cilíndrica hueca 32 incluye un devanado de voltaje bajo, que está dispuesto preferiblemente en su zona radial interior. En la zona radial exterior de la bobina 32 se ha colocado un devanado de alto voltaje. Los devanados de bajo voltaje están conectados eléctricamente así como los devanados de alto voltaje. Se colocan opcionalmente canales de refrigeración que se extienden en dirección axial a través de las bobinas 32. La altura de un diafragma, que no se representa en esta figura, es preferiblemente al menos tan grande como la altura de la bobina 32 para evitar la radiación de calor entre bobinas adyacentes 32.

La figura 2 representa un transformador seco triangular ejemplar con un sistema de refrigeración en vista superior 40. Las partes visibles del núcleo de transformador de esta vista superior son tres yugos 42, 44, 46, que están dispuestos en una forma de triángulo equilátero. Los elementos asociados 58, 60, 62, que son perpendiculares a los yugos, se indican con círculos de puntos. Alrededor de los elementos 58, 60, 62 se ha colocado bobinas asociadas 52, 54, 56. La forma de triángulo equilátero es ventajosa dado que con ello se logra una distribución homogénea de calor entre las bobinas 52, 54, 56. La distribución de calor dentro de una bobina 52, 54, 56 es en su mayor parte no homogénea, dado que la zona radial interior del transformador, que está situada alrededor del eje virtual 48, es una zona con mayor temperatura debido a la radiación térmica entre las bobinas 52, 54, 56. Un primer módulo de refrigeración 50, que consta de tres diafragmas de forma convexa, está dispuesto alrededor del eje virtual 48 entre las bobinas adyacentes 52, 54, 56.

Esta forma especial del módulo de refrigeración tiene, por una parte, la ventaja de que la distancia desde la superficie radial exterior de las bobinas 52, 54, 56 a la superficie de los diafragmas del primer módulo de refrigeración 50 es más o menos la misma de modo que la radiación de calor se aplica de forma homogénea en el módulo de refrigeración desde las bobinas. El espacio interior del módulo de refrigeración 50 es una chimenea 64, que está formada por los lados interiores de los diafragmas convexos. Esta chimenea 64 es adecuada como canal de refrigeración para un flujo de aire natural de abajo arriba. Naturalmente, es posible realizar el efecto de refrigeración asociado, por ejemplo, con un ventilador, que incrementa la cantidad de aire del entorno que fluye a través de esta chimenea. También se puede pensar en alimentar aire refrigerado a través de esta chimenea 64 para aumentar el efecto de enfriamiento.

La figura 3 representa varias variantes de módulos de refrigeración ejemplares en una vista general esquemática 70. La primera variante 72 es un módulo de refrigeración a modo de estrella con diafragmas planos 70, que están dispuestos simétricamente alrededor de una chimenea 76. Una segunda variante 80, que no es parte de la presente invención, no incluye una chimenea para refrigeración mejorada, sino varios nervios de refrigeración 80 en la superficie de los diafragmas asociados. Naturalmente, es posible combinar los nervios representados en la segunda variante 78 con las otras variantes 72, 82, 88. La orientación de los nervios 80 deberá ser preferiblemente vertical, de modo que el flujo de aire de abajo arriba del transformador no lo impidan los nervios 80 dispuestos transversalmente. La tercera variante 82 representa un módulo de refrigeración formado por tres diafragmas convexos que están dispuestos alrededor de un eje central virtual 84. La forma convexa de los diafragmas está adaptada a la forma exterior de bobinas de transformador asociadas, que no se representan en este esbozo. La cuarta variante 88 corresponde en su mayor parte a la primera variante 72, pero se ha previsto una chimenea 92 de mayor diámetro y los diafragmas 90 están acortados radialmente. El mayor diámetro de la chimenea 92 en comparación con la primera variante 72 tiene el efecto de que la distancia entre la superficie exterior de las bobinas adyacentes y la chimenea 92 varía, de modo que la radiación de la bobina no es reflejada parcialmente de nuevo a la bobina por la chimenea 92, sino que va al entorno exterior en mayor medida.

La figura 4 representa una sección de un transformador con sistema de refrigeración en vista superior 100. Un yugo 116 está dispuesto encima entre dos elementos, donde se ha dispuesto bobinas cilíndricas huecas 112 y 114. Un módulo de refrigeración 118 con una chimenea 120 está dispuesto dentro de la zona central axial del transformador. Un diafragma 102 del módulo de refrigeración 118 es alargado en la dirección del eje central virtual no representado, de modo que el yugo 116 pase a través de un agujero, colocado dentro del diafragma 102. Para lograr una mejor conductividad de calor del diafragma se supone que se hace de metal. Así, hay que prever dentro del diafragma al menos una hendidura, que interrumpe cualquier bucle conductor cerrado alrededor del yugo 116. De otro modo se induciría un voltaje durante la operación del transformador de modo que fluiría una corriente indeseable a lo largo de este bucle.

Para mejorar la transferencia de calor desde el diafragma 102, que durante la operación del transformador es calentado por las bobinas 112 y 114, se ha previsto manguitos 104 y 108, que rodean una sección del yugo 116. Naturalmente también los manguitos 104, 108 se hacen de un material termoconductor tal como un metal. También los manguitos 104, 108 están provistos de una hendidura 106, 110 para interrumpir eléctricamente un bucle conductor alrededor del yugo 116.

Lista de signos de referencia

10: núcleo de transformador triangular ejemplar

12: primer elemento del núcleo de transformador triangular ejemplar

14: segundo elemento del núcleo de transformador triangular ejemplar

16: tercer elemento del núcleo de transformador triangular ejemplar

18: eje central virtual del núcleo de transformador triangular ejemplar

20: primer yugo inferior del núcleo de transformador triangular ejemplar

22: segundo yugo inferior del núcleo de transformador triangular ejemplar

24: tercer yugo inferior del núcleo de transformador triangular ejemplar

26: primer yugo superior del núcleo de transformador triangular ejemplar

28: segundo yugo superior del núcleo de transformador triangular ejemplar

30: tercer yugo superior del núcleo de transformador triangular ejemplar

32: bobina cilíndrica hueca dispuesta alrededor del tercer elemento

40: transformador seco triangular ejemplar con sistema de refrigeración

42: primer yugo superior

44: segundo yugo superior

46: tercer yugo superior

48: eje virtual

50: primer módulo de refrigeración

52: primera bobina

54: segunda bobina

56: tercera bobina

58: primer elemento

60: segundo elemento

62: tercer elemento

64: primera chimenea

70: varias variantes de los módulos de refrigeración ejemplares

72: primera variante del módulo de refrigeración

74: diafragma a modo de pared de la primera variante de módulo de refrigeración

76: segunda chimenea

78: segunda variante del módulo de refrigeración

80: aletas/nervios

82: tercera variante del módulo de refrigeración

84: eje virtual

86: segunda chimenea

88: cuarta variante del módulo de refrigeración

90: diafragma a modo de pared de la cuarta variante de módulo de refrigeración

92: tercera chimenea

100: sección de un transformador con sistema de refrigeración

102: diafragma alargado a modo de pared

104: primer manguito

106: primera hendidura

108: segundo manguito

110: segunda hendidura

112: cuarta bobina

114: quinta bobina

116: yugo parcialmente rodeado por manguitos

118: módulo de refrigeración

120: cuarta chimenea

REIVINDICACIONES

1. Transformador seco (40), incluyendo

- un núcleo de transformador (10) con tres elementos paralelos (12, 14, 16, 58, 60, 62) y yugos superiores (26, 28, 30, 42, 44, 46) e inferiores (20, 22, 24) asociados,

- donde los elementos paralelos (12, 14, 16, 58, 60, 62) están dispuestos en triángulo alrededor de un eje central virtual (18, 48, 84) paralelo a ellos,

- tres bobinas cilíndricas huecas (32, 52, 54, 56, 112, 114), cada una dispuesta alrededor de un elemento (12, 14, 16, 58, 60, 62),

caracterizado por

- un sistema de refrigeración incluyendo un diafragma a modo de pared (74, 90, 102) entre cada bobina adyacente (52, 54, 56; 112, 114) que está en paralelo a la orientación de los elementos (12, 14, 16, 58, 60, 62),

- donde los diafragmas a modo de pared forman unas chapas de guía para un flujo de aire natural adicional,

- donde los diafragmas a modo de pared (74, 90, 102) son alargados en la dirección del eje central virtual (18, 48, 84), de modo que se facilita una disposición a modo de estrella de los diafragmas a modo de pared (74, 90, 102) y

- donde la disposición a modo de estrella incluye una chimenea (64, 76, 86, 92, 120) alrededor del eje central virtual (18, 48, 84), que se prevé usar como canal de refrigeración interior para un flujo de aire natural.

2. Transformador seco según la reivindicación 1, donde se ha colocado un intercambiador de calor para una transferencia de calor mejorada desde la chimenea (64, 76, 86, 92, 120) a un colector de calor.

3. Transformador seco según la reivindicación 1 o 2, donde al menos un evaporador de un tubo de calor está conectado a al menos uno de los diafragmas (74, 90, 102).

4. Transformador seco según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde nervios y/o aletas (80) se han colocado en la superficie de los diafragmas (74, 90, 102).

5. Transformador seco según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde los diafragmas (74, 90, 102) tienen una forma convexa, que está adaptada a la forma exterior de las bobinas adyacentes (32, 52, 54, 56, 112, 114).

6. Transformador seco según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde los diafragmas (74, 90, 102), respectivamente los módulos de refrigeración (50, 72, 78, 82, 88), se hacen al menos en parte de un metal.

7. Transformador seco según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde los diafragmas (74, 90, 102), respectivamente los módulos de refrigeración (50, 72, 78, 82, 88), se hacen al menos en parte de un material dieléctrico.

8. Transformador seco según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde al menos un diafragma (74, 90, 102), respectivamente los módulos de refrigeración (50, 72, 78, 82, 88), está conectado de forma termoconductora con al menos una parte del núcleo de transformador (10).

9. Transformador seco según la reivindicación 8, donde la conexión de termoconducción incluye manguitos (104, 108) con hendidura (106, 110) rodeando un yugo asociado (20, 22, 24, 26, 28, 30, 42, 44, 46, 116).

10. Transformador seco según la reivindicación 8 o 9, donde la conexión de termoconducción incluye al menos una tira que termina en una parte apilada del núcleo de transformador (10).

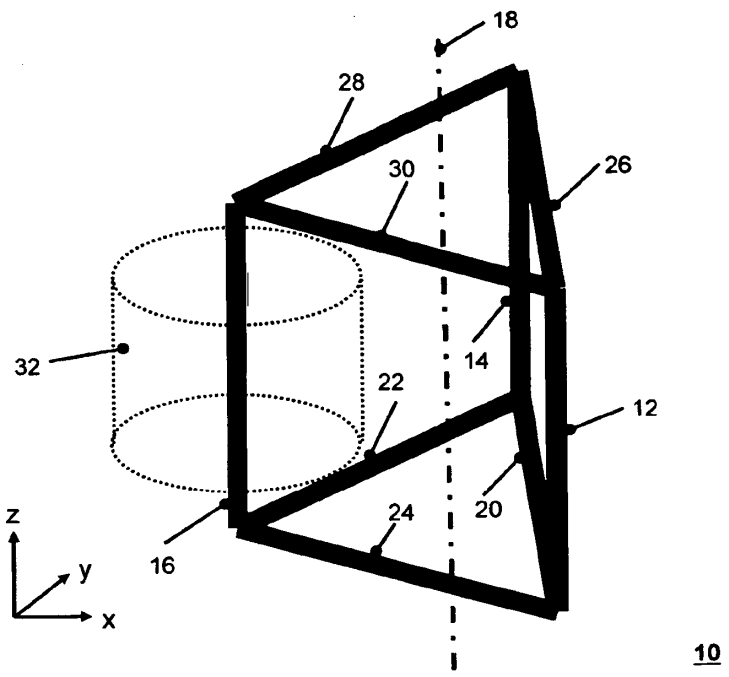
18
28
30
26
32
14
22
12
20
24
16
z
y
x
10

Fig. 1

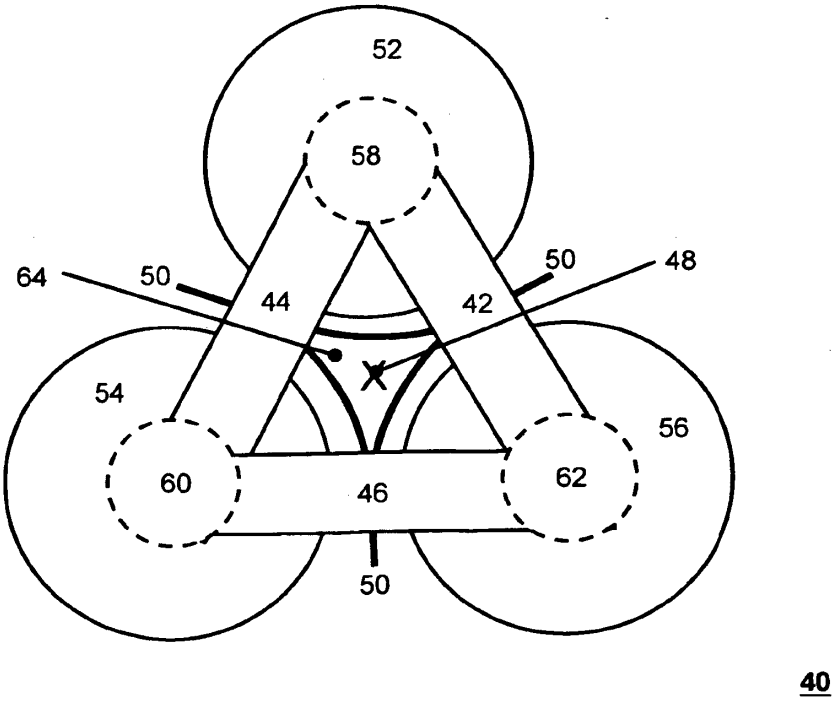
52
58
64
50
44
42
50
48
54
56
60
46
62
50
40

Fig. 2

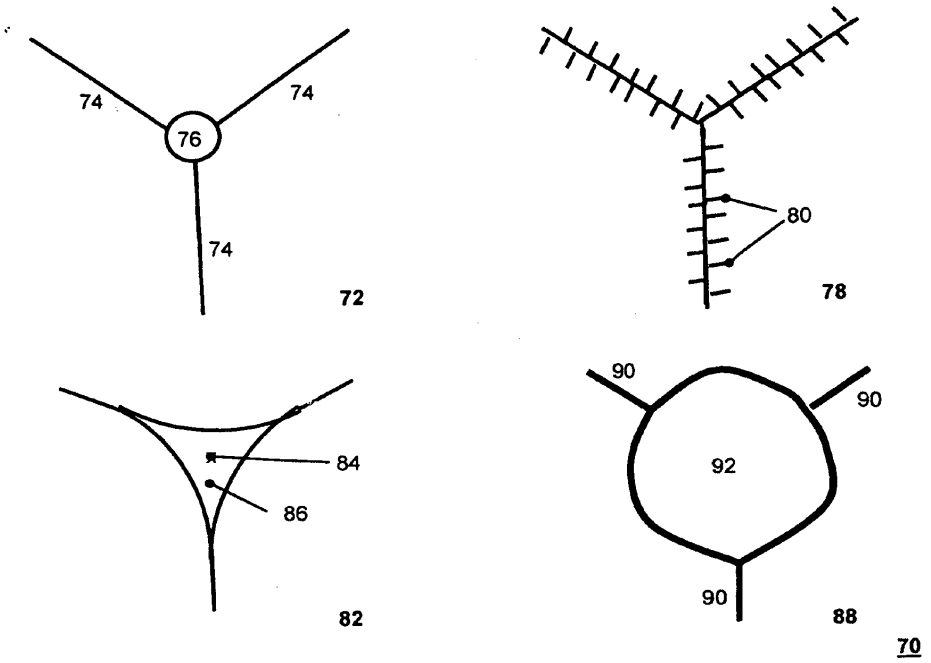
74
74
76
74
72
80
78
84
86
82
90
90
92
90
88
70

Fig. 3

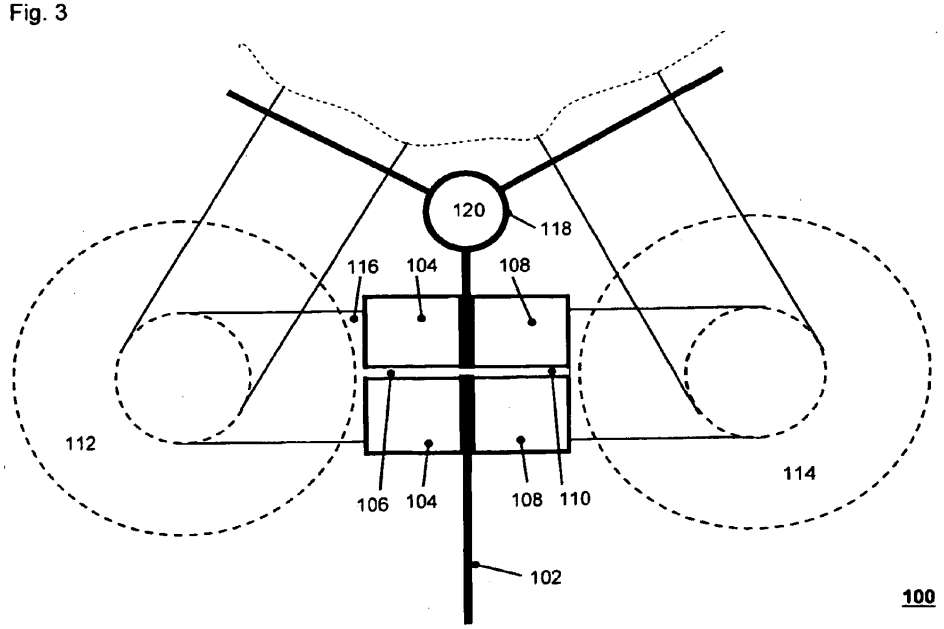
120
118
116
104
108
112
114
106
104
108
110
102
100

Fig. 4