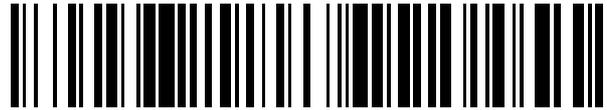


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 437 750**

51 Int. Cl.:

H01F 27/20 (2006.01)

H01F 27/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.11.2010 E 10781873 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2013 EP 2502242**

54 Título: **Transformador eléctrico con diafragma y método de enfriarlo**

30 Prioridad:

17.11.2009 EP 09176206

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

14.01.2014

73 Titular/es:

**ABB RESEARCH LTD (100.0%)
Affolternstrasse 44
8050 Zürich, CH**

72 Inventor/es:

**GALLETTI, BERNARDO;
IORDANIDIS, ARTHOUROS;
SMAJIC, JASMIN y
CARLEN, MARTIN**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 437 750 T3

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

DESCRIPCIÓN

Transformador eléctrico con diafragma y método de enfriarlo

5 Algunos aspectos de la invención se refieren a un transformador eléctrico, en particular a un transformador eléctrico que tiene una caja, y que también tiene, más en concreto, un conjunto de núcleo magnético y al menos dos conjuntos de bobina dispuestos en él. Otros aspectos se refieren a un método de enfriar dicho transformador eléctrico.

10 **Antecedentes técnicos:**

Los transformadores eléctricos son cada vez más potentes con el tiempo, y capaces de transformar voltajes, corrientes y potencia cada vez más altos. Una limitación importante de tales transformadores, especialmente los transformadores secos, es su refrigeración. Si la refrigeración es insuficiente, algunas partes del transformador pueden sobrecalentarse. Tanto la generación de calor como la refrigeración se distribuyen por lo general de forma no homogénea en el transformador, y por lo tanto puede haber algunas porciones de sobrecalentamiento local (puntos calientes) en el transformador. Dicho sobrecalentamiento local puede reducir drásticamente la duración y la fiabilidad del transformador.

20 Por lo tanto, se usan varios esquemas de refrigeración para enfriar los transformadores. Por ejemplo, US 2.751.562 describe un transformador de tipo seco con refrigeración por aire. El transformador incluye un elemento deflector que se extiende desde una superficie interior de la caja de transformador a junto a la periferia exterior de un devanado del transformador, con un espacio entre la periferia exterior del elemento de devanado y el borde adyacente del elemento deflector.

25 WO 02082478 describe un transformador monofásico refrigerado por líquido y sumergido en líquido que está encerrado en un depósito y usa un sistema de tubo para guiar en paralelo el líquido refrigerante a través de cámaras cilíndricas que rodean los devanados de un primer y un segundo elemento de núcleo, respectivamente.

30 GB 691849 describe un transformador refrigerado por líquido que está encerrado en un depósito y en cuyo depósito el líquido refrigerante es guiado en paralelo a través de conductos de fluido de cada una de las dos disposiciones de bobina desde una entrada en la parte inferior de la pared lateral del depósito a una salida en la parte superior de la pared lateral del depósito. Se ha previsto un diafragma con orificios que empuja el líquido refrigerante a través de los orificios al espacio entre la superficie exterior de las patas de núcleo magnético y un cilindro adyacente que soporta las bobinas de transformador.

35 US 2388565 describe un transformador sumergido en aceite dispuesto en un depósito con una circulación refrigerante en serie que se ha dispuesto a través de los conductos interiores de una primera y una segunda disposición de bobina. El aceite circula desde un orificio de admisión en el lado inferior a través de varios conductos de la primera disposición de bobina y pasa a un compartimiento a lo largo del exterior de la primera y segunda disposición de bobina. A continuación, el aceite circula desde el compartimiento a varios conductos de la segunda disposición de bobina y sale mediante una cámara separada en el lado inferior debajo de la segunda disposición de bobina a través de una abertura de escape.

45 US 2615075 describe un transformador sumergido en aceite provisto de un refrigerador en forma de un radiador fuera del depósito de transformador. El aceite circula desde el lado inferior al lado superior del depósito a través de conductos de fluido que están formados entre el núcleo magnético y bobinas circundantes.

50 Otros transformadores con medios de refrigeración de dicha clase se describen por ejemplo en DE 909122, DE 1563160, US 2927736 y US 2459322.

Sin embargo, en el transformador anterior, queda espacio para la mejora de la eficiencia de refrigeración.

Resumen de la invención

55 En vista de lo anterior, se facilita un transformador eléctrico según la reivindicación 1, y un método según la reivindicación 12. Otras ventajas, características, aspectos y detalles que se pueden combinar con realizaciones aquí descritas son evidentes a partir de las reivindicaciones dependientes, la descripción y los dibujos.

60 Según un primer aspecto, un transformador eléctrico de tipo seco incluye una caja; un conjunto de núcleo magnético dispuesto dentro de la caja, teniendo el conjunto de núcleo magnético un primer elemento de núcleo; un primer conjunto de bobina está dispuesto coaxialmente alrededor del primer elemento de núcleo y radialmente separado de él por un primer conducto interior de fluido gaseoso que se extiende axialmente situado entre el primer elemento de núcleo y el primer conjunto de bobina, teniendo el primer conjunto de bobina una primera bobina exterior; y al menos un diafragma dispuesto dentro de la caja, estando el diafragma esencialmente sellado a la primera bobina exterior.

- 5 El conjunto de núcleo magnético incluye un segundo elemento de núcleo, y el transformador eléctrico también incluye un segundo conjunto de bobina que tiene una segunda bobina exterior. El segundo conjunto de bobina está dispuesto coaxialmente alrededor del segundo elemento de núcleo y radialmente separado de él por un segundo conducto interior de fluido gaseoso que se extiende axialmente situado entre el segundo elemento de núcleo y el segundo conjunto de bobina. El al menos único diafragma puede estar esencialmente sellado a la segunda bobina exterior y preferiblemente también a una bobina exterior de un tercer conjunto de bobina, y/o posiblemente también a al menos una porción del conjunto de núcleo. El al menos único diafragma se puede disponer para guiar un fluido gaseoso de refrigeración en serie a través del primer conducto interior de fluido gaseoso y a través del segundo conducto interior de fluido gaseoso.
- 10 El conjunto de núcleo magnético también tiene un tercer elemento de núcleo, y el transformador eléctrico incluye además un tercer conjunto de bobina coaxialmente dispuesto alrededor del tercer elemento de núcleo y radialmente separado de él por un tercer conducto interior de fluido que se extiende axialmente situado entre el tercer elemento de núcleo y el tercer conjunto de bobina. Dos diafragmas están dispuestos para guiar el fluido gaseoso de refrigeración en serie a través de los conductos interiores de fluido primero, segundo y tercero.
- 15 Según otro aspecto, un transformador eléctrico de tipo seco incluye una caja; un conjunto de núcleo magnético dispuesto dentro de la caja, teniendo el conjunto de núcleo magnético al menos un primer elemento de núcleo dispuesto dentro de la caja; un primer conjunto de bobina coaxialmente dispuesto alrededor del primer elemento de núcleo y radialmente separado de él por un primer conducto interior de fluido gaseoso que se extiende axialmente situado entre el primer elemento de núcleo y el primer conjunto de bobina, teniendo el primer conjunto de bobina una primera bobina exterior; al menos un diafragma dispuesto dentro de la caja para guiar un fluido gaseoso refrigerante a través del primer conducto interior de fluido y a continuación por la primera bobina exterior. El fluido gaseoso de refrigeración no circula por la primera bobina exterior directamente después de fluir a través del primer conducto interior de fluido, es decir, hay cierto flujo entre ellos. Por otra parte, el flujo aquí descrito deberá estar dentro de un solo ciclo de refrigeración, es decir, en el caso de un fluido gaseoso refrigerante circulante, el fluido no puede ser refrigerado de nuevo, por ejemplo, en un intercambiador de calor entre dos de los pasos aquí descritos uno después del otro.
- 20 Los elementos de núcleo primero y segundo pueden ser paralelos uno a otro. Además, los al menos dos diafragmas se pueden disponer para guiar el fluido refrigerante a través del primer conducto interior de fluido y el segundo conducto interior de fluido en zigzag. Aquí, zigzag significa que los al menos dos diafragmas están dispuestos para guiar el fluido refrigerante a lo largo de un recorrido de fluido refrigerante que tiene una primera porción en el primer conducto interior de fluido y una segunda porción en el segundo conducto interior de fluido, siendo la primera y la segunda porción antiparalelas una a otra. El recorrido de fluido refrigerante tiene una tercera porción en el tercer conducto interior de fluido, y la segunda porción es antiparalela a la primera porción y a la tercera porción.
- 25 Además, se puede disponer al menos dos diafragmas para guiar el fluido gaseoso de refrigeración por el exterior de la primera bobina exterior después de haber sido guiado a través del primer y del segundo conducto interior de fluido gaseoso, y con el paso de guiar el fluido gaseoso de refrigeración a través de un tercer conducto interior de fluido gaseoso.
- 30 Además, la caja puede tener al menos una entrada de fluido gaseoso refrigerante para que entre fluido gaseoso refrigerante frío antes de la refrigeración y al menos una salida de fluido gaseoso refrigerante para dejar salir el fluido gaseoso refrigerante calentado después de la refrigeración; aquí el fluido gaseoso de refrigeración es en concreto aire. La salida puede estar dispuesta, en concreto, en un lado de la caja de transformador que mira al exterior de al menos uno de los conjuntos de bobina, y a una altura axial entre los extremos del conjunto de bobina. La salida se puede disponer en un lado de la caja esencialmente paralelo a los ejes de los conjuntos de bobina primero y segundo.
- 35 Además, la caja puede estar sellada. El transformador puede incluir además un intercambiador de calor para enfriar el fluido refrigerante después de haber completado un ciclo de refrigeración. El fluido refrigerante puede ser un gas refrigerante, tal como aire, N₂ y/o SF₆.
- 40 El transformador eléctrico de tipo seco puede incluir además un dispositivo generador de flujo de fluido para generar activamente un flujo o circulación del fluido refrigerante, especialmente un ventilador de gas en el caso de que el fluido sea un gas. El ventilador de gas puede estar adaptado para crear una cierta diferencia de presión dentro de la caja. El al menos único diafragma se puede disponer de modo que la diferencia de presión promueva o guíe el flujo del gas refrigerante como se describe aquí.
- 45 El primer conjunto de bobina puede incluir una bobina de alto voltaje y una bobina de bajo voltaje, siendo especialmente la bobina de alto voltaje la bobina exterior del primer conjunto de bobina. También se puede aplicar lo mismo para el segundo y el tercer conjunto de bobina.
- 50 Uno de los dos diafragmas está esencialmente sellado a una porción de la caja. El primer elemento de núcleo y el segundo elemento de núcleo se pueden extender en paralelo uno a otro a lo largo de un eje vertical (esto define un
- 55
- 60
- 65

eje o dirección vertical). Entonces, uno de los dos diafragmas puede tener una porción horizontal que se extienda en un plano horizontal (es decir, un plano sustancialmente perpendicular al eje vertical) y una porción vertical que se extienda en un plano vertical (es decir, un plano sustancialmente paralelo al eje vertical). La porción horizontal y la porción vertical pueden estar conectadas por una porción de unión esencialmente sellada al aire refrigerante de manera que desvíen el aire refrigerante. La porción de unión puede tener forma de L o de T. Los diafragmas pueden incluir al menos dos porciones de diafragma horizontales (posiblemente desplazadas verticalmente una con respecto a otra) y al menos dos porciones de diafragma verticales (posiblemente conectada cada una a una porción respectiva de las porciones de diafragma horizontales por una respectiva porción de unión en forma de L). El diafragma se puede extender desde un lado al otro de la caja.

El transformador eléctrico de tipo seco puede ser un transformador rectificador (también llamado convertidor). Además, el transformador eléctrico puede estar adaptado para un voltaje de entrada de más de 1 kV. El transformador puede ser un transformador exterior.

Según otro aspecto, se facilita un método de enfriar un transformador eléctrico de tipo seco usando un fluido gaseoso de refrigeración. El método incluye: guiar el fluido refrigerante a través del primer conducto interior de fluido gaseoso enfriando por ello el primer elemento de núcleo y el primer conjunto de bobina al menos parcialmente; y guiar el fluido gaseoso de refrigeración desde el primer conducto interior de fluido gaseoso a través del segundo conducto interior de fluido gaseoso enfriando por ello al menos parcialmente el segundo elemento de núcleo y el segundo conjunto de bobina y guiando el gas refrigerante desde el segundo conducto interior de fluido gaseoso a través del tercer conducto interior de fluido gaseoso enfriando por ello al menos parcialmente el tercer elemento de núcleo y el tercer conjunto de bobina; y desviar y guiar el gas refrigerante por uno de dos diafragmas de tal manera que fluya dentro de un volumen de bobina extra a lo largo de los lados exteriores de las bobinas exteriores tercera, segunda y primera después de haber sido guiado a través del tercer conducto interior de fluido gaseoso.

Según otro aspecto, un método de enfriar un transformador eléctrico usando un fluido gaseoso de refrigeración incluye: guiar el fluido gaseoso de refrigeración a través del primer conducto interior de fluido enfriando por ello el primer elemento de núcleo y el primer conjunto de bobina al menos parcialmente; y guiar el fluido gaseoso de refrigeración que se ha calentado dentro del primer conducto interior de fluido por la primera bobina exterior enfriando por ello la primera bobina exterior.

La invención también se refiere a aparatos para llevar a cabo los métodos descritos e incluyendo partes de aparato para realizar cada uno de los pasos descritos del método. Estos pasos del método pueden ser realizados por medio de componentes de hardware, un ordenador programado por software apropiado, por cualquier combinación de los dos o de cualquier otra manera. Además, la invención también se refiere a métodos por los que opera el aparato descrito. Incluye pasos del método para llevar a cabo cada función del aparato o fabricar cada parte del aparato.

Breve descripción de las figuras:

La invención se entenderá mejor por referencia a la descripción siguiente de realizaciones de la invención tomada en unión con los dibujos acompañantes, donde:

La figura 1 es una vista en sección transversal lateral de un transformador eléctrico, aquí incluido a efectos ilustrativos.

La figura 2 es una vista en sección transversal lateral de un transformador eléctrico según una primera realización de la invención.

La figura 3 es una vista en perspectiva del transformador eléctrico de la figura 2.

Y la figura 4 es una vista en sección transversal lateral de un transformador eléctrico.

Descripción detallada de las figuras y de las realizaciones:

Ahora se hará referencia en detalle a las varias realizaciones, de las que se ilustra uno o más ejemplos en cada figura. Cada ejemplo se ofrece a modo de explicación y no se entiende como limitación. Por ejemplo, las características ilustradas o descritas como parte de una realización pueden ser usadas en o en unión con cualquier otra realización para obtener otra realización. Se ha previsto que la presente descripción incluya tales modificaciones y variaciones.

Dentro de la descripción siguiente de los dibujos, los mismos números de referencia se refieren a los mismos componentes o similares. En general, solamente se describen las diferencias con respecto a las realizaciones individuales. A no ser que se especifique lo contrario, la descripción de una parte o aspecto de una realización se aplica también a una parte o aspecto correspondiente de otra realización.

La figura 1 es una vista lateral en sección transversal de un transformador eléctrico de tipo seco 1. En comparación

con los transformadores sumergidos en aceite, dicho transformador de tipo seco se puede instalar más próximo al punto de utilización final, reduciendo en consecuencia las pérdidas de cable de carga, puesto que casi no tienen riesgo de incendio y explosión. La ausencia de líquidos inflamables y contaminantes también hace que los transformadores secos sean atractivos para aplicaciones con requisitos muy estrictos de seguridad y medioambientales. Por otra parte, el diseño térmico de dicho transformador seco es exigente.

El transformador 1 incluye una caja 10 que define un volumen de caja interior. La caja puede incluir, por ejemplo, acero inoxidable, o algún otro material suficientemente robusto. El transformador 1 incluye además un núcleo de tres elementos 20 y tres conjuntos de bobina 30, 40, 50, colocado cada conjunto de bobina alrededor de un elemento respectivo del núcleo 20. Los elementos tienen forma cilíndrica, y también los conjuntos de bobina tienen forma cilíndrica y están dispuestos concéntricamente con relación al elemento respectivo. Alternativamente, es posible, por ejemplo, una forma rectangular del elemento y las bobinas, en cuyo caso de nuevo el conjunto de bobina puede estar dispuesto coaxialmente con relación al elemento respectivo. El núcleo 20 es generalmente ferromagnético y puede incluir, por ejemplo, hierro ferromagnético.

Cada uno de los conjuntos de bobina 30, 40, 50 incluye dos bobinas (por ejemplo, las bobinas 52 y 54 del tercer conjunto de bobina 50) coaxialmente dispuestas alrededor del elemento de núcleo respectivo. Además, un número diferente de bobinas es posible, por ejemplo una bobina, o tres bobinas por conjunto de bobina. El conjunto de bobina puede incluir por ejemplo una bobina HV (adaptada para un voltaje de más de 1 kV) y/o una bobina LV. Por ejemplo, la bobina interior 54 puede ser una bobina LV, y la bobina exterior 52 puede ser una bobina HV, o viceversa.

Se desarrollan pérdidas electromagnéticas, como una fuente de calor, tanto en el núcleo (siendo las pérdidas dominantes pérdidas por histéresis y corriente transitoria) como en los devanados (siendo las pérdidas dominantes pérdidas óhmicas y por corriente transitoria). Aquí, el calor es alejado por un flujo de aire o de algún otro fluido refrigerante (a continuación, solamente se describirá la refrigeración por aire para mayor definición). Para una refrigeración eficiente, el gas refrigerante se hace circular a través de conductos de gas refrigerante formados en los conjuntos de bobina 30, 40, 50. Por ejemplo, el conjunto de bobina 50 (más exactamente, su bobina interior 54) está radialmente separado del elemento de núcleo del núcleo 20, definiendo por ello un conducto interior de gas 58 situado entre el elemento de núcleo y el conjunto de bobina 50. Además, las bobinas 52 y 54 están radialmente separadas una de otra, definiendo por ello un conducto de gas entre bobinas 56 situado entre dichas bobinas. Lo anterior se aplica igualmente a los otros conjuntos de bobina 30 y 40. El aire como gas refrigerante que circula a través de estos conductos de gas y a lo largo del exterior de los conjuntos de bobina 30, 40, 50 puede alejar parte del calor.

El aire puede entrar en la caja 10 a través de una entrada y salir de la caja 10 a través de una salida de la caja 10 (no representadas en la figura 1). Típicamente, la entrada se coloca en la parte inferior de la caja, la salida para el aire calentado se coloca en la parte superior de la caja. En caso de condiciones ambientales exigentes, que pueden darse, por ejemplo, en barcos o en minas, la caja 10 también puede estar completamente sellada. Entonces se puede usar un sistema de intercambio térmico para transferir el calor fuera de la caja 10. Dentro de la caja 10 se puede forzar una corriente de aire refrigerante a lo largo del transformador y el intercambiador de calor usando uno o varios ventiladores o dispositivos similares.

El transformador de la figura 1 puede incluir, según otro ejemplo ilustrativo, una chapa (no representada en la figura 1) colocada horizontalmente en la caja 10, es decir, en un plano ortogonal a los ejes de los conjuntos de bobina 30, 40, 50, dividiendo por ello el volumen interior de la caja 10 en un volumen superior y un volumen inferior (cada uno de estos volúmenes es aproximadamente la mitad del volumen de la caja, es decir, la chapa está situada aproximadamente en el medio). La chapa tiene tres aberturas para los conjuntos de bobina 30, 40, 50, estando dimensionadas las aberturas de tal manera que haya intervalos entre la chapa y las circunferencias exteriores de los respectivos conjuntos de bobina 30, 40, y 50. Así, el volumen superior y el volumen inferior comunican a través de los conductos (por ejemplo, los conductos 56 y 58 del conjunto de bobina 50), y a través de los intervalos entre la chapa y las circunferencias exteriores de los conjuntos de bobina.

La figura 2 es una vista en sección transversal lateral de un transformador eléctrico 1 según una primera realización de la invención. El transformador tiene los elementos del transformador de la figura 1 y posiblemente de cualquiera de sus variaciones descritas anteriormente, de modo que la descripción anterior de la figura 1 también se aplica al transformador eléctrico 1 de la figura 2 a no ser que se indique lo contrario.

Además de los elementos representados en la figura 1, la figura 2 representa una entrada de aire 12 y una salida de aire 14 de la caja 10. La entrada de aire 12 permite que entre aire refrigerante a la caja para enfriar el transformador, y la salida 14 permite que el aire salga de la caja después de la refrigeración, es decir, después de que el calor haya sido transferido al aire. La salida 14 está dispuesta en un lado de la caja 10, es decir, una pared de caja más o menos paralela a los ejes definidos por los conjuntos de bobina 30, 40, 50, de tal manera que la salida 14 mire al exterior del conjunto de bobina 30, y a una altura axial (vertical) entre los extremos del conjunto de bobina 30.

Además, dos diafragmas 62, 64 están dispuestos dentro de la caja. Los diafragmas se hacen por ejemplo de un

- material aislante tal como un material compuesto, una resina, etc. El diafragma 62 se coloca horizontalmente en la caja 10, en un plano ortogonal a los ejes de los conjuntos de bobina 30, 40, 50. El diafragma 62 tiene una abertura para el conjunto de bobina 30 (más aberturas de los conjuntos de bobina restantes se describen más adelante). Además, en los bordes de esta abertura, el diafragma 62 está sellado esencialmente a la bobina exterior del conjunto de bobina 30 (esta bobina exterior se denomina a continuación primera bobina exterior; por lo general es una bobina HV), de tal manera que no haya esencialmente intervalos entre el diafragma 62 y la circunferencia exterior del conjunto de bobina 30. Aquí, que no hay esencialmente intervalos significa que no hay intervalos o escapes que cambiarían de forma significativa la forma en que el aire es guiado por el diafragma 62 (donde es aceptable una cierta tolerancia de flujo de aire mal guiado debido a que el sellado es imperfecto). Además, el diafragma 62 se extiende a una cara lateral de la caja 10 (la cara que tiene la entrada 12) y a una cara delantera y trasera de la caja 10 (las caras en el plano del dibujo de la figura 2) y está sellado esencialmente a estas caras. Además, una porción vertical del diafragma 68 está sellada al diafragma 62 y a una cara inferior de la caja 10, y también a las caras delantera y trasera de la caja 10.
- Por ello, como un aspecto general independiente de la presente realización, el diafragma 62 y la porción vertical de diafragma 68 forman un canal entre la entrada 12 y los conductos de aire 36, 38 del primer conjunto de bobina 30, que guía el aire desde la entrada 12 a los conductos de aire 36, 38, pero no al exterior de la primera bobina exterior. El canal no tiene esencialmente más aberturas que la entrada 12 y el (los) conducto(s) de aire 36, 38 del primer conjunto de bobina 30.
- Además, el diafragma 64 también está colocado horizontalmente en la caja 10, y verticalmente (es decir, axialmente) desviado con respecto al diafragma 62. El diafragma 64 tiene respectivas aberturas para los conjuntos de bobina primero y segundo 30 y 40. Además, en los bordes de estas aberturas, el diafragma 64 está sellado esencialmente a la primera y la segunda bobina exterior, respectivamente (siendo la segunda bobina exterior la bobina exterior del segundo conjunto de bobina 40), de tal manera que no haya esencialmente intervalos entre el diafragma 64 y las circunferencias exteriores de los conjuntos de bobina 30 y 40. Además, el diafragma 64 se extiende a la cara lateral de la caja 10 más próxima al conjunto de bobina 30 y a las caras delantera y trasera de la caja 10 y está sellado esencialmente a estas caras. Además, una porción vertical de diafragma 66 está sellada al diafragma 64 y a una cara superior de la caja 10, y también a las caras delantera y trasera de la caja 10.
- Por ello, como un aspecto general independiente de la presente realización, el diafragma 64 y la porción vertical de diafragma 66 forman un canal entre los conductos de aire 36, 38 del primer conjunto de bobina 30 y los conductos de aire 46, 48 del segundo conjunto de bobina 40, que guía el aire desde los conductos de aire 36, 38 a los conductos de aire 46, 48, pero no desde o al exterior de la primera/segunda bobina exterior. El canal no tiene esencialmente más aberturas que el (los) conducto(s) de aire 36, 38, 46, 48 del primer y del segundo conjunto de bobina 30, 40. De esta forma, el flujo es movido esencialmente por completo desde los conductos de aire 36, 38 dentro del primer conjunto de bobina 30 a los conductos de aire 46, 48 del segundo conjunto de bobina 40.
- Además, el diafragma 62 tiene respectivas aberturas para los conjuntos de bobina 40 y 50. En los bordes de estas aberturas, el diafragma 62 está sellado esencialmente a la segunda y la tercera bobina exterior, respectivamente (la tercera bobina exterior 52, véase también la figura 1, es la bobina exterior del tercer conjunto de bobina 50), de tal manera que no haya esencialmente intervalos entre el diafragma 62 y las circunferencias exteriores de los conjuntos de bobina 40 y 50. Además, el diafragma 62 se extiende a la cara lateral de la caja 10 más próxima al conjunto de bobina 50 y está sellado esencialmente a ella, es decir, el diafragma 62 se extiende de pared a pared de la caja 10.
- Por ello, como un aspecto general independiente de la presente realización, el diafragma 62 y la porción vertical de diafragma 68 sellada a él (véase anteriormente) forman un canal entre los conductos de aire 46, 48 del segundo conjunto de bobina 40 y los conductos de aire 56, 58 del tercer conjunto de bobina 50, que guía el aire desde los conductos de aire 46, 48 a los conductos de aire 56, 58, pero no desde o al exterior de la segunda/tercera bobina exterior. El canal no tiene esencialmente más aberturas que el (los) conducto(s) de aire 46, 48, 56, 58 del segundo y del tercer conjunto de bobina 40, 50.
- Como otro aspecto general independiente de la presente realización, hay un volumen de bobina extra para el aire refrigerante, rodeando el volumen el exterior de la tercera bobina exterior. Además, el volumen de bobina extra también rodea el exterior de la segunda y la primera bobina exterior, y se extiende a la salida 14. Una salida (lado superior) de los conductos de aire 56, 58 está conectada al volumen de bobina extra de modo que pueda fluir aire directamente desde los conductos de aire 56, 58 al volumen de bobina extra.
- Como otro aspecto general, los diafragmas 62, 64 están a nivel con los extremos axiales de los respectivos conjuntos de bobina. Como otro aspecto general, la salida 14 está dispuesta entre los planos horizontales definidos por los respectivos extremos axiales de los conjuntos de bobina 30, 40 y 50.
- Los diafragmas antes descritos 62, 64 y las porciones de diafragma verticales 66, 68 guían el aire refrigerante de la siguiente manera: en primer lugar, el aire refrigerante que entra en la caja 10 por la entrada 12 (representándose el flujo de aire refrigerante con la flecha 91) es guiado por el diafragma 62 y la porción vertical de diafragma 68 de manera que fluya a y a través de los conductos de aire 36, 38, enfriando por ello el primer elemento de núcleo y el

5 primer conjunto de bobina 30, pero de modo que no fluya esencialmente directamente a lo largo del exterior de la primera bobina exterior. A continuación, el aire que sale de los conductos de aire 36, 38 es guiado por el diafragma 64 y la porción vertical de diafragma 66 de manera que fluya a y a través de los conductos de aire 46, 48, enfriando por ello el segundo elemento de núcleo y el segundo conjunto de bobina 40, pero de modo que no fluya esencialmente directamente a lo largo del exterior de la segunda bobina exterior. A continuación, el aire que sale de los conductos de aire 46, 48 es guiado por el diafragma 62 y la porción vertical de diafragma 68 de manera que fluya a y a través de los conductos de aire 56, 58, enfriando por ello el tercer elemento de núcleo y el tercer conjunto de bobina 50, pero de modo que no fluya esencialmente directamente a lo largo del exterior de la tercera bobina exterior. A continuación, el aire que sale de los conductos de aire 56, 58 (representado con la flecha 93) es guiado de manera que fluya dentro del volumen de bobina extra (flecha 95) a lo largo de los lados exteriores de las bobinas exteriores tercera, segunda y primera (flecha 96), enfriando por ello sus superficies exteriores. A continuación, el aire es guiado a la salida 14 (flecha 98).

15 Unos ventiladores (no representados) pueden proporcionar una caída de presión que mejora el flujo de aire antes descrito. Los ventiladores se pueden disponer, por ejemplo, en la entrada 12 y/o en la salida 14, pero también dentro de otras partes de la caja 10 a lo largo del flujo de aire.

20 En resumen y según un aspecto independiente de la realización mostrada, los diafragmas 62, 64 y las porciones de diafragma verticales 66, 68 guían el aire esencialmente en serie a través del primer conducto interior de fluido 38 y el segundo conducto interior de fluido 48 (y también, si lo hay, a través del tercer conducto interior de fluido 58), de tal manera que el aire fluya primero a través del primer conducto interior de fluido 38 y a continuación a través del segundo conducto interior de fluido 48 (y, si lo hay, a continuación a través del tercer conducto interior de fluido 58). Según un aspecto relacionado, el aire es guiado de manera que fluya a través de los conductos del primer conjunto de bobina 30, el segundo conjunto de bobina 40 y el tercer conjunto de bobina 50 en serie.

25 Este flujo en serie se logra mediante los diafragmas 62, 64 que están esencialmente sellados a las bobinas exteriores de las disposiciones de bobina, de tal manera que el aire que fluye desde un volumen en un lado de estos diafragmas a un volumen en el otro lado de estos diafragmas se haga fluir a través de los respectivos interiores de las disposiciones de bobina, es decir, a través de los conductos 36, 38; 46, 48; 56, 58.

30 Según otro aspecto, los diafragmas 62, 64 y las porciones de diafragma verticales 66, 68 guían el flujo de aire de tal manera que los interiores de las disposiciones de bobina se enfríen primero. Solamente en un paso posterior el aire enfría la superficie exterior de las bobinas exteriores. El interior de las disposiciones de bobina precisa más refrigeración porque generalmente se genera más calor, hay menos superficie disponible para la extracción de calor, y no se dispone de refrigeración por radiación como un canal de refrigeración. Así, se usa aire refrigerante para enfriar las porciones interiores de los conjuntos de bobina que necesitan más refrigeración, y se usa aire más caliente al enfriar las porciones exteriores que necesitan menos refrigeración.

35 Así, los diafragmas están dispuestos de tal forma que guíen el flujo suavemente alrededor del núcleo y las bobinas, y para obtener una refrigeración más eficiente, haciendo que el aire se comporte como el fluido operativo en espirales de refrigeración.

40 La disposición de la figura 2 tiene las siguientes ventajas adicionales: dado que el aire es guiado estrechamente a las superficies calentadas a alta velocidad por la geometría y la disposición de los diafragmas y los conjuntos de bobina, es posible una refrigeración eficiente. Por lo tanto, se logra una reducción significativa de la temperatura tanto en las bobinas como en el núcleo. Especialmente, es posible una refrigeración eficiente en el caso de transformadores de tipo seco con caja, que tienen varias ventajas con respecto a los transformadores de aceite, pero que eran, en el pasado, más difíciles de enfriar. Por lo tanto, usando la disposición aquí descrita, es posible usar transformadores de tipo seco en casos en los que previamente era más difícil debido a los retos de refrigeración.

45 Además, la refrigeración eficiente es posible sin un aumento significativo de material o de los costos de fabricación. Incluso es posible disminuir el material o el costo del transformador a causa de la refrigeración más eficiente.

50 La figura 3 representa el transformador eléctrico de la figura 2 en una vista en perspectiva cortada verticalmente. La descripción de la figura 2 también se aplica a la figura 3. En la figura 3, el núcleo magnético 20 no se representa con el fin de mostrar más claramente los otros elementos. Las porciones de diafragma verticales 66, 68 tienen aberturas redondas 20' que permiten que el núcleo magnético pase a través de los diafragmas. Las porciones de diafragma verticales 66 y 68 están esencialmente selladas al núcleo magnético en los bordes de las aberturas 20'. Por la forma de las aberturas 20', se puede ver que el núcleo magnético 20 de la figura 2 tiene una sección transversal circular.

55 La figura 4 es una vista en sección transversal lateral de un transformador eléctrico, que difiere de la realización de la invención solamente en la disposición de los diafragmas. Los otros aspectos de la descripción de las figuras 1 a 3 se aplican también a la figura 4.

60 En la caja 10 del transformador de la figura 4, se ha dispuesto diafragmas 62 y 64. El diafragma 62 está colocado horizontalmente en la caja 10 (en un plano ortogonal a los ejes de los conjuntos de bobina 30, 40, 50). El diafragma

5 62 tiene tres aberturas, una para cada uno de los conjuntos de bobina 30, 40 y 50. Además, en los bordes de las respectivas aberturas, el diafragma 62 está esencialmente sellado a la bobina exterior del primer conjunto de bobina 30 (primera bobina exterior), la bobina exterior del segundo conjunto de bobina 40 (segunda bobina exterior), y a la bobina exterior del tercer conjunto de bobina 50 (tercera bobina exterior), de tal manera que no haya esencialmente intervalos entre el diafragma 62 y la circunferencia exterior del respectivo conjunto de bobina 30, 40 y 50. Además, el diafragma 62 se extiende dentro de la caja 10 de cara a cara y está esencialmente sellado a las caras de la caja.

10 Por ello, como un aspecto general independiente de la presente realización, el diafragma 62 forma un canal entre la entrada 12 y los conductos de aire del primer, segundo y tercer conjunto de bobina 30, 40 y 50. El canal conduce desde la entrada 12 a estos conductos de aire en paralelo. El canal no conduce (directamente) al exterior de la primera, segunda o tercera bobina exterior. El canal no tiene esencialmente más aberturas que la entrada 12 y los conductos de aire del primer, segundo y tercer conjunto de bobina 30, 40, 50.

15 Además, el diafragma 64 también está colocado horizontalmente en la caja 10, y desviado verticalmente (es decir, axialmente) con respecto al diafragma 62. El diafragma 64 tiene respectivas aberturas para los conjuntos de bobina 30 y 40. Además, en los bordes de estas aberturas, el diafragma 64 está esencialmente sellado a la primera y segunda bobina exterior, respectivamente, de tal manera que no haya esencialmente intervalos entre el diafragma 64 y las circunferencias exteriores de los conjuntos de bobina 30 y 40.

20 El diafragma 64 define un canal que conduce desde las aberturas superiores de los conjuntos de bobina 30 y 40 a un volumen de bobina extra para el aire refrigerante, estando el volumen en contacto directo con los lados exteriores de la primera, segunda y tercera bobina exterior 30, 40, 50.

25 Como otro aspecto general, los diafragmas 62, 64 están a nivel con los respectivos extremos axiales de los conjuntos de bobina.

30 Los diafragmas antes descritos 62 y 64 guían el aire refrigerante de la siguiente manera: en primer lugar, el aire refrigerante que entra en la caja 10 por la entrada 12 (flecha 91) es guiado esencialmente por el diafragma 62 de manera que fluya a y a través de los conductos de aire del primer, segundo y tercer conjunto de bobina 30, 40, 50 en paralelo (por ejemplo flecha 92), pero de modo que no fluya directamente a lo largo del exterior de sus bobinas exteriores. Por ello, el aire enfría el primer, segundo y tercer elemento de núcleo y el interior del primer, segundo y tercer conjunto de bobina 30, 40, 50. A continuación, el aire que sale de los conductos de aire de los conjuntos de bobina 30, 40, 50 (por ejemplo, flecha 93) es guiado esencialmente de manera que fluya dentro del volumen de bobina extra (flecha 95), moviéndose a lo largo del exterior de la tercera, segunda y primera bobinas exteriores (flecha 96), enfriando por ello sus superficies exteriores. A continuación, el aire es guiado a la salida 14 (flecha 98).

40 En resumen y según un aspecto independiente de la realización mostrada, los diafragmas 62, 64 y las porciones de diafragma verticales 66, 68 guían el aire esencialmente en paralelo a través del primer conducto interior de fluido 38 y el segundo conducto interior de fluido 48 (y también, si lo hay, a través del tercer conducto interior de fluido 58, véase también la figura 1). Según un aspecto relacionado, el aire es guiado de manera que fluya primero a través de los interiores de las disposiciones de bobina, y a continuación, a lo largo de las superficies exteriores de sus bobinas exteriores. La disposición de la figura 4 tiene la ventaja adicional de que las bobinas son enfriadas uniformemente.

45 También son posibles otras disposiciones alternativas de los diafragmas. Por ejemplo, como una alternativa a la realización de la figura 4, el diafragma superior 64 no tiene que estar sellado a las bobinas exteriores, y su tamaño se puede reducir o incluso se puede omitir. Por ejemplo, el tamaño se podría reducir de tal manera que el diafragma 64 contacte el conjunto de bobina 40. Alternativamente, el tamaño del diafragma superior 64 se podría aplicar de tal manera que contacte o incluso rodee el tercer conjunto de bobina 50. Además, se puede prever diafragmas verticales dividiendo la caja en tres porciones de volumen separadas, una por conjunto de bobina, y proporcionando una entrada y una salida separadas para cada porción de volumen.

50 Como otra alternativa a la primera o la segunda realización, la salida también podría estar situada en la cara superior de la caja, de modo que el aire sea guiado fuera de la caja sin pasar a través del volumen entre bobinas.

55 Como otra modificación a cualquiera de los transformadores de las figuras 2 a 4, la entrada 12 y la salida 14 se pueden omitir, de tal manera que la caja 10 esté sellada al exterior. Entonces, se puede disponer un intercambiador de calor para alejar el calor del aire circulante (por ejemplo, en la posición de la salida 14). Se puede disponer una bomba, ventilador o análogos de modo que haya un flujo de aire desde la primera posición de la salida 14 a la primera posición de la entrada 12.

60 Además, en lugar de aire, se puede proporcionar cualquier otro fluido gaseoso refrigerante en cualquiera de los aspectos y realizaciones antes descritos. El gas refrigerante puede ser (por ejemplo, aire; N₂; SF₆).

REIVINDICACIONES

1. Transformador eléctrico de tipo seco incluyendo

5 una caja (10);

un conjunto de núcleo magnético (20) dispuesto dentro de la caja, teniendo el conjunto de núcleo magnético un primer elemento de núcleo, un segundo elemento de núcleo y un tercer elemento de núcleo;

10 al menos tres conjuntos de bobina (30, 40, 50), de los que el primer conjunto de bobina (30) está dispuesto coaxialmente alrededor del primer elemento de núcleo y radialmente separado de él por un primer conducto de gas interior que se extiende axialmente (38) situado entre el primer elemento de núcleo y el primer conjunto de bobina, teniendo el primer conjunto de bobina (30) una primera bobina exterior,

15 un segundo conjunto de bobina (40) está dispuesto coaxialmente alrededor del segundo elemento de núcleo y radialmente separado de él por un segundo conducto de gas interior que se extiende axialmente (48) situado entre el segundo elemento de núcleo y el segundo conjunto de bobina, teniendo el segundo conjunto de bobina (40) una segunda bobina exterior;

20 un tercer conjunto de bobina (50) dispuesto coaxialmente alrededor del tercer elemento de núcleo y radialmente separado de él por un tercer conducto interior de gas que se extiende axialmente (58) situado entre el tercer elemento de núcleo y el tercer conjunto de bobina,

25 dos diafragmas (62, 64) dispuestos dentro de la caja, estando sellados esencialmente los dos diafragmas a la primera bobina exterior y estando sellados esencialmente a una porción de la caja y estando dispuestos para guiar un fluido gaseoso refrigerante en serie a través del primer conducto interior de gas (38), a través del segundo conducto interior de gas (48) y a través del tercer conducto interior de gas (58), donde una porción horizontal y otra vertical (66, 68) de cada uno de los dos diafragmas (62, 64) están conectadas por una porción de unión esencialmente sellada al fluido gaseoso de refrigeración de manera que desvíen el fluido gaseoso de refrigeración y de tal manera que guíen el fluido gaseoso de refrigeración de modo que fluya dentro de un volumen de bobina extra a lo largo de los lados exteriores de la bobina exterior tercera, segunda y primera después de haber sido guiado a través del tercer conducto interior de gas (58).

35 2. El transformador eléctrico según la reivindicación 1, donde los dos diafragmas (62, 64) están dispuestos dentro de la caja (10) para guiar un fluido gaseoso refrigerante esencialmente en serie a través del primer conducto interior de gas (38) y el segundo conducto interior de gas (48), de tal manera que durante la operación los dos diafragmas guíen el fluido gaseoso de refrigeración de manera que fluya primero a través del primer conducto interior de gas para enfriar al menos parcialmente el primer elemento de núcleo y el primer conjunto de bobina y a continuación a través del segundo conducto interior de gas para enfriar al menos parcialmente el segundo elemento de núcleo y el segundo conjunto de bobina.

45 3. El transformador eléctrico según alguna de las reivindicaciones precedentes, donde el primer y el segundo elemento de núcleo son paralelos uno a otro, y donde los dos diafragmas (62, 64) están dispuestos para guiar el fluido gaseoso de refrigeración a través del primer conducto interior de gas (38) y el segundo conducto interior de gas (48) en zigzag.

4. El transformador eléctrico según alguna de las reivindicaciones precedentes, donde la caja (10) tiene al menos una entrada de fluido gaseoso refrigerante (12) y al menos una salida de fluido gaseoso refrigerante (14).

50 5. El transformador eléctrico según alguna de las reivindicaciones 1 a 3, donde la caja (10) está sellada, incluyendo además el transformador un intercambiador de calor para enfriar el fluido gaseoso de refrigeración después de haber completado un ciclo de refrigeración.

55 6. El transformador eléctrico según alguna de las reivindicaciones precedentes, donde el primer conjunto de bobina (30) incluye una pluralidad de bobinas dispuestas coaxialmente alrededor del primer elemento de núcleo.

60 7. El transformador eléctrico según alguna de las reivindicaciones precedentes, donde el primer elemento de núcleo y el segundo elemento de núcleo se extienden en paralelo uno a otro a lo largo de un eje vertical, y donde el al menos único diafragma (62, 64) tiene la porción horizontal que se extiende en un plano horizontal y la porción vertical (66, 68) que se extiende en un plano vertical.

8. El transformador eléctrico según alguna de las reivindicaciones precedentes, donde una porción vertical (66) de un diafragma está sellada al diafragma (64) y a una cara superior de la caja (10), y a las caras delantera y trasera de la caja (10).

65 9. El transformador eléctrico según alguna de las reivindicaciones precedentes, donde una porción vertical (68) de un

diafragma está sellada al diafragma (62) y a una cara inferior de la caja (10), y a las caras delantera y trasera de la caja (10).

5 10. El transformador eléctrico según alguna de las reivindicaciones precedentes, donde un diafragma (64) está colocado verticalmente desviado con respecto al otro diafragma (62).

11. El transformador eléctrico según alguna de las reivindicaciones 1 a 7, donde los dos diafragmas (62, 64) incluyen al menos dos porciones de diafragma horizontales y al menos dos porciones de diafragma verticales.

10 12. Método de enfriar un transformador eléctrico de tipo seco (1) usando un fluido gaseoso refrigerante, incluyendo el transformador eléctrico

una caja (10), dos diafragmas (62, 64) dispuestos dentro de la caja (10);

15 un conjunto de núcleo magnético (20) dispuesto dentro de la caja, teniendo el conjunto de núcleo magnético un primer elemento de núcleo, un segundo elemento de núcleo y un tercer elemento de núcleo; al menos tres conjuntos de bobina, de los que

20 un primer conjunto de bobina (30) está dispuesto coaxialmente alrededor del primer elemento de núcleo y radialmente separado de él por un primer conducto de gas interior que se extiende axialmente (38) situado entre el primer elemento de núcleo y el primer conjunto de bobina;

25 un segundo conjunto de bobina (40) coaxialmente dispuesto alrededor del segundo elemento de núcleo y radialmente separado de él por un segundo conducto de gas interior que se extiende axialmente (48) situado entre el segundo elemento de núcleo y el segundo conjunto de bobina;

30 un tercer conjunto de bobina (50) coaxialmente dispuesto alrededor del tercer elemento de núcleo y radialmente separado de él por un tercer conducto interior de gas que se extiende axialmente (58) situado entre el tercer elemento de núcleo y el tercer conjunto de bobina;

incluyendo el método:

35 guiar el fluido gaseoso de refrigeración a través del primer conducto interior de gas (38) enfriando por ello al menos parcialmente el primer elemento de núcleo y el primer conjunto de bobina;

guiar el fluido gaseoso de refrigeración procedente del primer conducto interior de gas (38) a través del segundo conducto interior de gas (48) enfriando por ello al menos parcialmente el segundo elemento de núcleo y el segundo conjunto de bobina;

40 guiar el fluido gaseoso de refrigeración procedente del segundo conducto interior de gas (48) a través del tercer conducto interior de gas (58) enfriando por ello el tercer elemento de núcleo y el tercer conjunto de bobina al menos parcialmente; y

45 desviar y guiar el fluido gaseoso de refrigeración por los dos diafragmas (62, 64) de tal manera que fluya dentro de un volumen de bobina extra a lo largo de los lados exteriores de las bobinas exteriores tercera, segunda y primera después de haber sido guiado a través del tercer conducto interior de gas (58).

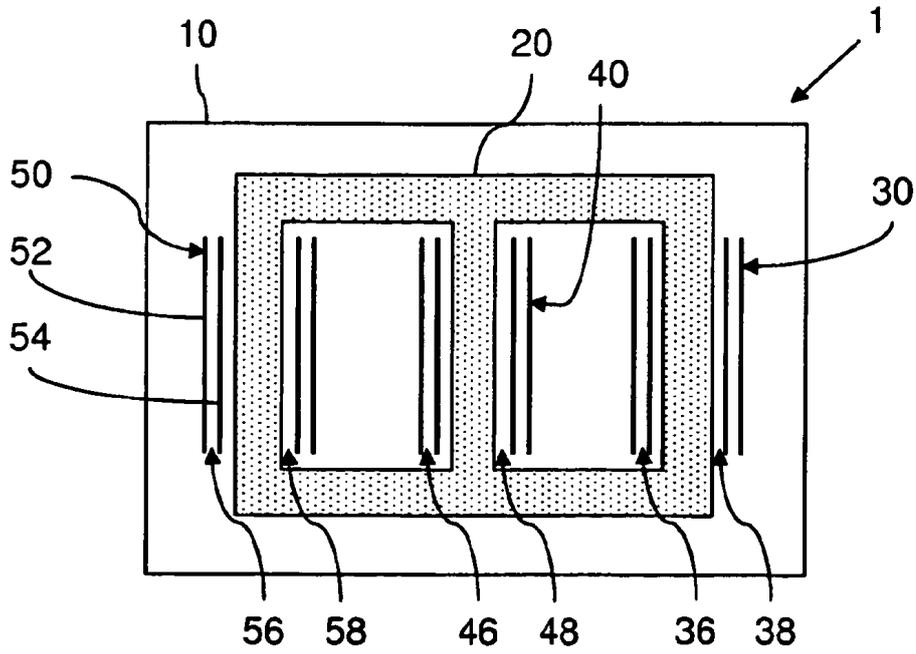


FIG. 1

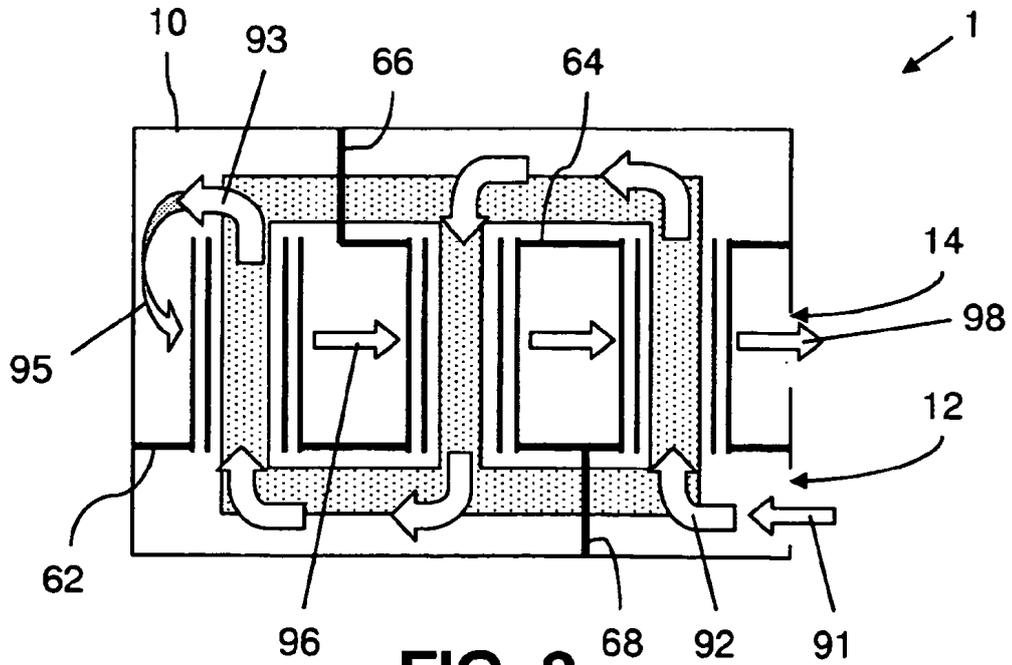


FIG. 2

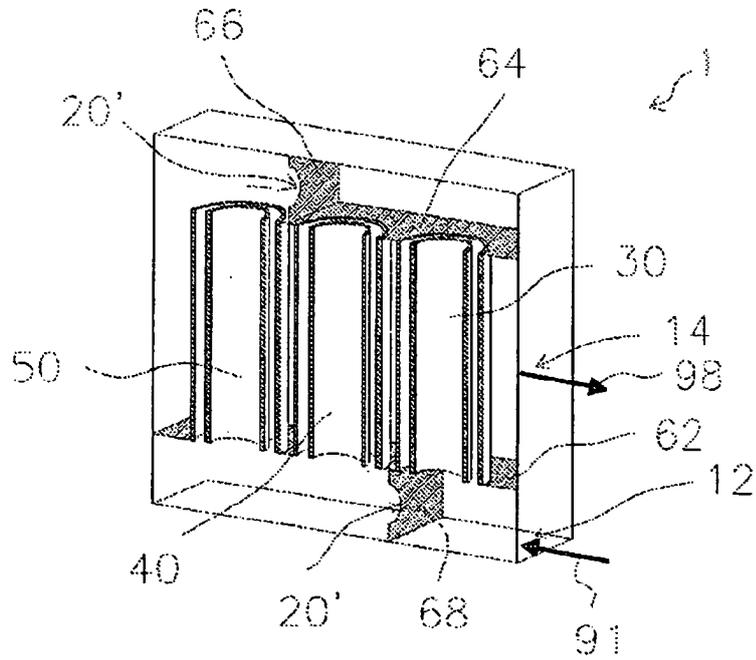


FIG. 3

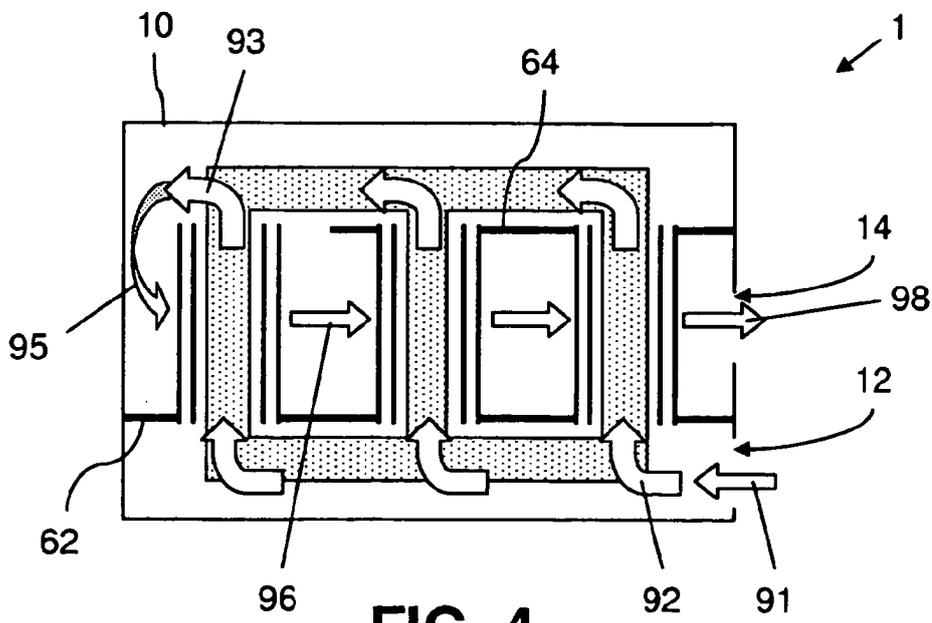


FIG. 4