

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 550 660**

51 Int. Cl.:

H02K 3/14 (2006.01)

H02K 3/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.12.2012 E 12196540 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.07.2015 EP 2744080**

54 Título: **Devanado de estator de un turbogenerador refrigerado directamente**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.11.2015

73 Titular/es:

**ALSTOM TECHNOLOGY LTD. (100.0%)
Brown Boveri Strasse 7
5400 Baden, CH**

72 Inventor/es:

HALDEMANN, JOHANN

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 550 660 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

Devanado de estator de un turbogenerador refrigerado directamente

ANTECEDENTES DEL INVENTO

- 5 El invento se refiere a la tecnología de máquinas eléctricas rotativas tales como turbogeneradores, hidro-generadores o motores eléctricos. Se refiere a un devanado de estator de una máquina eléctrica refrigerada directamente de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

TÉCNICA ANTERIOR

Las barras Roebel en las partes activas del devanado de estator de un turbogenerador son bien conocidas en la técnica (véanse los documentos citados a continuación).

- 10 Las barras Roebel enfriadas directamente con gas (hidrógeno) de devanados de estator de turbogenerador consisten de dos o cuatro apilamientos de hilos individuales. Entre ellos hay situados tubos de refrigeración no transpuestos. En barras Roebel simples el apilamiento de tubos de refrigeración está situado entre los dos apilamientos de hilos. Este también es el caso de una barra Roebel doble con un apilamiento de tubos de refrigeración en el centro de cada barra simple (en la barra en total hay dos apilamientos de tubos de refrigeración, véase el documento DE 100 59 385 A1 Fig. 15 1a). Estas disposiciones necesitan una transposición de los hilos que cruzan el apilamiento de tubos de refrigeración. En los extremos de la barra los hilos simples o haces de ellos son conectados a la siguiente barra "transponiendo" los hilos adicionalmente.

- En el caso de tener una barra Roebel doble que consiste de dos barras Roebel simples y un solo apilamiento de tubos de refrigeración entre ellas los hilos de las barras Roebel simples son transpuestos internamente sin cruzar el apilamiento de tubos de refrigeración. La fig. 1 muestra la sección transversal de un devanado de estator 10 con tales barras Roebel dobles 14a y 14b. Cada barra Roebel doble 14a,b comprende dos barras Roebel simples 17 y 18, con un apilamiento de tubos de refrigeración 16 dispuesto entre ellas. Las barras Roebel dobles 14a,b están cada una rodeada por un aislamiento 15 y dispuestas dentro de una ranura 12 del cuerpo de estator 11. Una cuña 13 mantiene las barras en la ranura 12.

- 25 La fig. 2 muestra una vista superior de la barra 14b. Cada barra Roebel simple 17, 18 comprende (en este ejemplo simplificado) dos apilamientos paralelos de hilos simples 17a-c, 17d-f y 18a-c, 18d-f. Dentro de cada una de las barras Roebel simples 17, 18 los hilos respectivos 17a-f y 18a-f son transpuestos internamente sin cruzar el apilamiento de tubos de refrigeración 16. Las transposiciones son realizadas en series de tres transposiciones de 180°, de manera que se consigue un ángulo de configuración de Roebel total (añadido) de 540°.

- 30 En los extremos de la barra los hilos simples (o haces de ellos) están conectados de nuevo a la siguiente barra transponiendo los hilos adicionalmente.

En los extremos de la barra es posible poner una lengüeta maciza por cada barra simple. En total hay dos lengüetas por cada extremo de barra, véase la fig. 3a, donde las lengüetas dobles macizas normales 19a y 19b están previstas para conectar las barras Roebel simples de barras Roebel dobles 14a y 14b.

- 35 En el centro de un grupo de fase hay prevista una lengüeta de cruce para compensar las tensiones parásitas de campo que son recogidas a lo largo de los dos trayectos paralelos que están formados por las barras simples de todas las barras Roebel dobles, véase la fig. 3b, donde hay previstas dos lengüetas dobles de cruce 20a y 20b para conectar las barras Roebel simples de las barras Roebel dobles 14a y 14b transversalmente.

- 40 El documento DE 100 59 385 A1 describe un dispositivo, que tiene sub-conductores divididos en 4 apilamientos adyacentes y 2 filas de líneas de refrigeración, cada una entre ambos apilamientos de sub-conductores interiores y uno de los apilamientos exteriores. Ambos apilamientos interiores forman un vástago de núcleo en la que sólo los sub-conductores de los dos apilamientos interiores están retorcidos juntos. Los dos apilamientos exteriores forman un vástago hueco en el que sólo los sub-conductores de los dos apilamientos exteriores están retorcidos juntos y las tuberías de refrigeración pasan a tu través sin puntos de estrangulamiento. El dispositivo tiene un número de sub-conductores dividido en cuatro apilamientos adyacentes y dos filas de tuberías de refrigeración, cada una entre ambos apilamientos de sub-conductores interiores y uno de los apilamientos exteriores. Ambos apilamientos interiores forman un vástago de núcleo en el que sólo los sub-conductores de los dos apilamientos interiores son retorcidos juntos. Los dos apilamientos exteriores forman un vástago hueco en el que sólo los sub-conductores de los dos apilamientos exteriores son retorcidos juntos y las tuberías de refrigeración pasan a su través sin puntos de estrangulamiento. 45 También se han incluido reivindicaciones independientes para lo siguiente: un método para la fabricación de un vástago retorcido doble.

- 50 El documento DE 197 54 943 A1 describe un devanado para el estator de una máquina eléctrica que comprende un conductor eléctrico que forma la parte del devanado estipulada para la inserción en una ranura en el estator con sus

secciones de extremo. El conductor está formado de un número de sub-conductores situado en cuatro apilamientos adyacentes. Los apilamientos tienen el mismo número de sub-conductores que son retorcidos juntos en toda la longitud del conductor. Cada dos sub-conductores adyacentes están retorcidos. Los sub-conductores retorcidos son doblados juntos en uno o más lugares a lo largo de toda la longitud del conductor de manera que el sub-conductor que está situado previamente en el interior detrás del punto de doblado está situado en el exterior y el conductor que está situado previamente en el exterior detrás del punto de doblado está situado dentro. Los sub-conductores son también, o en su lugar, doblados de manera transversal en uno o más lugares a lo largo de toda la longitud del conductor de manera que el sub-conductor que está situado previamente en el interior detrás del punto de doblado también está situado en el interior y el sub-conductor que está situado previamente en el exterior detrás del punto de doblado también está situado en el exterior.

El documento EP 2 262 079 A1 describe una barra de estator, que comprende cuatro apilamientos de hilos que definen una parte activa en la que los hilos son transpuestos mediante cruces de conductores sucesivos desde una posición de apilamiento a otra, y dos devanados de extremidad que se extienden desde los dos extremos de la parte activa. Los hilos de la parte activa son transpuestos 360° o 540° de tal manera que todos los hilos ocupan todas las posiciones en la barra para distancias sustancialmente iguales. Además, los devanados de extremidad son transpuestos mediante cruces de conductores sucesivos desde una posición de apilamiento a otra por un ángulo de entre 60 - 180°.

El documento US 3.647.932 describe un conductor trenzado transpuesto para máquinas dinamoeléctricas que tienen cuatro apilamientos de hilos transpuestos en la parte de ranura del conductor de tal manera que cada apilamiento se mueve a diferentes posiciones transversales en secciones longitudinales sucesivas de la barra de tal manera que los apilamientos están invertidos en posición transversal en extremos opuestos de la barra. Preferiblemente, los hilos también son transpuestos de manera que provoquen la inversión de las posiciones de hilo relativas en extremos opuestos de la ranura de manera que el conductor sea totalmente transpuesto con inversión de la posición de hilo tanto transversalmente de la ranura como en el sentido de la profundidad de la ranura.

El documento FR 2 690 289 A1 describe un generador eléctrico con una configuración de una media bobina mejorada de Roebel de un devanado de estator. Las bobinas están hechas de hilos de cobre y comprenden tubos de ventilación a través de las cuales es hecho circular el gas de refrigeración.

El documento WO 2012113853 describe una cabeza de perforación continua que consiste de conductores simples aislados eléctricamente. Los conductores están retorcidos juntos allí donde los bordes de los conductores tienen un diseño redondeado.

Aunque algunas disposiciones de Roebel son conocidas para barras Roebel refrigeradas indirectamente y barras Roebel refrigeradas directamente con agua (dónde los conductores de refrigeración son transpuestos así como los hilos macizos), véanse los documentos ya mencionados US 3.647.932 y DE 197 54 943 A1, anteriormente, no se conocen tales disposiciones de Roebel para barras Roebel refrigeradas directamente con gas (con apilamientos de tubos de refrigeración no transpuestos colocados en las barras) que comprende barras Roebel dobles.

La solución conocida para el diseño de barra Roebel con lengüetas o patillas macizas incluyendo lengüetas de cruce o similares, como se ha mostrado en la fig. 3, requiere una cantidad sustancial de espacio, especialmente cuando están implicadas las lengüetas de cruce.

Por lo tanto, sería ventajoso, especialmente para aplicaciones de actualización, tener un diseño de configuración de Roebel, que requiera menos espacio.

RESUMEN DEL INVENTO

Es un objeto del presente invento describir un devanado de estator de un turbogenerador refrigerado directamente, que comprende barras Roebel dobles refrigeradas directamente con gas dispuestas como partes activas en ranuras de un cuerpo de estator, teniendo cada barra Roebel doble dos barras Roebel simples, que están separadas por un apilamiento intermedio de tubos de refrigeración, y que requiere menos espacio para el diseño de configuración de Roebel.

Este y otros objetos son obtenidos mediante un devanado de estator de acuerdo con la reivindicación 1.

El devanado de estator de un turbogenerador refrigerado directamente de acuerdo con el invento comprende barras Roebel dobles refrigeradas directamente con gas dispuestas como partes activas en ranuras de un cuerpo de estator, teniendo cada barra Roebel doble dos barras Roebel simples, que comprenden cada una un apilamiento de una pluralidad de hilos simples transpuestos y están separadas por un apilamiento intermedio de tubos de refrigeración.

Está caracterizado porque para la compensación de tensiones parásitas de campo se ha construido al menos una barra Roebel doble como una barra de cruce estando los hilos transpuestos sobre el apilamiento de tubos de refrigeración en el centro con el fin de cambiar los lados de las barras Roebel simples a lo largo de la parte activa.

De acuerdo con una realización del invento se ha proporcionado una pluralidad de barras de cruce.

De acuerdo con otra realización del invento en al menos una barra de cruce los hilos más altos y más bajos, respectivamente, de los apilamientos son transpuestos juntos.

Específicamente, el ángulo de configuración de Roebel total en la parte activa de al menos una barra de cruce es 540°.

5 Más específicamente, el ángulo de configuración de Roebel total es conseguido por una secuencia de tres transposiciones de 180° cada una.

De acuerdo con otra realización del invento todas las transposiciones cruzan el apilamiento intermedio de tubos de refrigeración ya sea en paralelo y/o transversalmente.

De acuerdo con otra realización del invento todas las transposiciones cruzan el apilamiento intermedio de tubos de refrigeración en paralelo.

10 De acuerdo aún con otra realización del invento todas las transposiciones cruzan el apilamiento intermedio de tubos de refrigeración transversalmente.

De acuerdo con otra realización del invento de la secuencia de tres transposiciones de 180° la primera y la tercera son en paralelo, mientras la segunda es transversal.

15 De acuerdo con otra realización del invento de la secuencia de tres transposiciones de 180° la primera y la tercera hechas simplemente dentro de las barras Roebel simples, mientras la segunda cruza el apilamiento intermedio de tubos de refrigeración transversalmente.

20 En otra realización, los devanados de extremidad también pueden ser transpuestos; en este caso la transposición simple de cada devanado de extremidad puede ser de 90 o 180° (pero la transposición también puede diferir de estos ángulos). Además, la transposición en los devanados de extremidad puede ser en la misma dirección o en dirección opuesta en comparación con la transposición en la parte de ranura de la barra Roebel. Preferiblemente, esta transposición es proporcionada sólo cuando los hilos son transpuestos alternativamente arriba y debajo de los apilamientos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

El presente invento se explicará ahora de forma más detallada por medio de diferentes realizaciones y con referencia a los dibujos adjuntos.

25 La fig. 1 muestra la sección transversal a través de una ranura con barras dobles que consiste de dos barras Roebel y un apilamiento simple de tubos de refrigeración entre ellas;

La fig. 2 muestra una vista superior sobre una barra siendo las transposiciones internas de las barras simples visibles sin cruce del apilamiento de tubos de refrigeración;

30 La fig. 3 muestra una lengüeta maciza doble normal en los extremos de barra (fig. 3a) y una lengüeta doble que cruza en el centro del grupo de fase (fig. 3b);

La fig. 4 muestra en una vista superior tres transposiciones diferentes de barras Roebel dobles refrigeradas directamente con una configuración de Roebel de 540° y todas las transposiciones en paralelo (fig. 4a), o una configuración de Roebel de 540° con transposiciones de 180° exteriores en paralelo y la transposición de 180° interior transversal (fig. 4b), o una configuración de Roebel de 540° con todas las transposiciones transversales (fig. 4c);

35 La fig. 5 muestra en una vista superior dos transposiciones diferentes de barras Roebel dobles refrigeradas directamente con partes exteriores realizadas simplemente dentro de las barras simples y estando la parte interior de 180° transpuesta transversalmente (fig. 5a), y una configuración de Roebel de 540° con todas las transposiciones realizadas transversalmente (fig. 5b).

40 La fig. 6 muestra una bobina de estator de la técnica anterior con barras dobles (3 hilos por columna), lengüetas dobles y lengüetas de cruce en el centro de la fase; y

Las figs. 7 a 9 muestran bobinas de estator con barras dobles (3 hilos por columna), lengüetas dobles y barras de cruce de acuerdo con tres realizaciones diferentes del invento.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE DIFERENTES REALIZACIONES DEL INVENTO

45 El invento está relacionado con devanados de barra Roebel como se ha descrito antes. En los extremos de barra se coloca una lengüeta maciza por una sola barra, en total de nuevo dos lengüetas por extremo de barra (véase la fig. 3a). En el centro de la fase se coloca una barra de cruce o se colocan varias barras de cruce en lugar de una lengüeta de cruce de acuerdo con la fig. 3b, para compensar las tensiones de campo parásitas.

Los hilos de las barras de cruce son transpuestos sobre el apilamiento (16) de tubos de refrigeración en el centro (fig. 1)

con el fin de cambiar los lados de las barras simples 17, 18 a lo largo de la parte activa.

5 De acuerdo con el invento diferentes tipos de barras de cruce pueden reemplazar las lengüetas de cruce 20a,b de acuerdo con la fig. 3b. La barra de cruce más sencilla es la barra transpuesta paralela como se ha mostrado en la fig. 4a, en que todas las transposiciones de una configuración de Roebel de 540° están todas en paralelo. Otras soluciones de acuerdo con el invento están mostradas en la fig. 4b, donde las transposiciones exteriores de 180° son en paralelo, mientras la transposición interior de 180° es transversal, y en la fig. 4c, donde todas las transposiciones de la configuración de Roebel de 540° son transversales. En todas las barras 14c, 14d y 14e mostradas en la fig. 4 dos apilamientos contiguos son transpuestos bien hacia arriba del apilamiento o bien hacia abajo del apilamiento.

10 En cualquier caso, se ha utilizado una ranura con barras dobles que consiste de dos barras Roebel, que son transpuestas juntas sobre el apilamiento de tubos de refrigeración central. A partir de ambos apilamientos los hilos más superiores y respectivamente los más inferiores son transpuestos juntos, bien de forma paralela o transversal. El ángulo de configuración de Roebel total en la parte activa es de 540°. Todas las transposiciones tienen que cruzar el apilamiento de tubos de refrigeración o bien en paralelo o bien transversalmente, por lo que la transposición transversal es sólo en la sección central de 180° (fig. 4b) o para los 540° completos (fig. 4c).

15 También es posible aplicar barras de cruce que tienen apilamientos que son transpuestas alternativamente hacia arriba del apilamiento, a continuación hacia abajo del apilamiento y de nuevo hacia arriba del apilamiento y hacia abajo del apilamiento. El cruce del apilamiento de tubos de refrigeración es más complicado debido a que el apilamiento de hilos situado más a la izquierda va hacia el que está más a la derecha y el segundo que está a la derecha va hacia el segundo que está más a la izquierda. El cruce del apilamiento de tubos de refrigeración puede ser hecho en los 180° centrales
20 solamente y las partes exteriores son transpuestas individualmente dentro de las barras Roebel simples (de cualquier ángulo de configuración de Roebel, véase la fig. 5a), o puede ser aplicado a todas las transposiciones de parte activa si el ángulo de configuración de Roebel es de 540° (véase la fig. 5b).

Aunque la fig. 6 muestra una bobina de estator 21a de la técnica anterior con ranuras 24 y 2 polos y con barras dobles Roebel 25 (3 hilos por columna), lengüetas normales dobles 26 y lengüetas de cruce 27 en el centro de la fase, por lo
25 que la parte izquierda representa la capa inferior y la parte derecha representa la capa superior, la fig. 7 muestra en una vista similar a la fig. 6 una bobina de estator 21b de acuerdo con una realización del invento con una barra de cruce 25a con una transposición completamente paralela en la capa inferior de la bobina.

La fig. 8 muestra otra realización del invento, es decir, una bobina de estator 21c con barras de cruce 25b transpuestas transversalmente en la capa inferior de la bobina.

30 La fig. 9 muestra finalmente otra realización del invento, es decir, una bobina de estator 21d con una barra de cruce 25c hecha como una barra transpuesta transversal interior de 540°, en la capa inferior de la bobina.

Los devanados de extremidad también pueden transponerse. Preferiblemente, una transposición individual de cada devanado de extremidad es de 90 o 180°; esta transposición sólo está prevista cuando los hilos son transpuestos alternativamente hacia arriba y hacia debajo de los apilamientos, como por ejemplo se ha mostrado en las figs. 2 y 5.

35 Naturalmente, las características descritas pueden ser proporcionadas independientemente unas de otras.

LISTA DE NÚMEROS DE REFERENCIA

	10	devanado de estator
	11	cuerpo de estator
	12	ranura
5	13	cuña
	14a-g	barra Roebel doble
	15	aislamiento
	16	tubo de refrigeración
	17, 18	barra Roebel
10	17a-f, 18a-f	hilo
	19a, b	lengüeta (normal, doble)
	20a, b	lengüeta (de cruce, doble)
	21a-d	bobina de estator
	22	cuerpo de estator
15	23	ranura
	24a-d	devanado
	25	barra Roebel doble
	25a-c	barra de cruce
	26	lengüeta normal
20	27	lengüeta de cruce

REIVINDICACIONES

- 5 1. Devanado de estator (10) de una máquina eléctrica refrigerada directamente, que comprende barras Roebel dobles refrigeradas directamente con gas (14a-g; 25, 25a-c) que están dispuestas como partes activas en ranuras (12, 23) de un cuerpo de estator (11, 22), en el que una barra Roebel doble consiste de dos barras Roebel simples (17, 18) y un solo apilamiento (16) de tubos de refrigeración entre ellas, en el que cada barra Roebel simple comprende un apilamiento de una pluralidad de hilos simples transpuestos (17a-f, 18a-f), en el que para la compensación de tensiones de campo parásitas al menos una barra Roebel doble es construida como una barra de cruce (25a-c) estando los hilos (17a-f, 18a-f) transpuestos sobre el apilamiento (16) de tubos de refrigeración en el medio con el fin de cambiar los lados de las barras Roebel simples (17, 18) a lo largo de la parte activa.
- 10 2. Devanado de estator según la reivindicación 1, caracterizado por que es prevista una pluralidad de barras de cruce (25a-c).
3. Devanado de estator según la reivindicación 1, caracterizado por que en al menos una barra de cruce (25a-c) los hilos más altos y más bajos, respectivamente, de los apilamientos son transpuestos juntos.
- 15 4. Devanado de estator según la reivindicación 3, caracterizado por que el ángulo total de configuración de Roebel en la parte activa de al menos una barra de cruce (25a-c) es 540°.
5. Devanado de estator según la reivindicación 4, caracterizado por que el ángulo total de configuración de Roebel es conseguido por una secuencia de tres transposiciones de 180° cada una.
6. Devanado de estator según la reivindicación 5, caracterizado por que todas las transposiciones cruzan el apilamiento intermedio de tubos de refrigeración (16) ya sea en paralelo y/o transversalmente.
- 20 7. Devanado de estator según la reivindicación 6, caracterizado por que todas las transposiciones cruzan el apilamiento intermedio de tubos de refrigeración (16) en paralelo.
8. Devanado de estator según la reivindicación 6, caracterizado por que todas las transposiciones cruzan el apilamiento intermedio de tubos de refrigeración (16) transversalmente.
- 25 9. Devanado de estator según la reivindicación 6, caracterizado por que de la secuencia de tres transposiciones de 180° la primera y la tercera están en paralelo, mientras la segunda es transversal.
10. Devanado de estator según la reivindicación 5, caracterizado por que de la secuencia de tres transposiciones de 180° la primera y la tercera son hechas individualmente dentro de las barras Roebel simples (17, 18), mientras que la segunda cruza el apilamiento intermedio de tubos de refrigeración (16) transversalmente.
- 30 11. Devanado de estator según la reivindicación 1, caracterizado por que los devanados de extremidad están transpuestos.
12. Devanado de estator según la reivindicación 11, caracterizado por que cada devanado de extremidad está transpuesto por 90° o 180°.

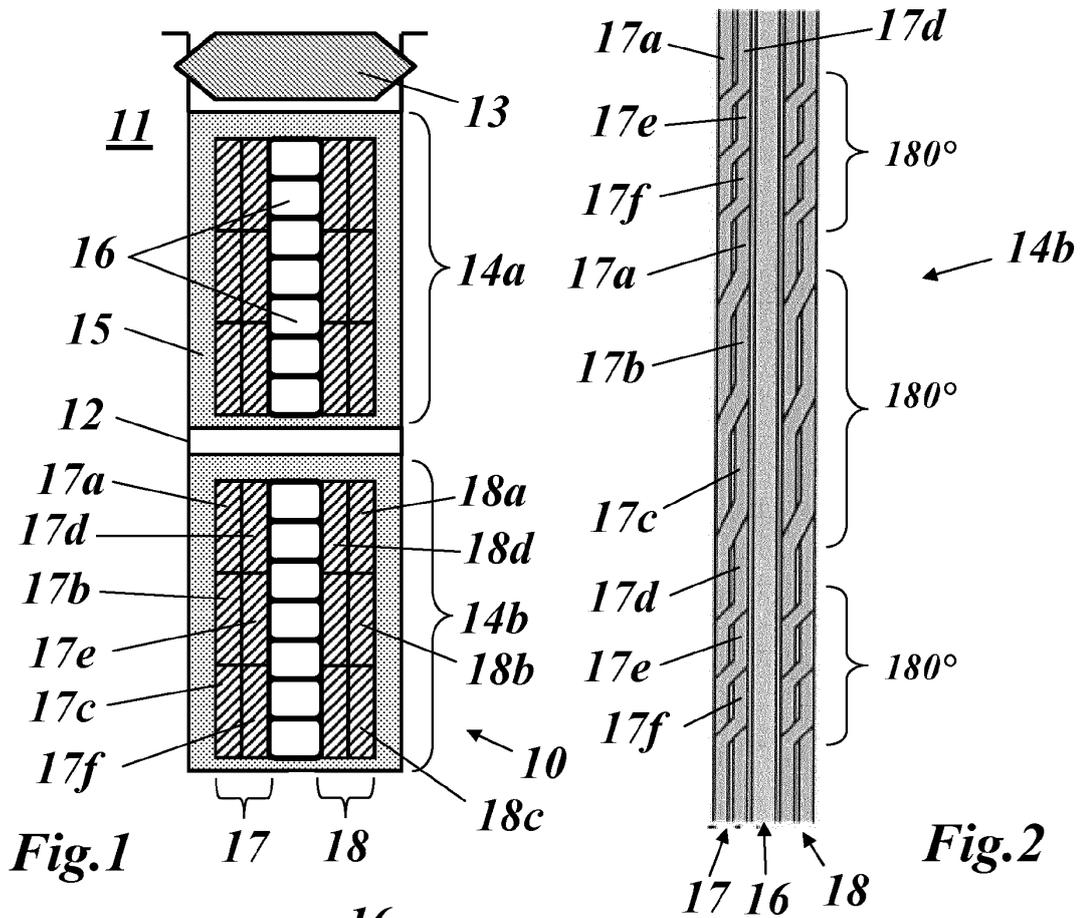


Fig.1

Fig.2

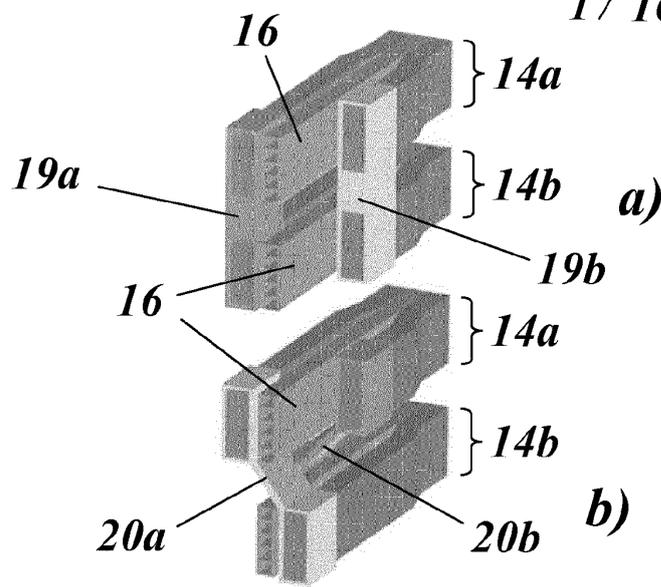


Fig.3

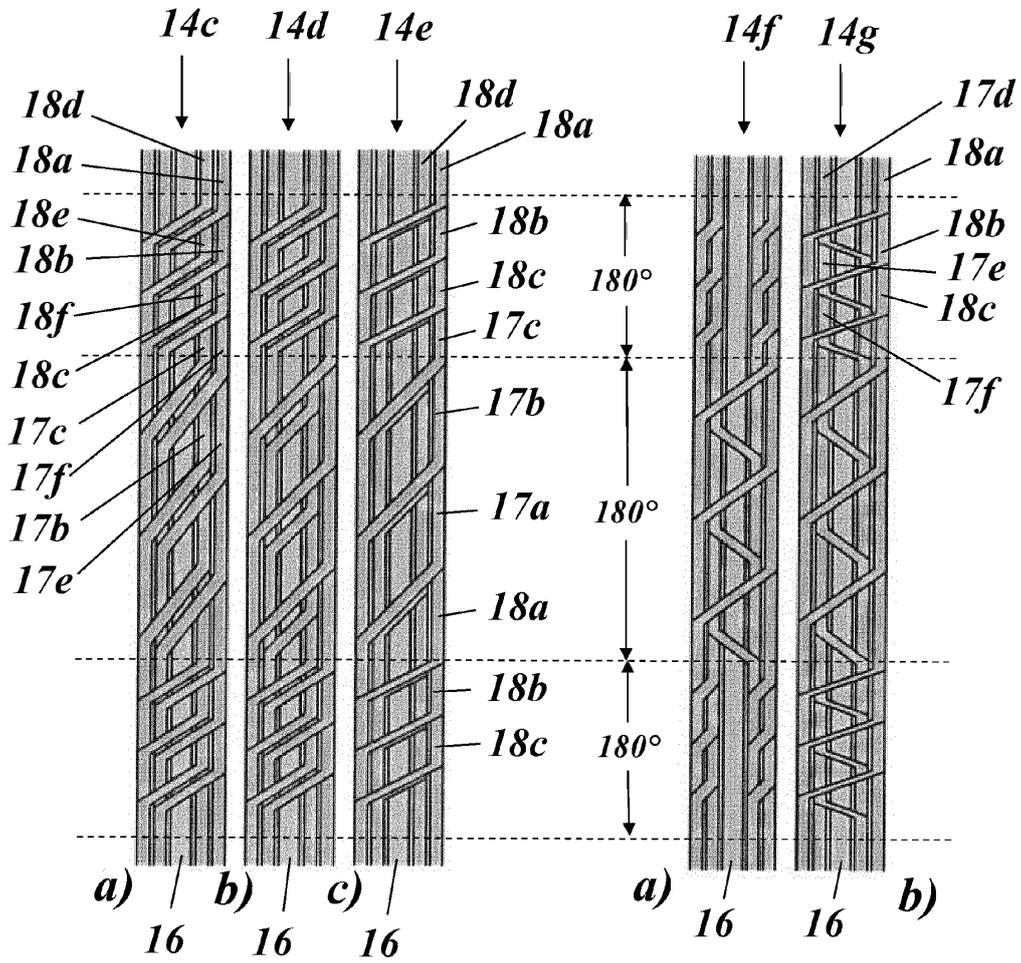


Fig.4

Fig.5

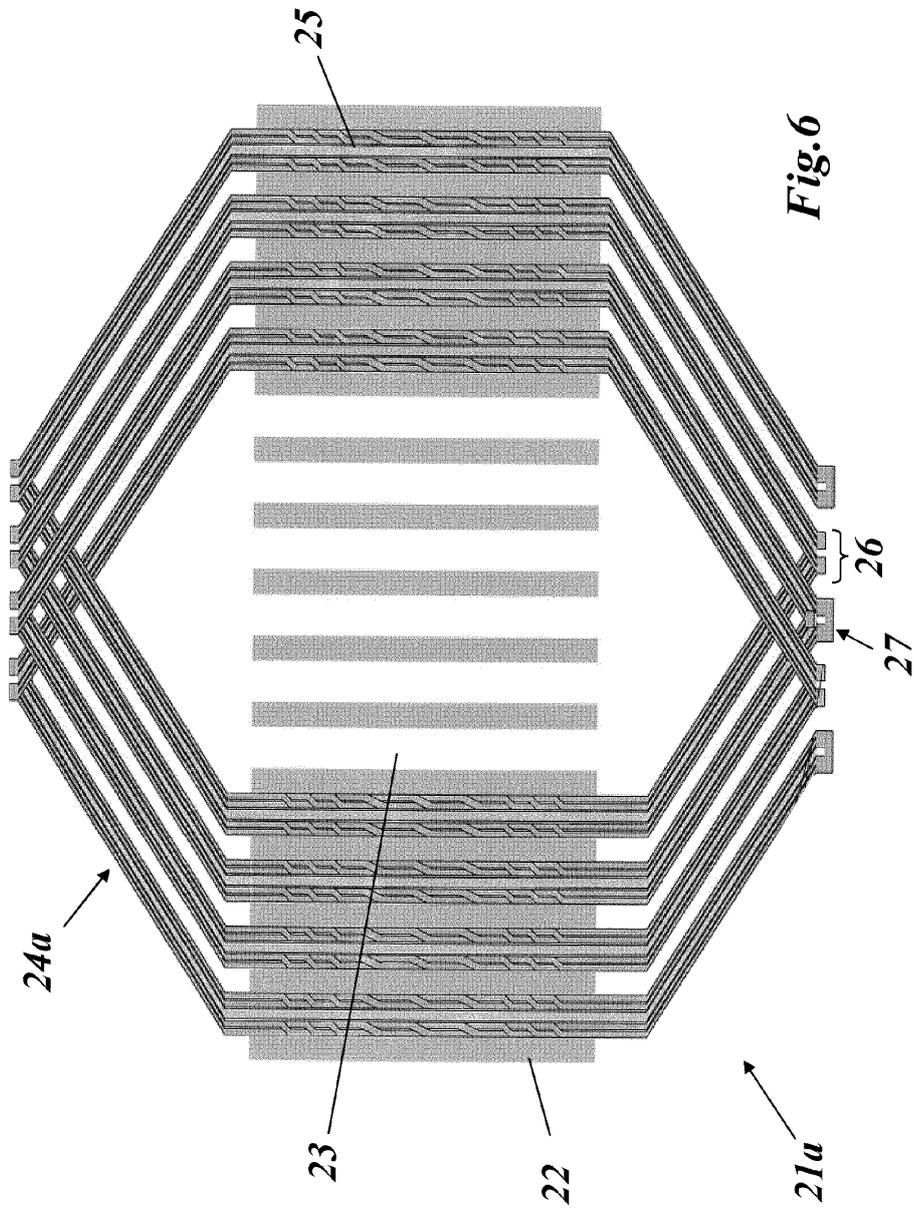


Fig.6

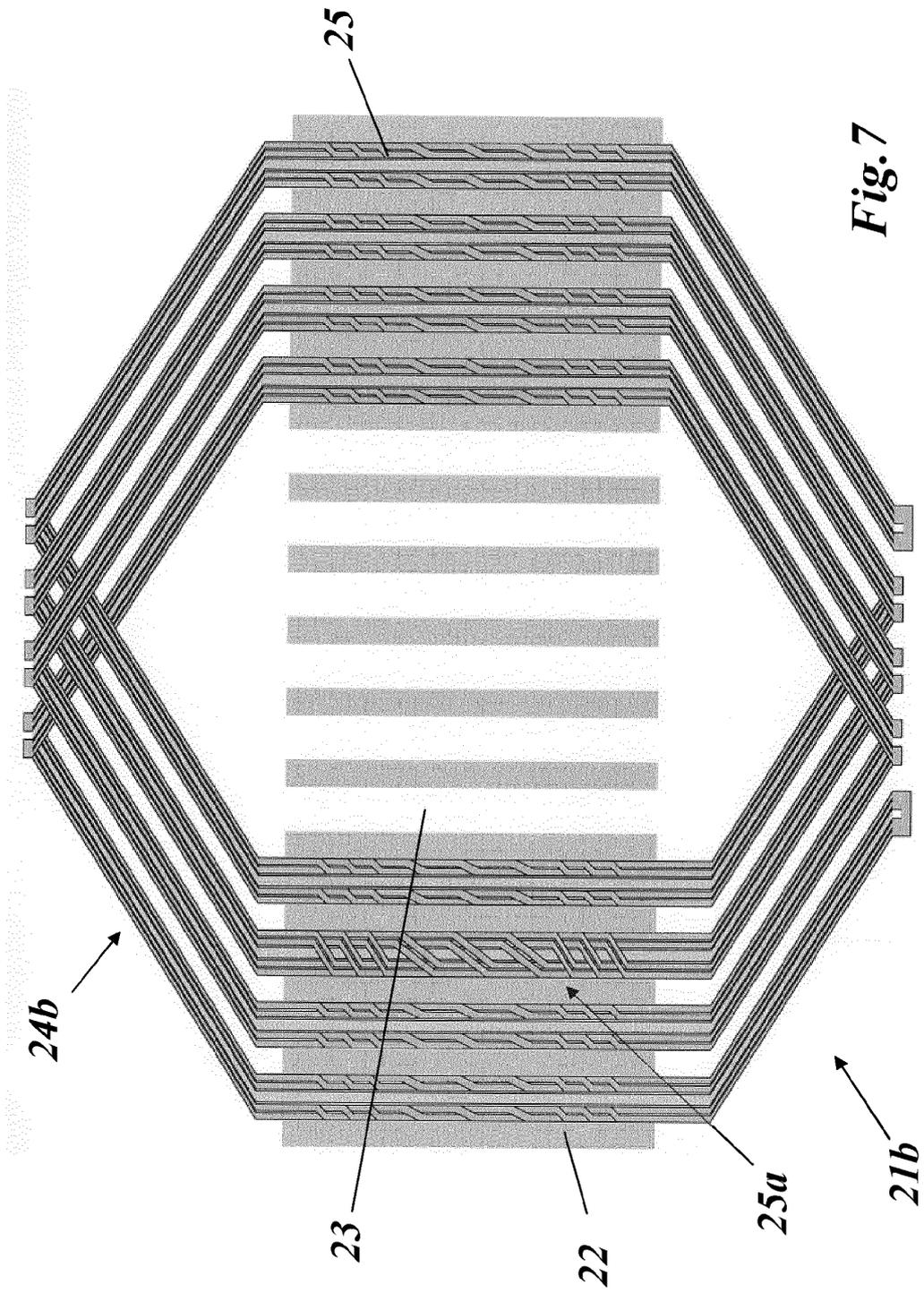


Fig. 7

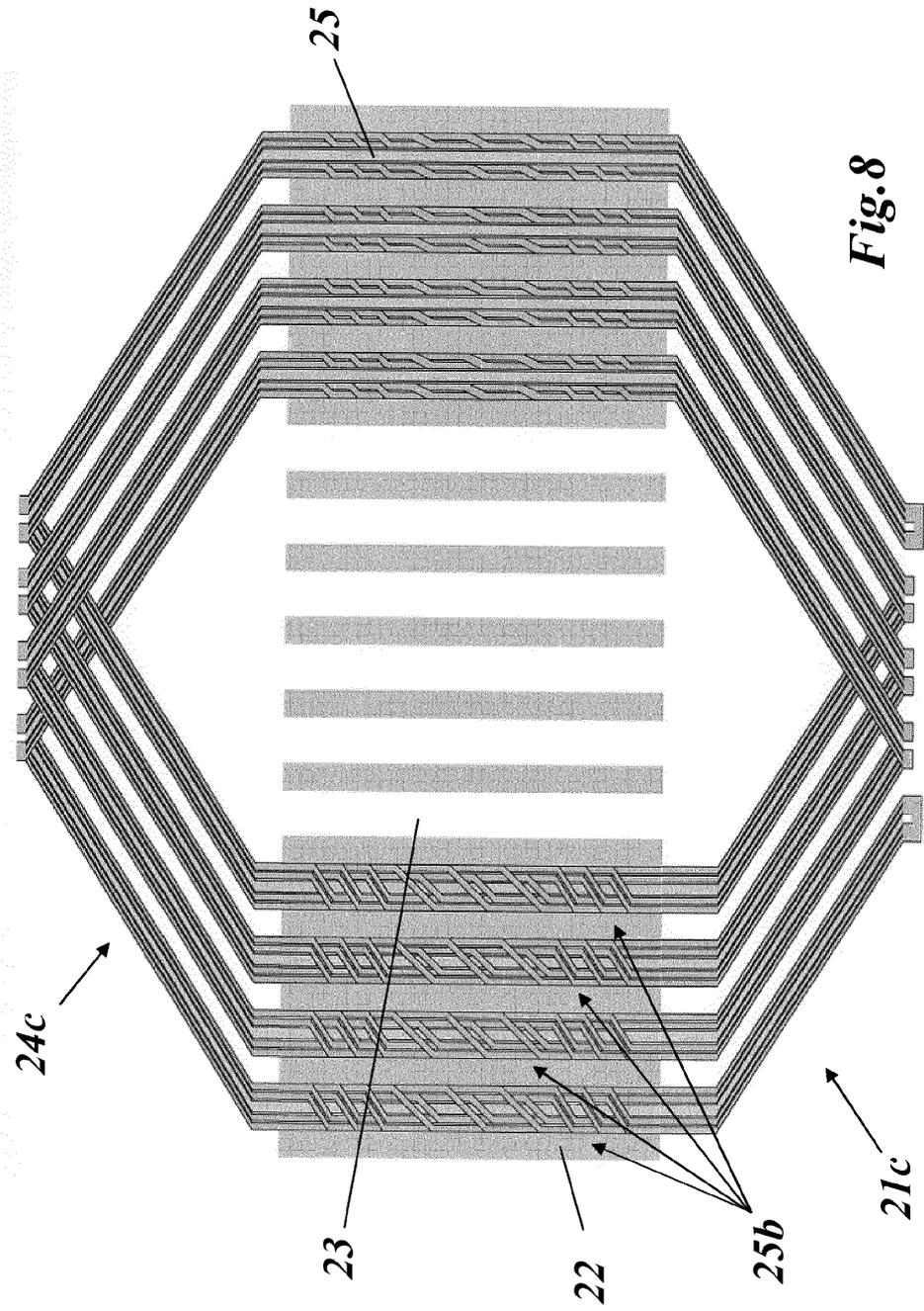


Fig. 8

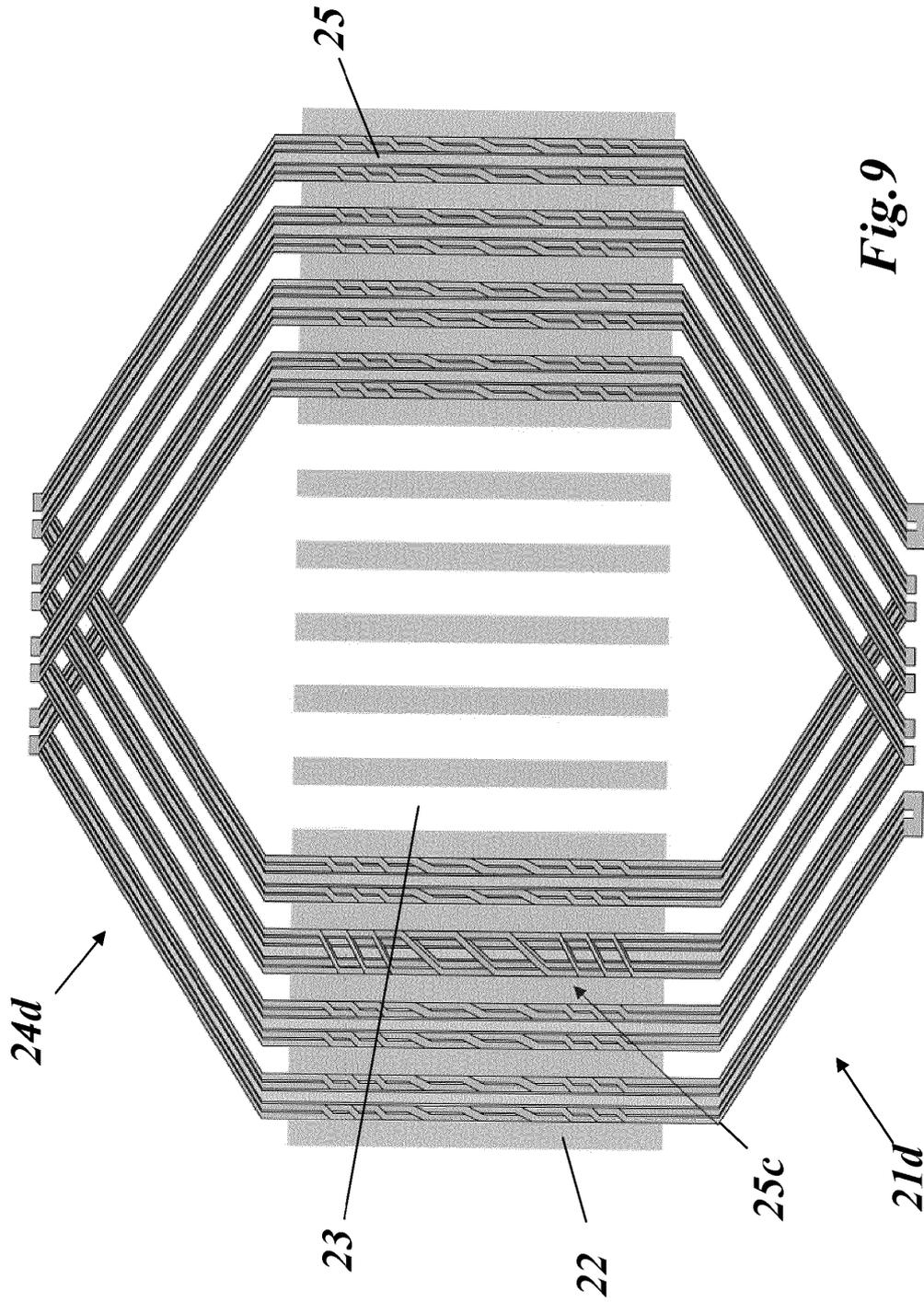


Fig. 9