

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 619 588**

51 Int. Cl.:

**H02K 1/14** (2006.01)

**H02K 1/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.02.2013 PCT/EP2013/053094**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.08.2014 WO2014124687**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.02.2013 E 13704781 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.12.2016 EP 2941814**

54 Título: **Máquina eléctrica con estator segmentado y devanado de dos capas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**26.06.2017**

73 Titular/es:  
**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)  
Wittelsbacherplatz 2  
80333 München, DE**

72 Inventor/es:  
**BRASAS, FRANK;  
BRENNER, ROBIN;  
SCHÖNBAUER, NORBERT y  
TERINGL, CLAUS**

74 Agente/Representante:  
**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 619 588 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**

Máquina eléctrica con estator segmentado y devanado de dos capas

La presente invención se refiere a una máquina eléctrica,

- en la que la máquina eléctrica tiene un estator y un rotor,

5 - en la que el rotor se puede mover con respecto al estator en una dirección de movimiento,

- en la que el estator está dividido en segmentos de estator adyacentes entre sí visto en la dirección de movimiento del rotor,

- en la que los segmentos de estator tienen en cada caso una zona central, una primera zona de transición y una segunda zona de transición,

10 - en la que las zonas centrales están dispuestas entre la primera zona de transición y la segunda zona de transición del respectivo segmento de estator visto en la dirección de movimiento del rotor,

- en la que los segmentos de estator tienen en su lado alejado del rotor en cada caso una culata de estator que se extiende por la respectiva zona central y la respectiva primera zona de transición,

15 - en la que, partiendo de las culatas de estator, se extienden en la respectiva zona central almas de ranura centrales y en la respectiva primera zona de transición primeras almas de transición hacia el rotor,

- en la que las almas de ranura centrales y las primeras almas de transición forman en cada caso ranuras que están abiertas hacia el rotor visto desde la culata de estator y están limitadas lateralmente en cada caso por dos almas de ranura centrales, por dos primeras almas de transición o por el alma de ranura central adyacente a la primera zona de transición y el primer alma de transición adyacente a la zona central visto en la dirección de movimiento del rotor,

20 - en la que los segmentos de estator tienen en su lado alejado del rotor en la respectiva segunda zona de transición en cada caso un alma transversal,

- en la que, partiendo del respectivo alma central, se extienden en la respectiva segunda zona de transición respectivas segundas almas de transición hacia el rotor,

25 - en la que las segundas almas de transición forman en cada caso ranuras que están abiertas hacia el rotor visto desde la culata de estator y están limitadas lateralmente en cada caso por dos segundas almas de transición visto en la dirección de movimiento del rotor,

- en la que las segundas almas de transición terminan a la misma altura que las almas de ranura centrales visto en la dirección hacia el rotor,

30 - en la que bordes inferiores de las culatas de estator tienen una distancia de culata con respecto al rotor visto en la dirección hacia el rotor.

Máquinas eléctricas tienen un estator que, a su vez, tiene una culata de estator partiendo de la que se extienden almas en la dirección hacia el rotor. Almas directamente adyacentes forman en cada caso entre sí una ranura de estator. En las ranuras de estator está dispuesto el sistema de devanado de estator de la máquina eléctrica.

35 En el caso más sencillo está dispuesta en cada ranura de estator una mitad de devanado de un único devanado del sistema de devanado de estator. La otra mitad del respectivo devanado discurre en otra ranura de estator, no estando dispuesta en esta ranura ninguna mitad de devanado de otro devanado del sistema de devanado de estator. Un sistema de devanado de estator de este tipo se denomina habitualmente devanado de una sola capa en el estado de la técnica.

40 De manera alternativa es posible que en cada ranura de estator estén dispuestas las mitades de devanado de dos devanados del sistema de devanado de estator. La otra mitad de devanado de un devanado y la otra mitad de devanado del otro devanado están dispuestas en dos ranuras de estator diferentes, estando dispuesta la ranura de estator mencionada en primer lugar entre las dos ranuras de estator diferentes. Un sistema de devanado de estator de este tipo se denomina habitualmente devanado de dos capas en el estado de la técnica. Un devanado de dos capas tiene ventajas electromagnéticas con respecto a un devanado de una sola capa y, por tanto, es preferible por  
45 regla general.

Siempre que el estator (visto en la dirección de movimiento del rotor) sea una pieza uniforme, es posible sin problemas arrollar el estator con un devanado de dos capas. Sin embargo, en el caso de máquinas eléctricas más grandes, es ventajoso tanto con respecto a la técnica de fabricación como con respecto a la técnica de transporte y con respecto a la técnica de almacenamiento cuando el estator está compuesto por varios segmentos (segmentos de estator). En una configuración de este tipo del estator no se puede realizar sin más un devanado de dos capas.

En el estado de la técnica es conocido dotar los segmentos de estator de un devanado de una sola capa, por ejemplo, un devanado de una sola capa tal como es conocido por el documento EP 2 166 644 A1. Esta solución se puede realizar sin más, aunque se asumen los inconvenientes electromagnéticos relacionados con un devanado de una sola capa.

10 Una máquina eléctrica del tipo mencionado al inicio es conocida, por ejemplo, por el documento US 7 772 738 B2. En la máquina eléctrica del documento US 7 772 738 B2, el alma transversal representa una continuación de la culata de estator. Las almas de ranura centrales, las primeras almas de transición y las segundas almas de transición están construidas de manera idéntica. Los segmentos de estator son adyacentes junta contra junta entre sí.

15 Por el documento US 7 772 738 B2 es conocido disponer en las ranuras formadas por las almas de los segmentos de estator un devanado de dos capas, esto es, dotar los segmentos de estator de un devanado de dos capas. Sin embargo, el devanado de dos capas del documento US 7 772 738 B2 no es completo. En particular, en cada caso entre dos almas de ranura centrales están dispuestas una de dos mitades de devanado de un primer devanado y una de dos mitades de devanado de un segundo devanado. Sin embargo, en las zonas de transición está dispuesta  
20 en cada caso solo la segunda mitad de devanado de un primer devanado o la segunda mitad de devanado de un segundo devanado. Por tanto, en las zonas de transición, el devanado de dos capas no es completo. En el documento US 7 772 738 B2 se intenta compensar el efecto electromagnético desventajoso resultante porque la culata de estator y el alma transversal tienen en las zonas adyacentes a los segmentos de estator adyacentes un mayor grosor que entre las mismas. Sin embargo, la compensación solo es incompleta.

25 En teoría es concebible completar posteriormente el devanado de dos capas incompleto del documento US 7 772 738 B2. En este caso se eliminarían los inconvenientes electromagnéticos. Sin embargo, es difícil hasta casi imposible garantizar la calidad de los devanados fabricados posteriormente en un nivel elevado. Más bien se tiene que contar con que la seguridad funcional (fiabilidad) de la máquina eléctrica está claramente reducida.

30 Por el documento US 2010/0066199 A1 es conocida una máquina eléctrica, en el que la máquina eléctrica tiene un estator y un rotor, en el que el rotor se puede mover con respecto al estator en una dirección de movimiento. El estator está dividido en segmentos de estator adyacentes entre sí visto en la dirección de movimiento del rotor. Los segmentos de estator tienen en cada caso una zona central, una primera zona de transición y una segunda zona de transición, estando las zonas centrales dispuestas entre la primera zona de transición y la segunda zona de transición del respectivo segmento de estator visto en la dirección de movimiento del rotor. Los segmentos de  
35 estator tienen en cada caso una culata de estator que se extiende por la respectiva zona central y la respectiva primera zona de transición. En la respectiva zona central de las culatas de estator se extiende en cada caso un diente de estator hacia el rotor. Los segmentos de estator tienen en su lado alejado del rotor en la respectiva segunda zona de transición en cada caso un alma transversal. Visto en la dirección hacia el rotor, bordes inferiores de las culatas de estator tienen una distancia de culata con respecto al rotor. Las primeras y segundas zonas de  
40 transición de segmentos de estator directamente adyacentes entre sí se solapan entre sí visto en la dirección de movimiento del rotor y están dispuestas unas por encima de otras visto desde el estator hacia el rotor.

Del documento US 2006/0071114 A1 se puede deducir un contenido de divulgación similar.

45 El objetivo de la presente invención consiste en crear una máquina eléctrica que se pueda dotar de un devanado de dos capas de alta calidad, aunque el estator está dividido en segmentos de estator adyacentes entre sí visto en la dirección de movimiento del rotor.

El objetivo se consigue mediante una máquina eléctrica con las características de la reivindicación 1. Configuraciones ventajosas de la máquina eléctrica de acuerdo con la invención son objeto de las reivindicaciones dependientes 2 a 10.

De acuerdo con la invención se modifica una máquina eléctrica del tipo mencionado al inicio

50 - porque las primeras almas de transición terminan por debajo de las almas de ranura centrales visto en la dirección hacia el rotor,

- por que, visto en la dirección hacia el rotor, una distancia de las primeras almas de transición con respecto al rotor es al menos igual de grande que una distancia de un borde inferior alejado del rotor de las almas transversales y

- porque la primera zona de transición y la segunda zona de transición de segmentos de estator directamente adyacentes entre sí se solapan entre sí visto en la dirección de movimiento del rotor y están dispuestas una por encima de la otra visto desde el estator hacia el rotor.

5 Mediante esta configuración de la máquina eléctrica – en particular de los segmentos de estator – los segmentos de estator se pueden dotar de antemano, es decir, antes del ensamblado de los segmentos de estator para formar el estator, completamente del devanado de dos capas. Por tanto, en la fábrica, el devanado de dos capas se puede introducir en los segmentos de estator. Una introducción posterior de devanados en las zonas de transición, que solo debería tener lugar tras el ensamblado de los segmentos de estator en el lugar de funcionamiento de la máquina eléctrica, no es necesaria.

10 Para la estructura de los segmentos de estator son posibles diferentes configuraciones. Por ejemplo, es posible que los segmentos de estator estén configurados en una sola pieza visto en la dirección de movimiento del rotor. De manera alternativa es posible

- que los segmentos de estator tengan en cada caso una primera parte de segmento de estator y una segunda parte de segmento de estator visto en la dirección de movimiento del rotor,

15 - que la respectiva primera parte de segmento de estator comprenda la zona central y la primera zona de transición del respectivo segmento de estator,

- que la respectiva segunda parte de segmento de estator comprenda la segunda zona de transición del respectivo segmento de estator y

20 - que la respectiva primera parte de segmento de estator y la respectiva segunda parte de segmento de estator estén unidas entre sí.

En el caso mencionado en último lugar, la respectiva primera parte de segmento de estator y la respectiva segunda parte de segmento de estator, por ejemplo, pueden estar unidas entre sí mediante una unión de ranura y lengüeta. De manera alternativa, por ejemplo, es posible un atornillado.

El devanado de dos capas puede estar realizado en particular

25 - porque en cada caso entre dos almas de ranura centrales están dispuestas en cada caso una de dos mitades de devanado de un primer devanado y una de dos mitades de devanado de un segundo devanado,

30 - porque la otra mitad de devanado del primer devanado está dispuesta entre dos almas de ranura centrales, entre el alma de ranura central adyacente a la primera zona de transición del respectivo segmento de estator y el primer alma de transición adyacente a la zona central del respectivo segmento de estator o entre dos primeras almas de transición del respectivo segmento de estator,

- porque la otra mitad de devanado del segundo devanado está dispuesta entre dos almas de ranura centrales, entre el alma de ranura central adyacente a la segunda zona de transición del respectivo segmento de estator y el segundo alma de transición adyacente a la zona central del respectivo segmento de estator o entre dos segundas almas de transición del respectivo segmento de estator,

35 - porque en cada caso entre dos primeras almas de transición está dispuesta exclusivamente la otra mitad de devanado de un primer devanado pero ninguna mitad de devanado de un segundo devanado y

- porque en cada caso entre dos segundas almas de transición está dispuesta exclusivamente la otra mitad de devanado de un segundo devanado pero ninguna mitad de devanado de un primer devanado.

40 Preferiblemente, los primeros devanados están contruidos de manera idéntica entre sí. Además, preferiblemente, los segundos devanados están contruidos de manera idéntica entre sí. Es muy ventajosa una configuración en la que todos los devanados están contruidos de manera idéntica.

45 Es posible que los segmentos de estator sean componentes de una máquina lineal eléctrica. Sin embargo, por regla general (máquina eléctrica rotatoria), los segmentos de estator están curvados de manera circular alrededor de un eje de rotación, discurriendo la dirección de movimiento del rotor de manera tangencial con respecto al eje de rotación y discurriendo la dirección del estator al rotor de manera radial con respecto al eje de rotación.

La máquina eléctrica se puede utilizar en principio para fines cualesquiera. Preferiblemente, se utiliza como generador de una instalación eólica.

Las propiedades, características y ventajas anteriormente descritas de esta invención y la manera en la que se consiguen las mismas se vuelven comprensibles de forma más clara y evidente en relación con la siguiente descripción de los ejemplos de realización que se explican en más detalle en conexión con los dibujos. A este respecto muestran en una representación esquemática:

- 5 La figura 1 una máquina eléctrica en un corte longitudinal,
- La figura 2 la máquina eléctrica de la figura 1 en un corte a lo largo de una línea II-II en la figura 1,
- La figura 3 un segmento de estator en una vista en perspectiva,
- La figura 4 el segmento de estator de la figura 3 en una vista lateral,
- La figura 5 partes de dos segmentos de estator adyacentes entre sí,
- 10 La figura 6 un segmento de estator con devanados de una fase desde el lado en una representación desarrollada,
- La figura 7 una parte de una zona central y de una primera zona de transición de un segmento de estator con un devanado,
- La figura 8 un segmento de estator con devanados en una vista en perspectiva,
- 15 La figura 9 un segmento de estator con devanados desde el lado,
- La figura 10 una parte de una zona central y una segunda zona de transición de un segmento de estator y
- La figura 11 partes de dos segmentos de estator adyacentes entre sí.

De acuerdo con las figuras 1 y 2, una máquina eléctrica tiene un estator 1 y un rotor 2. El estator 1 está fijado sobre un soporte de estator 3. El rotor 2 está fijado sobre un soporte de rotor 4. El soporte de rotor 4 y, con él, el rotor 2, se puede mover con respecto al estator 1 en una dirección de movimiento x. De acuerdo con las figuras 1 y 2, el rotor 2 está montado en cojinetes 5 y, de este modo, se puede rotar alrededor de un eje de rotación 6. Por tanto, la máquina eléctrica está construida como máquina eléctrica rotatoria. La dirección de movimiento x del rotor 2 discurre de este modo de manera tangencial con respecto al eje de rotación 6. Una dirección y desde el estator 1 hacia el rotor 2 discurre de manera radial con respecto al eje de rotación 6. Además, para una dirección de extensión del eje de rotación 6 se utiliza a continuación el signo de referencia z, siempre que sea necesario.

De acuerdo con las figuras 1 y 2 - con respecto al eje de rotación 6 - el estator 1 está dispuesto de manera radial en el interior, el rotor 2 está dispuesto de manera radial en el exterior. Por tanto, la máquina eléctrica de las figuras 1 y 2 está configurada como máquina de rotor exterior. En conexión con una máquina de rotor exterior se explica a continuación en más detalle la presente invención. Sin embargo, la presente invención se puede aplicar igualmente en una máquina de rotor interior.

De acuerdo con las figuras 1 y 2 está fijado sobre el soporte de rotor 4 un cubo 7. El cubo 7 soporta palas de rotor 8 de una rueda eólica 9. Por tanto, la máquina eléctrica se utiliza como generador de una instalación eólica. Sin embargo, en principio, la máquina eléctrica también se podría utilizar para otros fines.

De acuerdo con la figura 2, el estator 1 está dividido en segmentos de estator 10 adyacentes entre sí visto en la dirección de movimiento x del rotor 2. Los segmentos de estator 10 están curvados de manera circular alrededor del eje de rotación 6, ya que la máquina eléctrica está configurada como máquina eléctrica rotatoria. Si la presente invención se aplicara en una máquina lineal eléctrica, los segmentos de estator 10 serían rectos.

Preferiblemente, los segmentos de estator 10 están contruidos de manera idéntica entre sí. Por tanto, a continuación, se explica en más detalle - en representación de todos los segmentos de estator 10 - en relación con las figuras 3 y 4 la estructura de un segmento de estator 10 individual. Sin embargo, las realizaciones correspondientes son válidas para todos los segmentos de estator 10.

De acuerdo con las figuras 3 y 4, el segmento de estator 10 tiene una zona central 11, una primera zona de transición 12 y una segunda zona de transición 13. La zona central 11 está dispuesta entre la primera zona de transición 12 y la segunda zona de transición 13 visto en la dirección de movimiento x del rotor 2.

45 El segmento de estator 10 tiene en su lado alejado del rotor 2 una culata de estator 14. La culata de estator 14 se

extiende por la zona central 11 y la primera zona de transición 12. Por regla general, tiene un grosor  $d$  uniforme. Por tanto, un borde inferior 15 de la culata de estator 14 tiene una distancia  $a_1$  con respecto al rotor 2 visto en la dirección hacia el rotor 2 que es constante como función de la posición visto en la dirección de movimiento  $x$  del rotor. La distancia  $a_1$  se denomina a continuación distancia de culata.

5 Partiendo de la culata de estator 14 se extienden en la zona central 11 almas de ranura centrales 16 hacia el rotor 2. Además, en la primera zona de transición 12 se extienden primeras almas de transición 17 hacia el rotor 2. Las almas de ranura centrales 16 tienen una distancia  $a_2$  con respecto al rotor 2 visto en la dirección hacia el rotor 2. La distancia  $a_2$  es la misma de manera uniforme para las almas de ranura centrales 16. Las primeras almas de transición 17 tienen una distancia  $a_3$  con respecto al rotor 2 visto en la dirección hacia el rotor 2. La distancia  $a_3$  es la misma de manera uniforme para las primeras almas de transición 17. Sin embargo, es más grande que la distancia  $a_2$  de las almas de ranura centrales 16. Por tanto, las primeras almas de transición 17 terminan por debajo de las almas de ranura centrales 16 visto en la dirección hacia el rotor 2.

15 El segmento de estator 10 tiene además en su lado alejado del rotor 2 en la segunda zona de transición 13 un alma transversal 18. Partiendo del alma transversal 18 se extienden en la segunda zona de transición 13 segundas almas de transición 19 hacia el rotor 2. Las segundas almas de transición 19 tienen una distancia  $a_4$  con respecto al rotor 2 visto en la dirección hacia el rotor 2. La distancia  $a_4$  de las segundas almas de transición 19 es igual que la distancia  $a_2$  de las almas de ranura centrales 16. Por tanto, las segundas almas de transición 19 terminan a la misma altura que las almas de ranura centrales 16 visto en la dirección hacia el rotor 2.

20 El alma transversal 18 solo tiene que conducir un flujo magnético en una medida reducida. Asimismo, el alma transversal 18 solo se ve solicitada mecánicamente en una medida reducida. Por tanto, un grosor del alma transversal 18 puede ser relativamente reducido.

25 De acuerdo con la figura 5, el borde inferior 20 del alma transversal 18 alejado del rotor 2 tiene una distancia  $a_5$  con respecto al rotor 2 visto en la dirección hacia el rotor 2. La distancia  $a_5$  es, como máximo, igual de grande que la distancia  $a_3$  de las primeras almas de transición 17 con respecto al rotor 2. Dicho de otro modo: visto en la dirección hacia el rotor 2, la distancia  $a_3$  de las primeras almas de transición 17 con respecto al rotor 2 es al menos igual de grande (preferiblemente igual de grande) que la distancia  $a_5$  del borde inferior 20 del alma transversal 18 con respecto al rotor 2.

30 La primera zona de transición 12 y la segunda zona de transición 13 tienen además extensiones longitudinales  $x_1$ ,  $x_2$  idénticas visto en la dirección de movimiento  $x$  del rotor 2. En el estado montado, esto es, cuando los segmentos de estator 10 son adyacentes entre sí, por tanto, de acuerdo con la figura 5, la primera zona de transición 12 y la segunda zona de transición 13 de segmentos de estator 10 directamente adyacentes entre sí se solapan visto en la dirección de movimiento  $x$  del rotor 2. Además, de acuerdo con la figura 5, visto desde el estator 1 hacia el rotor 2, la primera zona de transición 12 y la segunda zona de transición 13 de segmentos de estator 10 directamente adyacentes entre sí están dispuestas una por encima de la otra. A partir de la figura 5 se puede ver también que las almas de transición 17, 19 más exteriores de la primera y segunda zona de transición 12, 13 tienen anchos de alma  $b_1$ ,  $b_2$  que son aproximadamente la mitad de un ancho de alma  $b$  de las almas de ranura centrales 16.

40 La figura 6 muestra de manera esquemática para una fase individual de varias fases la disposición de devanados 21 entre las almas de ranura centrales 16, las primeras almas de transición 17 y las segundas almas de transición 19. De acuerdo con la figura 6, en cada caso entre dos almas de ranura centrales 16 están dispuestas dos mitades de devanado 22 de dos devanados 21 diferentes. En un devanado 21, la otra mitad de devanado 22 del devanado 21 correspondiente está dispuesta entre dos almas de ranura centrales 16, entre el alma de ranura central 16 adyacente a la primera zona de transición 12 y la primera alma de transición 17 adyacente a la zona central 11 o entre dos primeras almas de transición 17. Sin embargo, en cualquier caso, la otra mitad de devanado 22 del devanado 21 correspondiente está dispuesta "a la izquierda". En el otro devanado 21, la otra mitad de devanado 22 del devanado 21 correspondiente está dispuesta entre dos almas de ranura centrales 16, entre el alma de ranura central 16 adyacente a la segunda zona de transición 13 y el segundo alma de transición 19 adyacente a la zona central 11 o entre dos segundas almas de transición 19. Sin embargo, en cualquier caso, la otra mitad de devanado 22 del devanado 21 correspondiente está dispuesta "a la derecha". Sin embargo, en cada caso entre dos primeras almas de transición 17 y en cada caso dos segundas almas de transición 19 está dispuesta exclusivamente una única mitad de devanado 22. Por tanto, en cada caso entre dos primeras almas de transición 17 está dispuesta una mitad de devanado 22 de un devanado 21, estando dispuesta la otra mitad de devanado 22 de este devanado 21 entre dos almas de ranura centrales 16. Sin embargo, en cada caso entre dos primeras almas de transición 17 no está dispuesta ninguna mitad de devanado adicional. De manera análoga está dispuesta entre dos segundas almas de transición 19 una mitad de devanado 22 de un devanado 21, estando dispuesta la otra mitad de devanado 22 de este devanado 21 entre dos almas de ranura centrales 16. Sin embargo, en cada caso entre dos segundas almas de transición 19 no está dispuesta ninguna mitad de devanado adicional.

Con respecto a un par individual de almas de ranura centrales 16, las dos mitades de devanado 22 dispuestas entre estas dos almas de ranura centrales 16 están dispuestas una por encima de la otra. Por tanto, en cada caso una de

estas dos mitades de devanado 22 está dispuesta más cerca de la culata de estator 14 ("abajo") y más cerca del rotor 2 ("arriba"). A continuación, se considera en primer lugar el devanado 21 en el que la mitad de devanado 22 en el par observado de almas de ranura centrales 16 está dispuesta abajo. Es posible que la otra mitad de devanado 22 de este devanado 21 también esté dispuesta abajo, esto es, que entre otras dos almas de ranura centrales 16 sea la mitad de devanado 22 inferior allí o esté dispuesta entre dos primeras almas de transición 17. En este caso, preferiblemente, los devanados 21 dispuestos "abajo" están contruidos de manera idéntica entre sí.

Ahora se considera el devanado 21 en el que la mitad de devanado 22 en el par observado de almas de ranura centrales 16 está dispuesta arriba. De manera análoga es posible que la otra mitad de devanado 22 de este devanado 21 también esté dispuesta arriba, esto es, entre dos otras almas de ranura centrales 16 sea la mitad de devanado 22 superior allí o esté dispuesta entre dos segundas almas de transición 19. Igualmente, en este caso, los devanados 21 dispuestos "arriba" están contruidos preferiblemente de manera idéntica entre sí.

Sin embargo, preferiblemente, las dos mitades de devanado 22 de un devanado 21 están dispuestas en cada caso, por un lado, arriba y, por otro lado, abajo. Esto está representado en la figura 6 y – para un devanado 21 individual – en la figura 7. En este caso, todos los devanados 21 pueden estar contruidos de manera uniforme. La figura 8 y la figura 9 muestran un segmento de estator 10 correspondiente dotado completamente de devanados 21.

De la disposición en cada caso de dos mitades de devanado 22 en cada caso entre dos almas de ranura centrales 16 y en cada caso una mitad de devanado 22 en cada caso entre dos primeras y segundas almas de transición 17, 19 resultan anchos de zona necesarios de la zona central 11, de la primera zona de transición 12 y de la segunda zona de transición 13. En particular, las primeras almas de transición 17 de la primera zona de transición 12 y las segundas almas de transición 19 de la segunda zona de transición 13 tienen que formar en cada caso  $m+1$  ranuras, siendo  $m$  el número de ranuras que salta un determinado devanado 21. Las almas de ranura centrales 16 tienen que formar un múltiplo entero de  $m+1$  ranuras.

En la configuración explicada anteriormente en conexión con las figuras 3 a 9 de los segmentos de estator 10, los segmentos de estator 10 están configurados en una sola pieza visto en la dirección de movimiento  $x$  del rotor 2 (recorte de chapa). Sin embargo, esto no es obligatorio. A continuación, se explica en conexión con las figuras 10 y 11 una configuración adicional de los segmentos de estator 10 en la que los segmentos de estator 10 tienen en cada caso una primera parte de segmento de estator 23 y una segunda parte de segmento de estator 24 visto en la dirección de movimiento  $x$  del rotor 2. La división de los segmentos de estator 10 en la primera parte de segmento de estator 23 y la segunda parte de segmento de estator 24 constituye la diferencia fundamental. Las realizaciones que están realizadas anteriormente en conexión con las figuras 3 a 9, por tanto, - con excepción de la configuración en una sola pieza - de manera análoga, también se pueden aplicar a la configuración de acuerdo con las figuras 10 y 11.

De acuerdo con las figuras 10 y 11, la segunda parte de segmento de estator 24 comprende la segunda zona de transición 13. La primera parte de segmento de estator 23 comprende la parte restante del segmento de estator 10, esto es, la zona central 11 y la primera zona de transición 12. La primera parte de segmento de estator 23 y la respectiva segunda parte de segmento de estator 24 - evidentemente - están unidas entre sí. Por ejemplo, el alma de ranura central 16 adyacente a la segunda zona de transición 13 puede tener un saliente 25 en su extremo dirigido al rotor 2. En este caso, el saliente 25 colabora con una hendidura 26 correspondiente que está introducida en el segundo alma de transición 19 adyacente a la zona central 11. El saliente 25 y la hendidura 26 forman una unión de ranura y lengüeta mediante la que la primera parte de segmento de estator 23 y la segunda parte de segmento de estator 24 están unidas entre sí.

La máquina eléctrica de acuerdo con la invención tiene ventajas considerables con respecto a otras máquinas eléctricas en las que el estator 1 está contruido a partir de segmentos de estator 10. En particular, se puede realizar de manera relativamente sencilla una máquina eléctrica con un devanado de dos capas completo sin influir de manera negativa en la fiabilidad y la seguridad funcional de la máquina eléctrica. Mediante la misma configuración de los devanados 21 se pueden realizar proyecciones más cortas, por lo que, a su vez, se pueden minimizar pérdidas eléctricas. Además, los devanados 21 tienen (al menos fundamentalmente) resistencias eléctricas idénticas. Además, unas denominadas corrientes circulantes se pueden reducir claramente.

Aunque la invención se ha ilustrado y descrito en más detalle mediante el ejemplo de realización preferido, la invención no está limitada por los ejemplos dados a conocer y un experto en la técnica puede deducir de ello otras variaciones sin abandonar el alcance de protección de la invención que se establece mediante las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Máquina eléctrica,

- en la que la máquina eléctrica tiene un estator (1) y un rotor (2),
- en la que el rotor (2) se puede mover con respecto al estator (1) en una dirección de movimiento (x),

5 - en la que el estator (1) está dividido en segmentos de estator (10) adyacentes entre sí visto en la dirección de movimiento (x) del rotor (2),

- en la que los segmentos de estator (10) tienen en cada caso una zona central (11), una primera zona de transición (12) y una segunda zona de transición (13),

10 - en la que las zonas centrales (11) están dispuestas entre la primera zona de transición (12) y la segunda zona de transición (13) del respectivo segmento de estator (10) visto en la dirección de movimiento (x) del rotor (2),

- en la que los segmentos de estator (10) presentan en su lado alejado del rotor (2) en cada caso una culata de estator (14) que se extiende por la respectiva zona central (11) y la respectiva primera zona de transición (12),

- en la que, partiendo de las culatas de estator (14), se extienden en la respectiva zona central (11) almas de ranura centrales (16) y en la respectiva primera zona de transición (12) primeras almas de transición (17) hacia el rotor (2),

15 - en la que las primeras almas de transición (17) terminan por debajo de las almas de ranura centrales (16) visto en la dirección hacia el rotor (2),

- en la que las almas de ranura centrales (16) y las primeras almas de transición (17) forman en cada caso ranuras que están abiertas hacia el rotor (2) visto desde la culata de estator (14) y están limitadas lateralmente en cada caso por dos almas de ranura centrales (16), por dos primeras almas de transición (17) o por el alma de ranura central (16) adyacente a la primera zona de transición (12) y el primer alma de transición (17) adyacente a la zona central (11) visto en la dirección de movimiento (x) del rotor (2),

20

- en la que los segmentos de estator (10) tienen en su lado alejado del rotor (2) en la respectiva segunda zona de transición (13) en cada caso un alma transversal (18),

25 - en la que, partiendo del respectivo alma transversal (18), en la respectiva segunda zona de transición (13) se extienden respectivas segundas almas de transición (19) hacia el rotor (2),

- en la que las segundas almas de transición (19) forman en cada caso ranuras que están abiertas hacia el rotor (2) visto desde la culata de estator (14) y están limitadas lateralmente en cada caso por dos segundas almas de transición (19) visto en la dirección de movimiento (x) del rotor (2),

30 - en la que las segundas almas de transición (19) terminan a la misma altura que las almas de ranura centrales (16) visto en la dirección hacia el rotor (2),

- en la que, visto en la dirección hacia el rotor (2), bordes inferiores (15) de las culatas de estator (14) presentan una distancia de culata (a1) con respecto al rotor (2),

35 - en la que, visto en la dirección hacia el rotor (2), una distancia (a3) de las primeras almas de transición (17) con respecto al rotor (2) es al menos igual de grande que una distancia (a5) de un borde inferior (20) de las almas transversales (18) alejado del rotor (2) y

- en la que la primera zona de transición (12) y la segunda zona de transición (13) de segmentos de estator (10) directamente adyacentes entre sí se solapan entre sí visto en la dirección de movimiento (x) del rotor (2) y están dispuestas una por encima de la otra visto desde el estator (1) hacia el rotor (2).

40 2. Máquina eléctrica de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque los segmentos de estator (10) están configurados en una sola pieza visto en la dirección de movimiento (x) del rotor (2).

3. Máquina eléctrica de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada

- porque los segmentos de estator (10) tienen en cada caso una primera parte de segmento de estator (23) y una segunda parte de segmento de estator (24) visto en la dirección de movimiento (x) del rotor (2),



- porque la respectiva primera parte de segmento de estator (23) comprende la zona central (11) y la primera zona de transición (12) del respectivo segmento de estator (10),
  - porque la respectiva segunda parte de segmento de estator (24) comprende la segunda zona de transición (13) del respectivo segmento de estator (10) y
- 5 - porque la respectiva primera parte de segmento de estator (23) y la respectiva segunda parte de segmento de estator (24) están unidas entre sí.
4. Máquina eléctrica de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizada porque la respectiva primera parte de segmento de estator (23) y la respectiva segunda parte de segmento de estator (24) están unidas entre sí mediante una unión de ranura y lengüeta.
- 10 5. Máquina eléctrica de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada
- porque en cada caso entre dos almas de ranura centrales (16) están dispuestas una de dos mitades de devanado (22) de un primer devanado (21) y una de dos mitades de devanado (22) de un segundo devanado (21),
  - porque la otra mitad de devanado (22) del primer devanado (21) está dispuesta entre dos almas de ranura centrales (16), entre el alma de ranura central (16) adyacente a la primera zona de transición (12) del respectivo segmento de estator (10) y el primer alma de transición (17) adyacente a la zona central (11) del respectivo segmento de estator (10) o entre dos primeras almas de transición (17) del respectivo segmento de estator (10),
- 15
- porque la otra mitad de devanado (22) del segundo devanado (21) está dispuesta entre dos almas de ranura centrales (16), entre el alma de ranura central (16) adyacente a la segunda zona de transición (13) del respectivo segmento de estator (10) y el segundo alma de transición (19) adyacente a la zona central (11) del respectivo segmento de estator (10) o entre dos segundas almas de transición (19) del respectivo segmento de estator (10),
- 20
- porque en cada caso entre dos primeras almas de transición (17) está dispuesta exclusivamente la otra mitad de devanado (22) de un primer devanado (21) pero ninguna mitad de devanado (22) de un segundo devanado (21) y
  - porque en cada caso entre dos segundas almas de transición (19) está dispuesta exclusivamente la otra mitad de devanado (22) de un segundo devanado (21) pero ninguna mitad de devanado (22) de un primer devanado (21).
- 25 6. Máquina eléctrica de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizada porque los primeros devanados (21) están contruidos de manera idéntica entre sí.
7. Máquina eléctrica de acuerdo con la reivindicación 5 o 6, caracterizada porque los segundos devanados (21) están contruidos de manera idéntica entre sí.
- 30 8. Máquina eléctrica de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizada porque todos los devanados (21) están contruidos de manera idéntica.
9. Máquina eléctrica de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque los segmentos de estator (10) están curvados de manera circular alrededor de un eje de rotación (6), porque la dirección de movimiento (x) del rotor (2) discurre de manera tangencial con respecto al eje de rotación (6) y porque la dirección (y) del estator (1) al rotor (2) discurre de manera radial con respecto al eje de rotación (6).
- 35 10. Máquina eléctrica de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque se utiliza como generador de una instalación eólica.

FIG 1

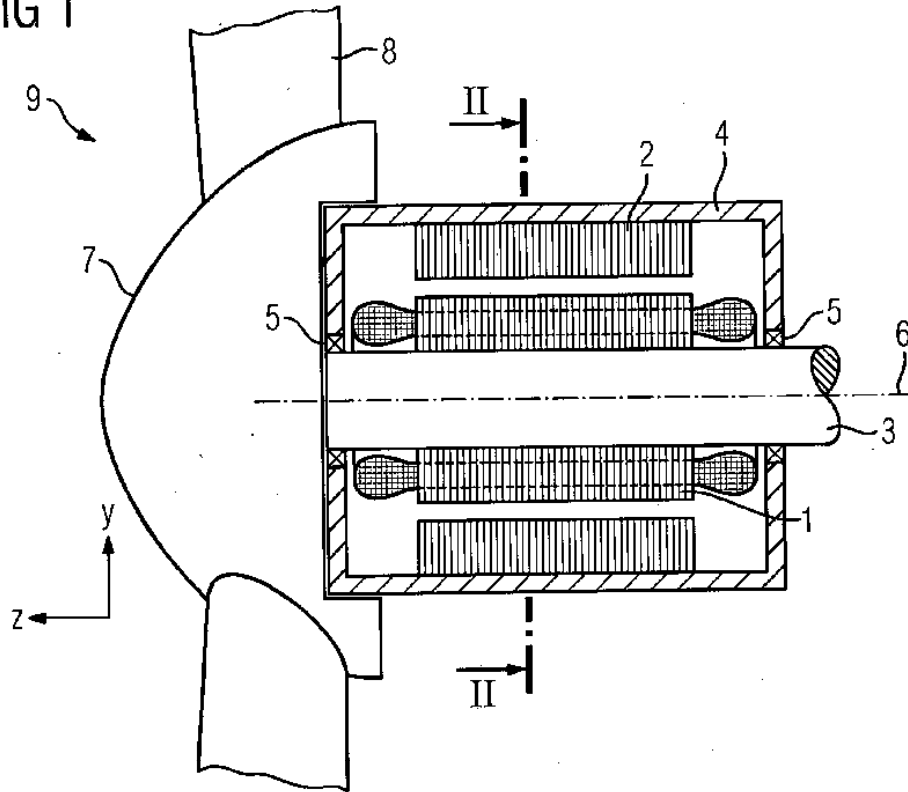


FIG 2

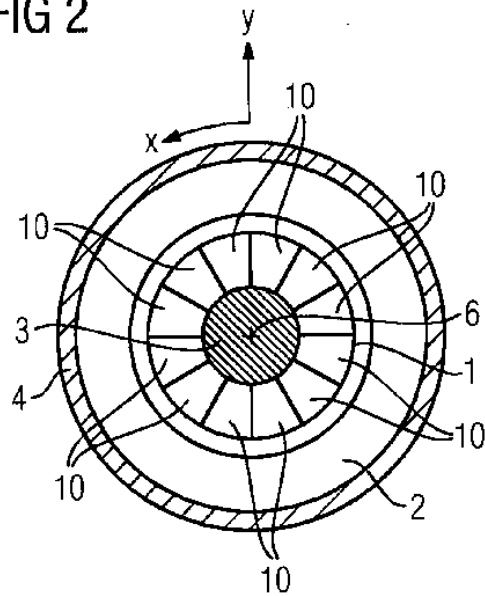


FIG 3

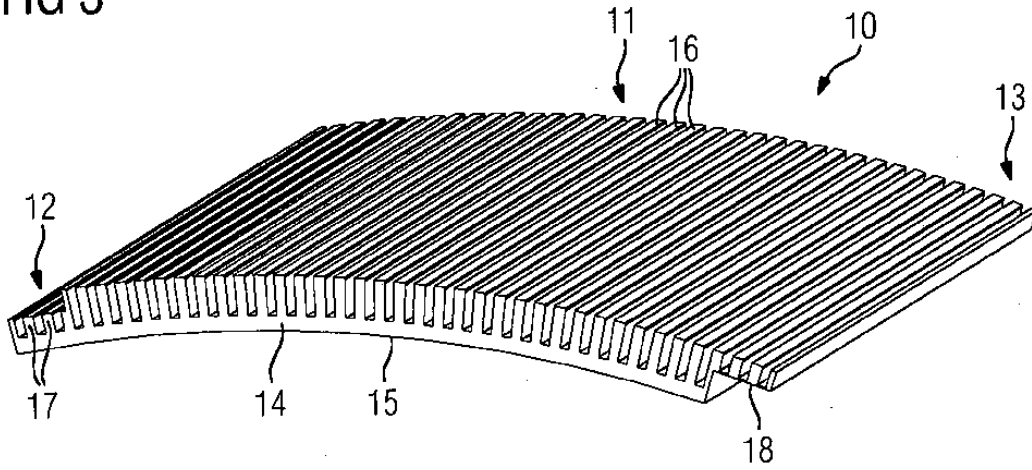


FIG 4

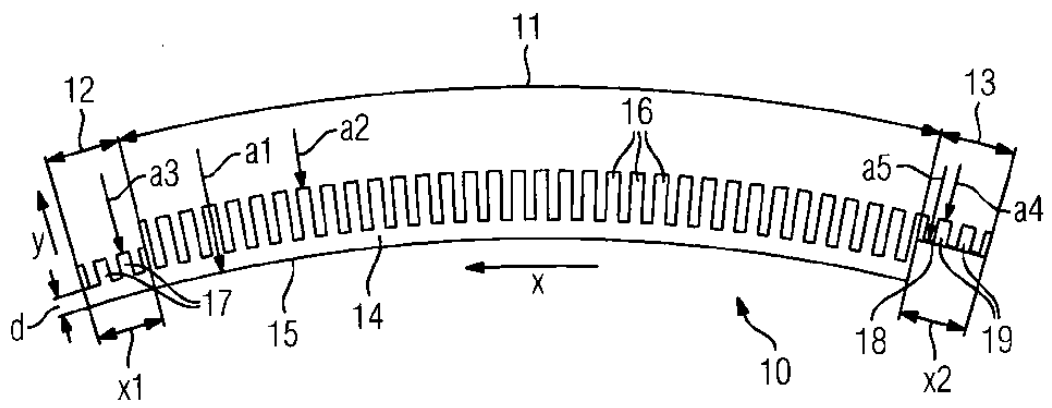


FIG 5

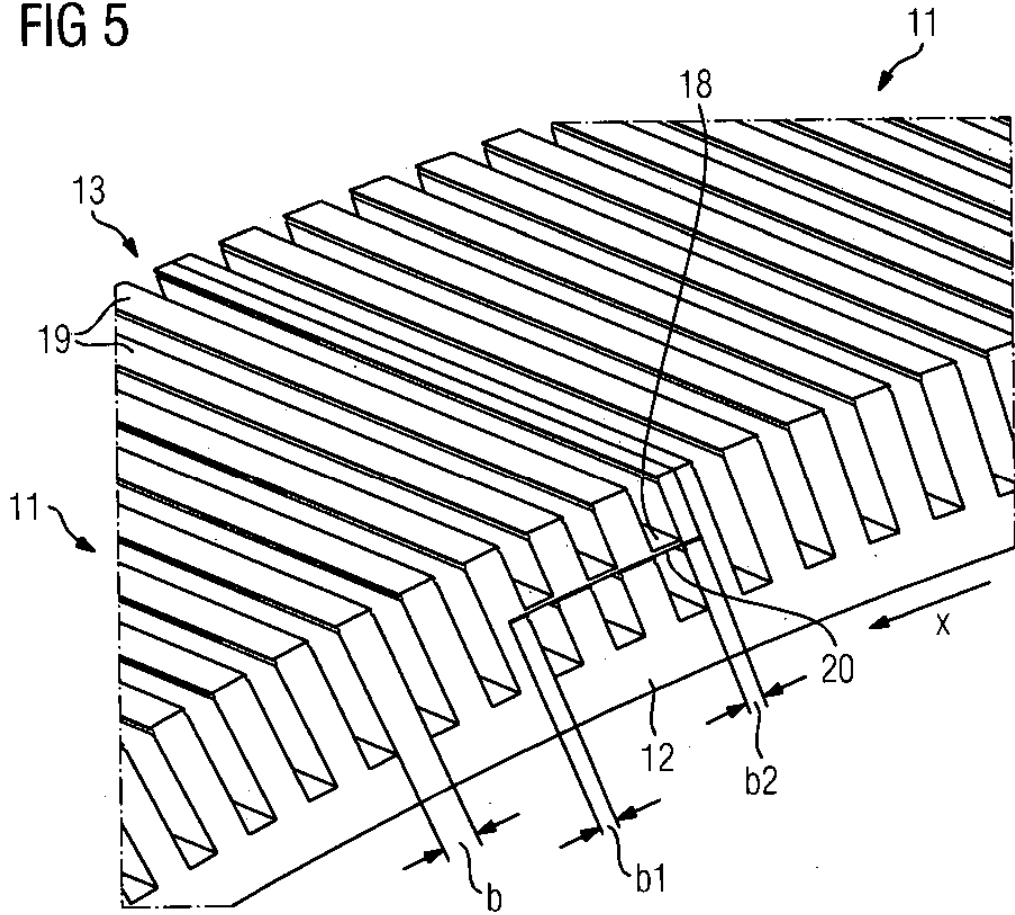


FIG 6

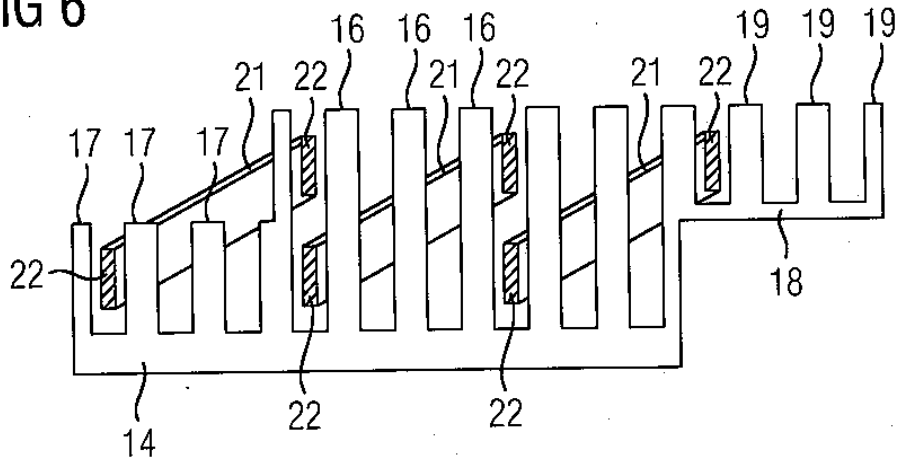


FIG 7

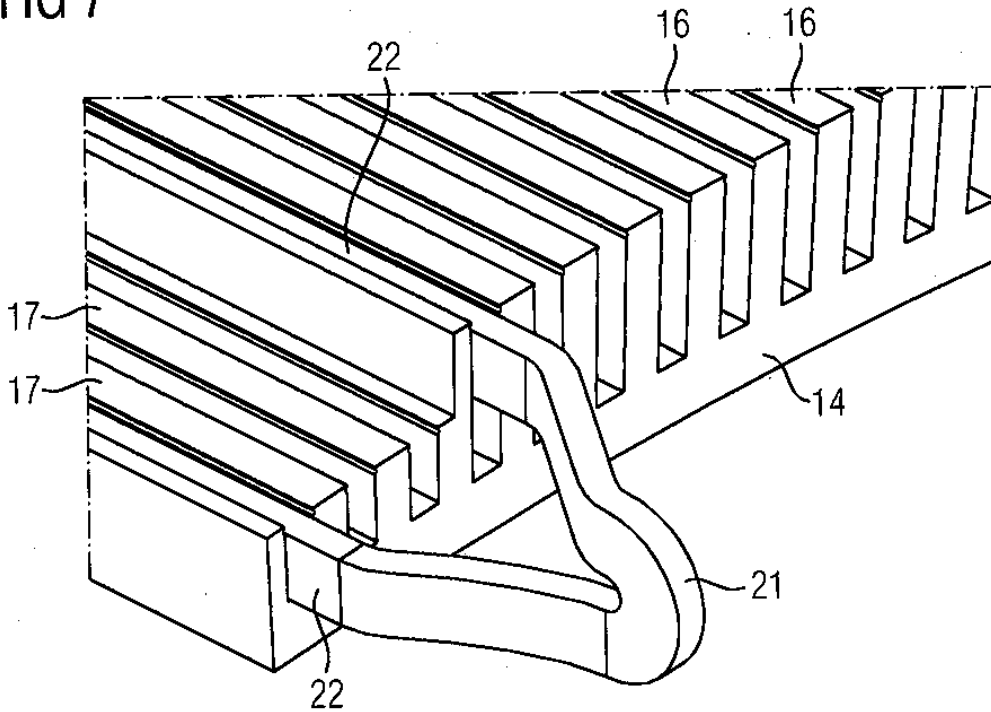


FIG 8

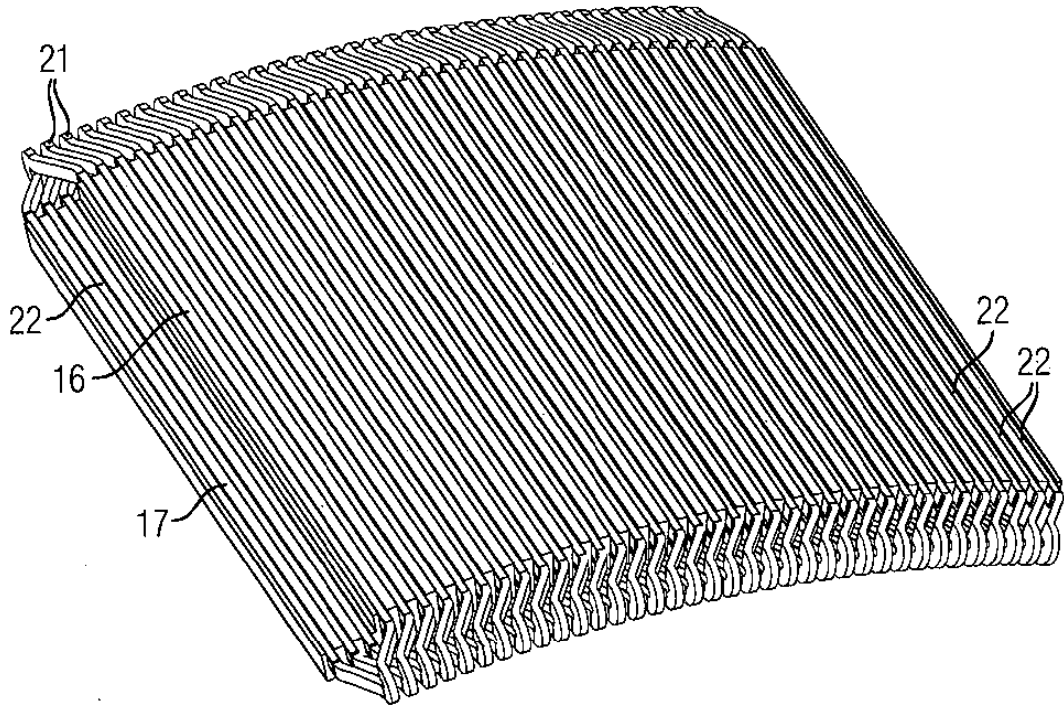


FIG 9

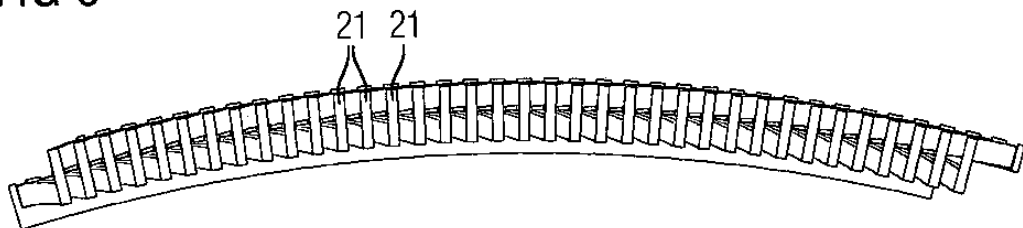


FIG 10

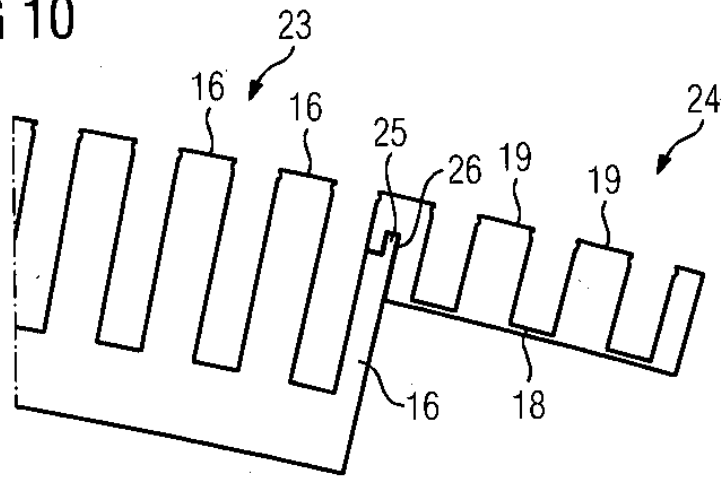


FIG 11

