

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11) Número de publicación: **2 735 901**

51) Int. Cl.:

H02K 1/24

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.03.2016 PCT/EP2016/055225**

87) Fecha y número de publicación internacional: **20.10.2016 WO16165886**

96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.03.2016 E 16709436 (6)**

97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019 EP 3284157**

54) Título: **Turbina eólica y paquete de polos para un generador síncrono de una turbina eólica así como un generador síncrono**

30) Prioridad:

13.04.2015 DE 102015206541

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

20.12.2019

73) Titular/es:

**WOBEN PROPERTIES GMBH (100.0%)
Borsigstrasse 26
26607 Aurich, DE**

72) Inventor/es:

GIENGIEL, WOJCIECH

74) Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 735 901 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

Turbina eólica y paquete de polos para un generador síncrono de una turbina eólica así como un generador síncrono

5 La presente invención se refiere a una turbina eólica así como a paquetes de polos de un generador síncrono de una turbina eólica y, en particular, a las láminas de acero de los paquetes de polos de los paquetes de los polos, así como a un generador síncrono de una turbina eólica.

Según el estado de la técnica, se conocen turbinas eólicas, en particular, turbinas eólicas sin engranajes. Las
10 turbinas eólicas se accionan mediante un rotor aerodinámico que está directamente conectado con el rotor de un generador. El movimiento del rotor en el generador convierte la energía cinética obtenida del viento en energía eléctrica. El rotor del generador, por lo tanto, gira a la misma velocidad de rotación lenta que el rotor aerodinámico.

Para tener en cuenta una velocidad tan lenta, el generador presenta un diámetro de generador relativamente grande
15 con un diámetro grande del entrehierro con respecto a la potencia nominal. El entrehierro está limitado en el lado del rotor por los paquetes de polos, donde estos paquetes de polos consisten en una pluralidad de láminas de acero de los paquetes de polos troquelados que están apilados uno encima de otro y, por ejemplo, soldados entre sí para formar los paquetes de polos.

Según el estado de la técnica, las láminas de acero de los paquetes de polos presentan un área del eje polar y un
20 área del cabezal polar que sobresale lateralmente del área del eje polar. Las áreas del eje polar dispuestas sucesivamente de las láminas de acero de los paquetes de polos de los paquetes de polos están provistas de un devanado y este devanado es alimentado con una corriente de excitación eléctrica. Así se genera una excitación magnética con los paquetes de polos y el devanado correspondiente junto con la corriente de excitación. Esta
25 excitación magnética hace que los paquetes de polos con el devanado actúen como polos magnéticos del rotor del generador síncrono.

Para ello se sabe conformar el área del cabezal polar generalmente de tal manera que haya un entrehierro
30 sustancialmente constante y lo más estrecho posible entre el área del cabezal polar y el estator de la máquina síncrona, para maximizar la cantidad de fuerzas magnéticas generadas en el rotor y que actúan sobre el estator del generador para la generación de energía.

Dichos generadores, sin embargo, presentan el problema de que las fluctuaciones del par son causadas por los
35 paquetes de polos dispuestos en el rotor, así como por los espacios entre los paquetes de polos, ya que esto da lugar a un campo magnético inestable que solo es generado por las zapatas polares y los devanados.

Estas fluctuaciones del par suelen presentar una frecuencia que depende de la velocidad del rotor y provocan
oscilaciones en el generador que también pueden transmitirse a otros componentes del tren de potencia o de la
40 turbina eólica o superponerse a otras oscilaciones de estos componentes. Estas vibraciones pueden dañar el sistema durante el funcionamiento continuo y provocar ruidos no deseados.

Ya se han realizado esfuerzos para minimizar estas vibraciones modificando la disposición y geometría de los
devanados. Sin embargo, dichos esfuerzos aún no han dado los resultados deseados.

45 Un objetivo de la presente invención es, por tanto, suavizar las fluctuaciones del par de un generador y las vibraciones resultantes que conducen a daños en el sistema y a ruidos no deseados o al menos influir en las frecuencias de las vibraciones superpuestas resultantes de las vibraciones, minimizando de esa manera las frecuencias no deseadas de las vibraciones contenidas en ellas.

50 La Oficina Alemana de Patentes y Marcas ha investigado en la solicitud de prioridad de la presente solicitud la siguiente técnica anterior: WO 2012/168238 A2, US 2012/0080973 A1, WO 2012/107109 A1 y DE 10 2013 206 121 A1. El documento WO 2012/107109 A1 da a conocer un rotor de una máquina eléctrica que presenta un perfil parcialmente elíptico. El documento CN 202940646 U, que también se ha encontrado, da a conocer un lado superior redondeado de un cabezal polar.

55 Según la invención, el objetivo se resuelve mediante un paquete de polos para un generador síncrono de una turbina eólica, que presenta una pluralidad de láminas de acero del paquete de los polos. Cada una de las láminas de acero del paquete de los polos presenta un área del eje polar y un área del cabezal polar. El área del cabezal polar sobresale lateralmente del área del eje polar. Además, el área del cabezal polar presenta un lado orientado hacia el
60 área del eje polar y un lado orientado en dirección opuesta al área del eje polar, donde el contorno del área del

cabezal polar es idealmente elíptico en el lado orientado en dirección opuesta al área del eje polar o discurre en forma elíptica, es decir, que se corresponde con o se asemeja a una parte de una trayectoria elíptica, donde el contorno del área del cabezal polar en el lado orientado en dirección opuesta al área del eje polar y una parte del contorno del área del cabezal polar que se adhiere además a esta zona del contorno, es decir, que sobresale del área del eje polar y está orientado hacia el lado del área del cabezal polar orientado hacia el área del eje polar, es también elíptico o se corresponde con la parte de una trayectoria elíptica. De esta manera, están previstos paquetes de polos cuyas láminas de acero del paquete de polos presentan en cada caso un área del cabezal polar que presenta un contorno elíptico en el lado superior y en las áreas del borde del área del cabezal polar correspondiente. El campo magnético generado por los paquetes de polos y las bobinas se ve influenciado por dicho contorno del área del cabezal polar de tal manera que las fluctuaciones del par se suavizan.

Una elipse presenta un eje principal. El eje principal se corresponde con una recta que pasa por el centro de la elipse y conecta los vértices principales o vértices del contorno elíptico o de la trayectoria elíptica que se corresponden con los puntos del contorno elíptico o de la trayectoria elíptica más alejados del contorno elíptico o de la trayectoria elíptica. El eje principal está dividido por el centro en los dos semiejes grandes.

En el eje principal se encuentra el eje menor verticalmente y pasa por el centro de la elipse. El eje menor está dividido por el centro en los dos semiejes pequeños. En consecuencia, el eje menor presenta los vértices menores o puntos de los vértices menores en la ubicación donde el eje menor se encuentra con el contorno elíptico o la trayectoria elíptica.

El contorno de los paquetes de polo según la invención conduce a un cambio del campo magnético del rotor que cambia de manera continua a lo largo del área del cabezal polar. Visto a lo largo de la dirección de rotación del rotor, hay un cambio constante en el campo magnético en el área de los paquetes de polos, que disminuye más fuertemente hacia las áreas de los bordes que en el caso de los rotores convencionales. Esto da como resultado una diferencia menor en las fuerzas magnéticas entre los paquetes de polos y los espacios entre ellos, lo que a su vez reduce o suaviza las fluctuaciones del par.

De manera particularmente ventajosa, el paquete de polos según la invención conduce a la reducción y/o suavización de las fluctuaciones del par en los generadores anulares.

Para la configuración según la invención de los paquetes de polos, se acepta que se necesita una mayor corriente de excitación en el rotor, debido al aumento de tamaño del entrehierro para un par de torsión comparativamente igual que cuando se usan paquetes de polos convencionales.

Según otra realización, la relación del semieje mayor del contorno elíptico del área del cabezal polar al semieje menor del contorno elíptico del área del cabezal polar se corresponde con un valor en el intervalo de 2 a 8 o de 4 a 6.

Según otra realización ventajosa, la relación entre el semieje grande del contorno elíptico del área del cabezal polar y el eje principal pequeño del contorno elíptico del área del cabezal polar se corresponde con un valor en el intervalo de 4,8 a 5,2.

Según otra realización, la relación entre el semieje grande del contorno elíptico del área del cabezal polar y el semieje pequeño del contorno elíptico del área del cabezal polar se corresponde con un valor de 5,1, en particular, de 5,125.

Estas relaciones mencionadas entre el semieje grande y el semieje pequeño del contorno elíptico del área del cabezal polar conducen a una minimización particularmente ventajosa de las fluctuaciones del par, ya que esta forma de elipse provoca un cambio del campo magnético particularmente constante en la zona de los paquetes de polos.

Según otra realización, un paquete de polos presenta una pluralidad de segmentos del paquete de polos, en la que cada segmento del paquete de polos comprende una o más láminas de acero del paquete de polos. Cada área del eje de las láminas de acero del paquete de polos también presenta una primera línea central y cada área del cabezal polar de las láminas de acero del paquete de polos presenta una segunda línea central. Según esta realización, la distancia entre la primera y la segunda línea central es diferente en al menos dos de los segmentos del paquete de polos adyacentes.

Estos segmentos del paquete de polos de un paquete de polos, que están desplazados entre sí, suavizan aún más

las fluctuaciones del par del generador.

Según otra realización, los segmentos del paquete de polos están configurados en forma de flecha y/o con simetría especular. Debido a la configuración en forma de flecha o con simetría especular, las áreas del borde de los paquetes de polos adyacentes se superponen en sentido horizontal, al menos en el área del borde de las áreas del cabezal polar. Esto suaviza aún más las fluctuaciones del par.

Además, la presente invención comprende una turbina eólica y un generador síncrono para una turbina eólica, es decir, un generador síncrono de turbina eólica, con un estator y un rotor, es decir, un rotor de generador síncrono de turbina eólica, y una pluralidad de paquetes de polos, es decir, paquetes de polos de rotor de generador síncrono de turbina eólica, según una de las realizaciones anteriores.

Según otra realización, la anchura del entrehierro o la anchura entre el estator y el rotor visto en el sentido de circulación es inconstante en la zona de los paquetes de polos y, por tanto, cambia de forma continua o constante.

Un generador síncrono de este tipo muestra un comportamiento particularmente ventajoso con respecto a las fluctuaciones del par debido a una suavización ventajosa de las fluctuaciones del par.

A continuación, se explican con más detalle ejemplos de realización ventajosos de la invención con referencia al dibujo.

Figura 1 muestra una turbina eólica,

Figura 2 muestra una vista esquemática de sección de un paquete de polos según un primer ejemplo de realización de la invención,

Figura 3 muestra una vista en planta de un paquete de polos según un ejemplo de realización de la invención, y

Figura 4 muestra una vista lateral de un paquete de polos según un ejemplo de realización de la invención.

La fig. 1 muestra una representación esquemática de una turbina eólica según la invención. La turbina eólica 100 muestra una torre 102 y una góndola 104 sobre la torre 102. En la góndola 104, está previsto un rotor 106 aerodinámico con tres palas de rotor 108 y un rotámetro 110. Durante el funcionamiento de la turbina eólica, el rotor aerodinámico 106 se pone en movimiento giratorio por el viento y, por lo tanto, también gira a un rotor de un generador, en particular, de un generador síncrono, que está acoplado directa o indirectamente al rotor aerodinámico 106. El generador eléctrico está dispuesto en la góndola 104 y genera energía eléctrica. Los ángulos de paso de las palas del rotor 108 pueden ser cambiados por motores de paso en las raíces de las palas del rotor 108b de las palas del rotor 108 correspondientes.

Los paquetes de polos que se describen a continuación se usan para un rotor de un generador síncrono o un rotor de un generador anular.

La fig. 2 muestra una vista esquemática de sección de un paquete de polos de un rotor de un generador síncrono según un primer ejemplo de realización de la invención. El paquete de polos 10 presenta una serie de segmentos del paquete de polos 12, 14, 16. Cada segmento del paquete de polos 12, 14, 16 presenta una lámina de acero del paquete de polos 22 o una pluralidad láminas de acero del paquete de polos 22 idénticas. Cada lámina de acero del paquete de polos 22 presenta un área del cabezal polar 18 y un área del eje polar 20.

La fig. 2 muestra el área del cabezal polar 18 y el área del eje polar 20 separados por la línea divisoria 23, donde que esta línea divisoria 23 no representa ninguna soldadura en las láminas de acero del paquete de polos 22, sino que más bien se muestra para una mejor comprensión. Por lo tanto, se fabrican las láminas de acero del paquete de polos 22 preferentemente en una sola pieza y, en particular, se perforan para la fabricación. El área del eje polar 20 está configurada sustancialmente de forma rectangular y opcionalmente presenta dos salientes 24 en el área inferior.

El área del cabezal polar 18 se divide en una parte superior 30 y una parte inferior 32 a lo largo de la línea de puntos 26 que atraviesa los vértices 28a, 28b del primer segmento del paquete de polos 12. La parte superior 30 del área del cabezal polar 18 se corresponde aquí con un lado 30 orientado en dirección opuesta del área del eje polar 20 y presenta un contorno elíptico 31, mientras que también la parte inferior 32, que se corresponde con un lado 32 orientado hacia el área del eje polar 20 presenta al menos parcialmente un contorno elíptico 31. El área del cabezal

polar 18 sobresale lateralmente del área del eje polar 20.

Por tanto, el contorno 31 del área del cabezal polar 18 orientado hacia el lado opuesto 30 del área del eje polar 20, es decir, el lado superior 30 del área del cabezal polar 18, es elíptico. Además, también es elíptica una parte adyacente del contorno 31 del área del cabezal polar 18, que sobresale del área del eje polar 20, y que en el lado 32 del área del cabezal polar, que está orientado hacia el área del eje polar 20 y, por tanto, se corresponde con la parte inferior 32 del área del cabezal polar.

Para el primer segmento del paquete de polos 12 mostrado, el área del cabezal polar 18 presenta una forma elíptica desde el punto 35 a lo largo del contorno 31 del área del cabezal polar 18 en el sentido de las agujas del reloj hasta el punto 36.

La relación entre el semieje grande 37 y el semieje pequeño 38 del contorno elíptico del área del cabezal polar se corresponde con un valor en el intervalo de 4 a 6.

Cada uno de los segmentos del paquete de polos 12, 14, 16 presenta una lámina de acero del paquete de polos 22 o una pluralidad de láminas de acero del paquete de polos 22 idénticas, donde los ejes del paquete de polos 20 de los segmentos del paquete de polos 12, 14, 16 presentan una línea central 39 común, mientras que las áreas del cabezal polar 18 de los paquetes de polos 12, 14, 16 presentan cada una una línea central 40 que discurre paralelamente a la línea central 39 del área del eje polar 20 y que en cada caso discurre a través del centro de la elipse formada por el área del cabezal polar. Esta línea central 40 de las áreas del cabezal polar 18 de los segmentos del paquete de polos 12, 14, 16 adyacentes presentan diferentes distancias a la línea central 39 del área del eje polar.

Por tanto, las áreas del cabezal polar 18 de los segmentos del paquete de polos 12, 14, 16 adyacentes están dispuestas de forma desplazada entre sí. Por tanto, las posiciones relativas de las áreas del eje polar 20 de un segmento de un paquete de polos 12, 14, 16 son diferentes a las áreas del cabezal polar 18 correspondientes en los segmentos adyacentes de un paquete de polos 12, 14, 16.

La fig. 3 muestra una vista esquemática en planta de un paquete de polos 10 con una pluralidad de segmentos de paquetes de polos 12, 14, 16, en la que los paquetes de polos 10 están dispuestos en la región superior con simetría especular con respecto a los paquetes de polos 10 en la región inferior 46. Todo el paquete de polos 10 presenta una disposición en forma de flecha.

La fig. 4 muestra una vista lateral del paquete de polos 10. Los paquetes de polos 10 según la invención están provistos cada uno de un devanado y este devanado es alimentado con una corriente eléctrica, de modo que el paquete de polos 10 y el devanado correspondiente junto con una corriente de excitación generan una excitación magnética. Esta excitación magnética hace que el paquete de polos 10 con el devanado actúe como polo magnético. Por tanto, el polo de una máquina eléctrica se forma con un paquete de polos 10, un devanado y una corriente de excitación.

Según una realización, las láminas de acero del paquete de polos 22 están fabricados mediante procesos de separación, en los que la separación incluye troquelado, corte por láser, corte por chorro de agua o recorte. El paquete de polos 10 según la invención sirve en un rotor de un generador síncrono, en particular, de un generador síncrono excitado de manera externa, para generar el campo de excitación.

El generador síncrono de la turbina eólica según la invención, es decir, el generador síncrono de una turbina eólica, es preferentemente un generador anular o un generador síncrono anular. Dicho generador síncrono anular y multipolar de una turbina eólica sin engranajes presenta una pluralidad de polos de estator, en particular, al menos 48 dientes de estator, a menudo incluso más dientes de estator, en particular 96 dientes de estator o incluso más dientes de estator.

La zona magnéticamente activa del generador anular, es decir, tanto el rotor, como el estator, está dispuesta en una zona anular alrededor del eje de rotación del generador síncrono. En particular, un intervalo del 0 a por lo menos un 50 por ciento del radio del entrehierro está libre de materiales que conducen la corriente eléctrica o el campo eléctrico del generador síncrono. En particular, este espacio interior es completamente libre y en un principio es transitable. A menudo esta área es de más del 0 al 50 por ciento del radio del entrehierro, particularmente del 0 al 70 por ciento o incluso del 0 al 80 por ciento del radio del entrehierro. En función de la estructura, puede estar presente una estructura de soporte en esta zona interior, que, sin embargo, puede estar desplazada axialmente en algunas realizaciones.

Según la invención, se usan los paquetes de polos con un rotor de un generador síncrono o rotor de generador síncrono o con un rotor de generador anular o rotor de generador anular. Tanto el generador síncrono como el generador anular representan un generador síncrono de rotación lenta con una velocidad de menos de 30, 25 o incluso 20 revoluciones por minuto.

5

El diámetro del rotor del generador síncrono o del rotor del generador anular suele ser de varios metros, con un diámetro del entrehierro de al menos 3 o incluso más de 5 metros. El generador síncrono o el generador anular presenta una potencia de al menos 100 kilovatios, al menos 500 kilovatios o, preferentemente, al menos 1 megavatio, que también puede ser de 3 MW o de hasta 10 MW.

10

REIVINDICACIONES

1. Paquete de polos para un rotor de un generador síncrono de una turbina eólica,
en el que
- 5 - el paquete de polos (10) comprende una pluralidad de láminas de acero del paquete de polos (22) y cada lámina de acero del paquete de polos (22) comprende un área del eje polar (20) y un área del cabezal polar (18), en el que
- el área del cabezal polar (18) sobresale lateralmente del área del eje polar (20) y el área del cabezal polar (18) presenta un lado (32) orientado hacia el área del eje polar (20) y un lado (30) orientado en dirección opuesta al área del eje polar (20) y en el que
- 10 - el contorno (31) del área del cabezal polar (18) es elíptico de en el lado (30) orientado en dirección opuesta del área del eje polar (20),
- caracterizado porque
- 15 el contorno del área del cabezal polar (18) en el lado (30) orientado en dirección opuesta al área del eje polar (20) y al menos una parte adyacente del contorno (31) del área del cabezal polar (18) del lado (32) que sobresale del área del eje polar (20) y que está orientado hacia el área del eje polar (20) es elíptico.
- 20 2. Turbina eólica con un generador síncrono, en particular, un generador anular, en el que
- el generador síncrono presenta una potencia de al menos 500 kilovatios, un diámetro del entrehierro de al menos tres metros, así como un estator y un rotor, y el rotor presenta una pluralidad de paquetes de polos (10) según la reivindicación 1.
- 25 3. Turbina eólica según la reivindicación 2, en la que la relación entre el semieje grande (37) y el semieje pequeño (38) se corresponde con la elipse (18) dibujada por el contorno (31) del área del cabezal polar con un valor en el intervalo de 4 a 6.
- 30 4. Turbina eólica según la reivindicación 2 o 3, en la que la relación entre el semieje grande (37) y el semieje pequeño (38) de la elipse (18) dibujada por el contorno (31) del área del cabezal polar se corresponde con un valor en el intervalo de 4,8 a 5,2, en particular, de 5,1.
5. Turbina eólica según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en la que el paquete de polos (10) comprende una pluralidad de segmentos de paquetes de polos (12, 14, 16) y cada segmento de paquetes de polos (12, 14, 16) comprende una o más láminas de acero del paquete de polos (22) en cada caso y cada área del eje polar (20) de las láminas de acero del paquete de polos (22) presenta una primera línea central (39) y cada área del cabezal polar (18) presenta una segunda línea central (40), en la que la distancia (44) entre la primera línea central (39) y la segunda línea central (40) es diferente en al menos dos segmentos de paquetes de polos (12, 14, 16) adyacentes.
- 35 40 6. Turbina eólica según la reivindicación 5, en la que la disposición de los segmentos del paquete de polos (12, 14, 16) en la vista en planta está configurada en forma de flecha y/o con simetría especular.
- 45 7. Turbina eólica según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6, en la que un entrehierro entre el estator y el rotor presenta un ancho inconstante en el sentido de la circulación en el área de los paquetes de polos (10).
8. Generador síncrono, en particular, para una turbina eólica (100), en particular, según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 7, con un estator y un rotor con una pluralidad de paquetes de los polos (10) según la reivindicación 1, en el que un entrehierro presenta una anchura inconstante entre el estator y el rotor en el sentido de la circulación en el área de los paquetes de los polos (10).
- 50

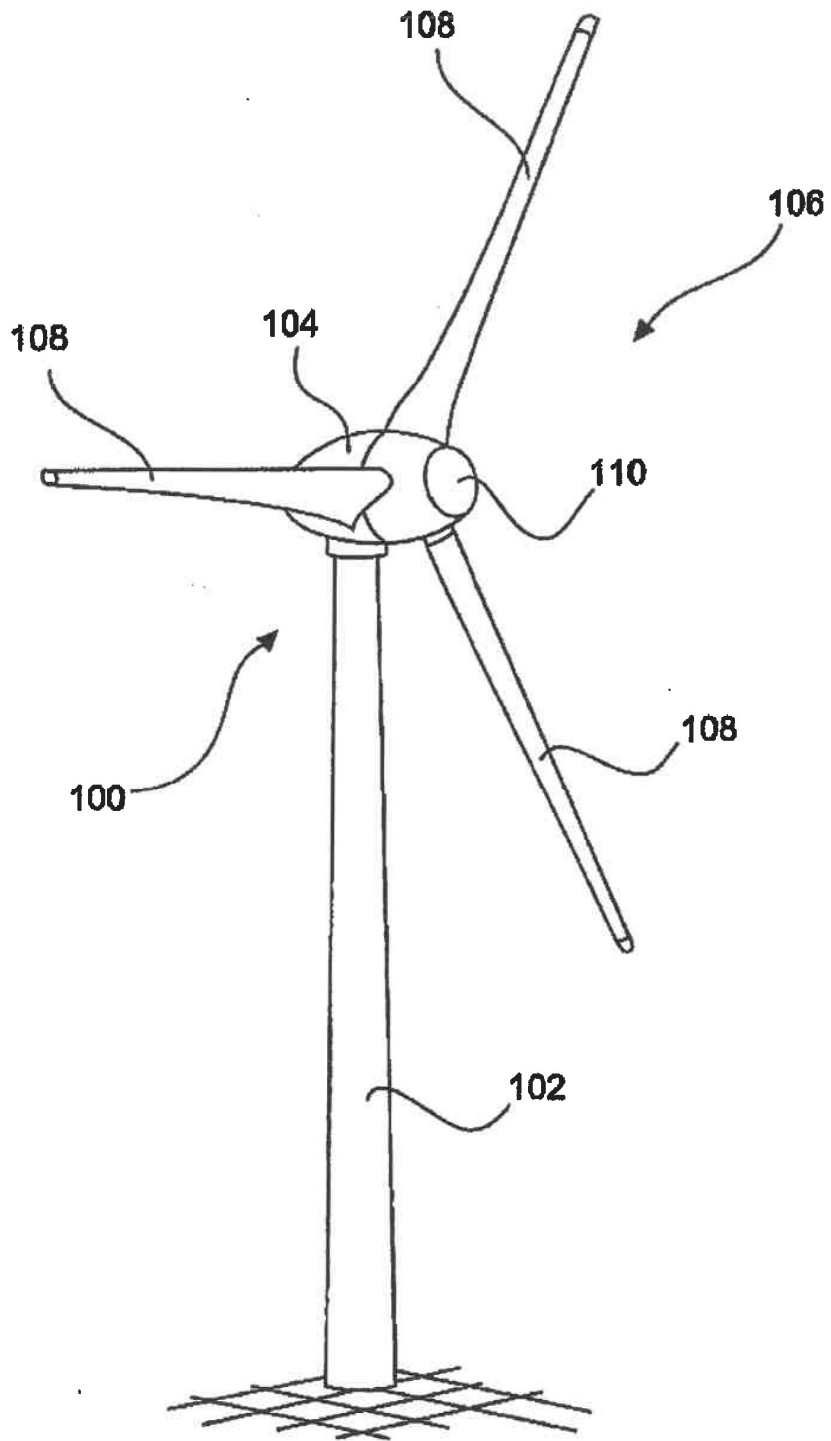


Fig. 1

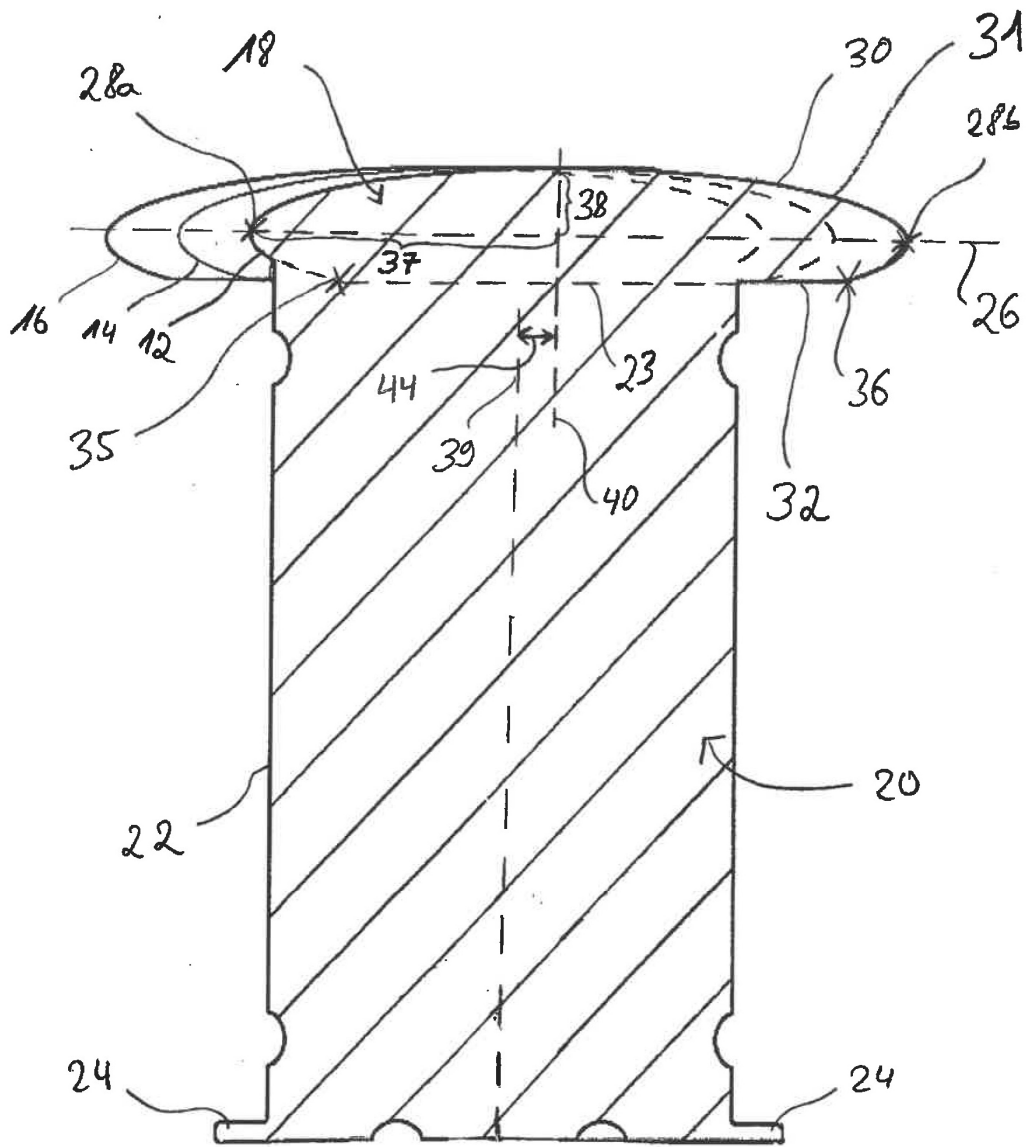


Fig. 2



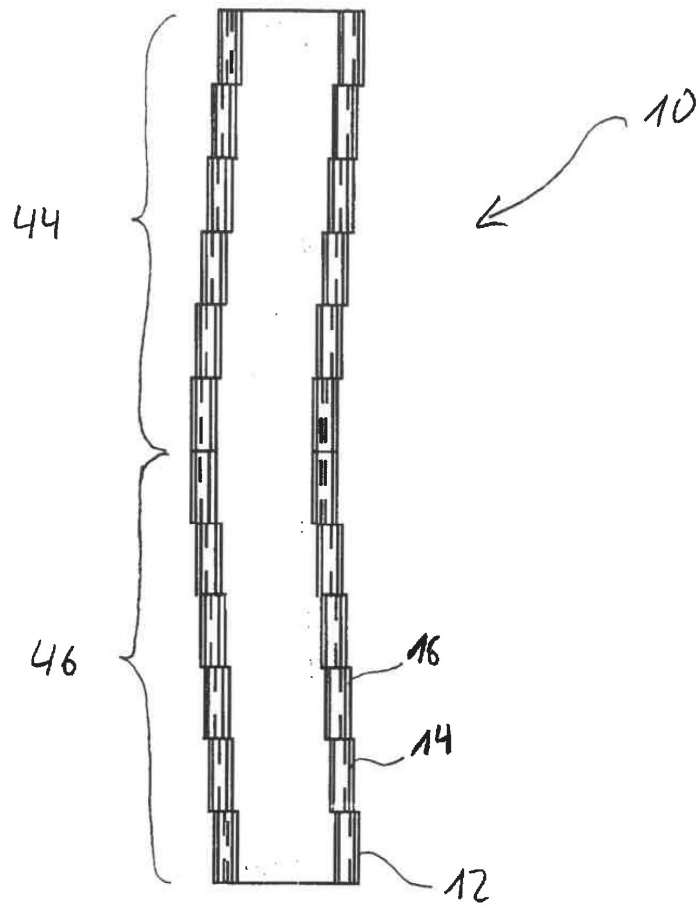


Fig. 3

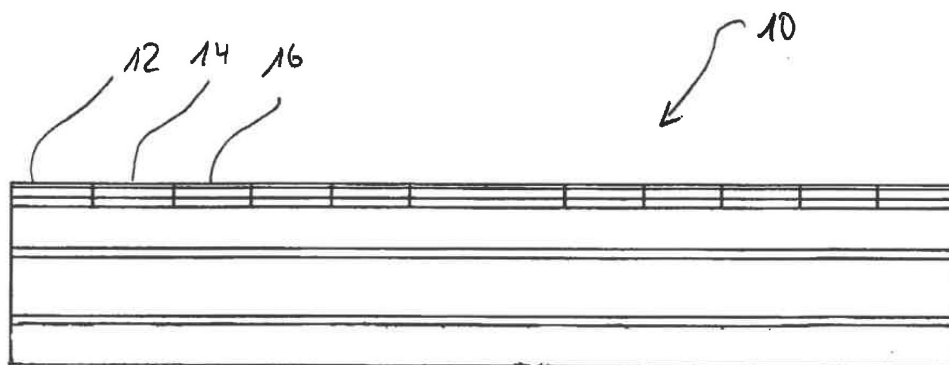


Fig. 4