

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 993 242**

51 Int. Cl.:

H02K 1/276 (2012.01)

H02K 21/14 (2006.01)

H02K 7/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.01.2020** **PCT/DK2020/050005**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.07.2020** **WO20143888**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.01.2020** **E 20700544 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2024** **EP 3909114**

54 Título: **Conjunto de rotor de generador**

30 Prioridad:

10.01.2019 US 201962790558 P
30.01.2019 DK PA201970067

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
26.12.2024

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.00%)
Hedeager 42
8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

MONGEAU, PETER;
LANGVARDT KROGH, LARS;
MANNIK, HENRIK ZAAR y
BERGMANN, JENS

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 993 242 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

Conjunto de rotor de generador

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un conjunto de rotor de generador. Más específicamente, la presente invención se refiere a un conjunto de rotor de generador para una turbina eólica.

Antecedentes de la invención

10 Las turbinas eólicas convierten la energía cinética del viento en energía eléctrica, usando un gran rotor con varias palas de rotor. Una turbina eólica de eje horizontal (HAWT) típica comprende una torre, una góndola encima de la torre, un buje de rotor montado en la góndola y una pluralidad de palas de rotor de turbina eólica acopladas al buje de rotor. Dependiendo de la dirección del viento, la góndola y las palas de rotor se giran y se dirigen a una dirección óptima mediante un sistema de guiñada para hacer rotar la góndola y un sistema de paso para hacer rotar las palas.

15 La góndola aloja muchos componentes funcionales de la turbina eólica, incluyendo, por ejemplo, un generador, una caja de engranajes, un tren de transmisión y un conjunto de freno de rotor, así como un equipo convertidor para convertir la energía mecánica en el rotor en energía eléctrica para suministrar a la red. La caja de engranajes aumenta la velocidad de rotación del árbol principal de baja velocidad y acciona un árbol de salida de caja de engranajes. El árbol de salida de caja de engranajes a su vez acciona el generador, que convierte la rotación del árbol de salida de caja de engranajes en electricidad. La electricidad generada por el generador luego puede convertirse según se requiera antes de suministrarse a un consumidor apropiado, por ejemplo, un sistema de distribución de red eléctrica. También se conocen las denominadas turbinas eólicas de "accionamiento directo" que no usan cajas de engranajes. En una turbina eólica de accionamiento directo, el generador se acciona directamente por un árbol conectado al rotor.

20 Normalmente, el generador de una turbina eólica es una máquina eléctrica de IPM (imán permanente interior) compuesta por un conjunto de estator externo que rodea un conjunto de rotor interno. El conjunto de rotor interno de IPM está compuesto normalmente por múltiples paquetes magnéticos permanentes anulares, soportados en un árbol central. El árbol de salida de caja de engranajes se interconecta con el árbol central del conjunto de rotor.

30 Como en otras máquinas eléctricas, los paquetes magnéticos permanentes están compuestos normalmente por un apilamiento de capas metálicas con forma de anillo con orificios alineados para recibir los imanes permanentes que crean el campo magnético requerido. Para generadores grandes, tales como generadores en turbinas eólicas grandes, fabricar los paquetes de imanes permanentes presenta dificultades ya que los anillos son simplemente demasiado grandes para fabricarlos de una pieza. Se conoce ensamblar las capas metálicas de varias láminas de segmentos más pequeñas, todas proporcionadas en un buje central para formar una capa con forma de anillo. Aunque las capas segmentadas pueden no tener la misma resistencia e integridad estructural que las capas compuestas por una única pieza de metal de capa, el buje central proporciona un soporte estructural más que suficiente para que el rotor resista todas las fuerzas centrífugas y otras que actúan sobre el rotor durante su uso.

35 Otra consideración técnica para el diseño de generadores de turbina eólica es que el generador se vuelve menos eficaz a medida que se calienta durante su uso. Esto también se aplica a otros componentes clave de la turbina eólica, tales como la caja de engranajes. Por tanto, el rendimiento y la vida útil de la turbina eólica dependen de un enfriamiento eficiente del generador.

40 El enfriamiento con aire es un método económico de proporcionar el enfriamiento del generador. Sin embargo, un generador a escala de megavatios dentro del espacio confinado del alojamiento de generador produce demasiado calor para que los métodos en enfriamiento con aire actuales enfríen de manera eficaz el generador. La falta de un enfriamiento eficiente del generador da como resultado un aumento de temperatura en y alrededor de los componentes del generador tales como el conjunto de rotor.

El documento EP 2 713 478 A1 da a conocer un conjunto de rotor de generador.

45 Un objetivo de la presente invención es proporcionar una solución a uno o más de los problemas mencionados anteriormente.

Sumario de la invención

50 Según un primer aspecto de la invención, este objetivo se logra proporcionando un conjunto de rotor de generador para una turbina eólica, en el que el conjunto de rotor de generador comprende una estructura de anillo cilíndrica que define una porción hueca central y dispuesta para rotar alrededor de un eje de rotación. La estructura de anillo cilíndrica comprende una pluralidad de paquetes de imanes permanentes coaxialmente dispuestos alrededor del eje de rotación, comprendiendo los paquetes de imanes permanentes una pluralidad de capas segmentadas con forma de anillo coaxialmente apiladas, una pluralidad de orificios de tirante y una pluralidad de tirantes. Las capas segmentadas con forma de anillo coaxialmente apiladas comprenden una pluralidad de láminas de segmentos

- contiguas dispuestas alrededor del eje de rotación para formar la capa con forma de anillo, estando escalonadas las capas apiladas de modo que discontinuidades entre segmentos entre dos láminas de segmentos contiguas en una de las capas están desplazadas angularmente con respecto a discontinuidades entre segmentos entre dos láminas contiguas en una capa adyacente. Los orificios de tirante se extienden axialmente a través de las capas de los paquetes de imanes permanentes, en el que la pluralidad de orificios de tirante de paquetes de imanes permanentes adyacentes son complementarios en cuanto al tamaño y la posición, de modo que se define una pluralidad de perforaciones de tirante. Los tirantes se extienden través de perforaciones respectivas de la pluralidad de perforaciones de tirante.
- La configuración escalonada de las capas segmentadas con forma de anillo conduce a un aumento de fricción entre las capas apiladas de los paquetes de imanes permanentes. Además de esto, fuerzas de precarga axiales de pernos de sujeción se suman a la resistencia estructural e integridad estructural de los paquetes de imanes permanentes individuales y la estructura de anillo cilíndrica en su conjunto. Estas ventajas permiten fabricar paquetes de imanes permanentes grandes que tienen una resistencia similar a los anillos macizos y que pueden resistir fuerzas centrífugas (y otras) aplicadas a los mismos en un generador de turbina eólica típico. Como consecuencia, esto permite producir estructuras de conjunto de rotor de generador grandes sin necesidad de ensamblar los paquetes de imanes permanentes en un buje central.
- No tener un buje central en el conjunto de rotor da como resultado varios beneficios importantes, tales como costes y peso reducidos y flujo de aire de enfriamiento mejorado. El aire de enfriamiento que se proporciona centralmente al generador puede fluir libremente en direcciones axiales y radiales y enfriar de manera eficaz el rotor y cualquier parte del generador ubicada en sus inmediaciones directas. Una ventaja importante adicional de la estructura de rotor según la invención es el carácter modular del conjunto de rotor. Las especificaciones técnicas del conjunto de rotor pueden adaptarse fácilmente al rendimiento requerido seleccionando, por ejemplo, el número correcto de paquetes de imanes permanentes y el número de capas por paquete.
- En realizaciones preferidas, el conjunto de rotor de generador está al menos parcialmente abierto en al menos una de sus superficies de extremo para permitir que un flujo de aire de enfriamiento fluya desde el exterior del conjunto de rotor de generador al interior de la porción hueca central. Pueden proporcionarse canales de enfriamiento entre al menos algunos de la pluralidad de paquetes de imanes permanentes para permitir que un flujo de aire de enfriamiento fluya desde la porción hueca central, a través de canales de enfriamiento hacia el exterior del conjunto de rotor de generador.
- Preferiblemente, el conjunto de rotor de generador comprende además una pluralidad de separadores dispuestos en los tirantes y entre paquetes de imanes permanentes adyacentes. Tales separadores proporcionan huecos de ventilación entre los paquetes de imanes permanentes posteriores, a través de los cuales el flujo de aire de enfriamiento también puede alcanzar el estator y cualquier parte más cercana al alojamiento externo del generador.
- En realizaciones preferidas, todas las láminas de segmentos comprenden varios de los orificios de tirante, separados en un ángulo de separación de tirantes, y un desplazamiento angular entre dos capas adyacentes es un múltiplo del ángulo de separación de tirantes. Para asegurarse de que los tirantes pueden extenderse a través de todos los paquetes de imanes permanentes, es importante que los orificios de tirante de capas adyacentes estén alineados, también cuando las capas están escalonadas y se introduce un desplazamiento angular entre las capas. Cuando todas las láminas de segmentos tienen múltiples orificios de tirante, esto permite un número mayor de desplazamientos angulares diferentes que todavía permiten que se formen las perforaciones de tirante necesarias.
- En una realización, el desplazamiento angular entre dos capas adyacentes cualesquiera en los paquetes de imanes permanentes es de al menos dos ángulos de separación de tirantes. Cuanto mayor es la distancia entre las discontinuidades entre segmentos de capas adyacentes, mayor es la superposición de las láminas de segmentos respectivas y mayor es la fricción entre las dos capas. La fricción aumentada conduce a una resistencia e integridad estructural mejoradas para el paquete de imanes en su conjunto.
- En una realización especial, para cada capa en el paquete de imanes permanentes un desplazamiento angular con una capa adyacente es mayor que un desplazamiento angular con la capa posterior. La disposición en zigzag resultante se suma adicionalmente a la resistencia e integridad estructural de los paquetes de imanes permanentes.
- Para mejorar adicionalmente en estos aspectos, el número de capas entre cada dos capas en el paquete de imanes permanentes que no están desplazadas angularmente una con respecto a otra puede ser igual al número total de orificios de tirante por lámina de segmento menos uno. En una realización de este tipo, se usan todos los desplazamientos angulares diferentes disponibles.
- Puede obtenerse un paquete de imanes permanentes incluso más macizo y resistente uniendo la pluralidad de capas entre sí, por ejemplo, usando un adhesivo o barniz de unión tal como Backlack.
- La estructura de anillo cilíndrica puede comprender además un reborde con forma de anillo que comprende una porción de conexión de rotor que está unida de manera fija a uno de los paquetes de extremo de la estructura de anillo cilíndrica. El reborde comprende además una porción de conexión de árbol de accionamiento que está configurada para la conexión directa o indirecta a un árbol de accionamiento. Este reborde permite conectar el rotor

sin buje, por ejemplo, a un árbol de salida de la caja de engranajes sin impedir el flujo de aire de enfriamiento a través del centro de rotor y hacia fuera a los paquetes de imanes permanentes y el estator.

El reborde con forma de anillo puede estar unido de manera fija al paquete de extremo en el extremo no de accionamiento del rotor. El reborde puede estar conectado al paquete de extremo a través de los tirantes.

- 5 Según un aspecto adicional de la invención, se proporciona una turbina eólica que comprende un generador con un conjunto de rotor de generador tal como se describió anteriormente o a continuación.

Breve descripción de los dibujos

Ahora se describirá la presente invención, únicamente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 10 la figura 1 es un diagrama esquemático en vista frontal que muestra una turbina eólica típica;
- la figura 2 es una vista esquemática y en perspectiva de los componentes funcionales principales alojados dentro de una góndola de una turbina eólica típica;
- la figura 3 es una vista isométrica del generador de la góndola de la figura 2, acoplado a una caja de engranajes;
- la figura 4 es una vista en sección que deja ver el interior del generador de la figura 3;
- 15 la figura 5 es una vista en perspectiva del extremo no de accionamiento de un rotor de generador, interconectado con un conector, según una realización de la invención;
- la figura 6 es una vista en perspectiva del extremo de accionamiento del conjunto de rotor de generador mostrado en la figura 5;
- la figura 7 es una vista frontal de una capa con forma de anillo que forma parte del conjunto de rotor de generador mostrado en la figura 5 y la figura 6;
- 20 la figura 8A es una vista frontal de una lámina de segmento de la capa con forma de anillo mostrada en la figura 7;
- la figura 8B es una vista frontal de parte de la lámina de segmento mostrada en la figura 8A;
- la figura 9 es un diagrama esquemático en vista lateral de múltiples capas con forma de anillo apiladas para formar un anillo magnético permanente del conjunto de rotor de generador mostrado en la figura 5 y la figura 6;
- 25 la figura 10 es una vista en sección que deja ver el interior parcial del conjunto de rotor de generador mostrado en las figuras 5 y 6;
- la figura 11 es una vista lateral en sección transversal del conjunto de rotor de generador mostrado en las figuras 5, 6 y 10;
- la figura 12 es una vista en perspectiva del extremo no de accionamiento del conjunto de rotor de generador de la figura 5, con el conector retirado; y
- 30 la figura 13 es una vista en despiece ordenado del alojamiento de generador, el conjunto de rotor de generador y el conjunto de estator de generador, según una realización de la invención.

Descripción detallada

- 35 Ahora se describirá una realización específica de la presente invención en la que se comentarán numerosas características con detalle para proporcionar una comprensión profunda del concepto de la invención tal como se define en las reivindicaciones. Sin embargo, resultará evidente para el experto en la técnica que la invención puede ponerse en práctica sin los detalles específicos y que, en algunos casos, no se han descrito con detalle métodos, técnicas y estructuras bien conocidos para no complicar la invención de manera innecesaria.

- 40 Para poner las realizaciones de la invención en un contexto adecuado, se hará referencia en primer lugar a la figura 1, que ilustra una turbina eólica de eje horizontal (HAWT) típica en la que puede implementarse un conjunto de rotor de generador según una realización de la invención. Aunque esta imagen particular representa una turbina eólica en tierra, se entenderá que también se hallarán características equivalentes en turbinas eólicas en alta mar. Además, aunque las turbinas eólicas se denominan de "eje horizontal", el experto en la técnica apreciará que, con fines prácticos, habitualmente el eje está ligeramente inclinado para impedir el contacto entre las palas de rotor y la torre de turbina eólica en caso de vientos fuertes.
- 45

La turbina eólica 1 comprende una torre 2, una góndola 4 acoplada de manera rotatoria encima de la torre 2 mediante un sistema de guiñada, un buje de rotor 8 montado en la góndola 4 y una pluralidad de palas de rotor de turbina eólica 10 acopladas al buje de rotor 8. La góndola 4 y las palas de rotor 10 se giran y se dirigen a la dirección

del viento mediante el sistema de guiñada.

La góndola 4 aloja muchos componentes funcionales de la turbina eólica, incluyendo el generador, la caja de engranajes, el tren de transmisión y el conjunto de freno de rotor, así como el equipo convertidor para convertir la energía mecánica del viento en energía eléctrica para suministrar a la red. Con referencia a la figura 2, la góndola 4 puede incluir un alojamiento de árbol 20, una caja de engranajes 22 y un generador 24. Un árbol principal 26 se extiende a través del alojamiento de árbol 20 y está soportado sobre cojinetes (no mostrados). El árbol principal 26 está conectado a, y accionado por, el rotor 8 y proporciona accionamiento de entrada a la caja de engranajes 22. La caja de engranajes 22 aumenta la velocidad de rotación del árbol principal de baja velocidad a través de engranajes internos (no mostrados) y acciona un árbol de salida de caja de engranajes. El árbol de salida de caja de engranajes a su vez acciona el generador 24, que convierte la rotación del árbol de salida de caja de engranajes en electricidad. La electricidad generada por el generador 24 luego puede convertirse mediante otros componentes (no mostrados) según se requiera antes de suministrarse a un consumidor apropiado, por ejemplo, un sistema de distribución de red eléctrica. También se conocen las denominadas turbinas eólicas de "accionamiento directo" que no usan cajas de engranajes. Por tanto, la caja de engranajes puede considerarse opcional.

La caja de engranajes 22 y el generador 24 pueden estar acoplados entre sí en una unidad integrada. La figura 3 muestra el generador 24 con más detalle. En la figura 3, también se muestra el alojamiento de la última fase de la caja de engranajes 22 tal como se acopla al alojamiento del generador 24.

Con referencia en primer lugar a la caja de engranajes 22, un alojamiento de caja de engranajes es generalmente de forma cilíndrica y está orientado de modo que su eje de rotación principal es horizontal, en la orientación de los dibujos. La configuración cilíndrica del alojamiento de caja de engranajes se debe al tipo específico de caja de engranajes que se usa en la realización ilustrada, que es una caja de engranajes epicíclica. Como sabrá el experto en la técnica, una caja de engranajes epicíclica comprende varios engranajes planetarios que están dispuestos alrededor de un engranaje solar central, y que están dispuestos colectivamente dentro de un engranaje de anillo envolvente. La razón del número de dientes entre el engranaje de anillo, el engranaje planetario y los engranajes solares determina la relación de engranajes de la caja de engranajes. Por motivos de claridad, el detalle preciso de la caja de engranajes no se describirá con detalle adicional en este caso ya que la caja de engranajes no es el objeto principal de la invención. Basta decir que también podría usarse otra configuración de caja de engranajes, aunque actualmente se prevé que una caja de engranajes epicíclica proporciona una solución elegante adaptada a los confines de una góndola de turbina eólica.

El árbol de salida de la caja de engranajes 22 está interconectado con un rotor 32 del generador 24. Como tal, el eje principal del árbol de salida de caja de engranajes define el eje de rotación del generador 24. En la figura 4, se proporciona únicamente una vista en sección que deja ver el interior en el generador 24. El generador 24 en la realización ilustrada es una máquina eléctrica de IPM (imán permanente interior) que tiene un estator externo, que rodea el rotor 32. El estator incluye devanados de estator 38, un núcleo de estator 40 y un bastidor de estator que rodea y soporta los devanados de estator 38 y el núcleo de estator 40. Sin embargo, cabe señalar que la invención no está limitada a un tipo específico de estator.

Según una realización de la invención, se proporciona un conjunto de rotor de generador 42, que forma parte del rotor 32 del generador 24. Un conjunto de rotor de generador 42 de este tipo se describe a continuación con referencia a las figuras 6 a 11. El conjunto de rotor de generador 42 tiene un extremo no de accionamiento, mediante lo cual el extremo no de accionamiento está orientado en sentido opuesto a la línea de accionamiento de turbina eólica cuando la turbina eólica está en uso, y un extremo de accionamiento que está orientado hacia la línea de accionamiento cuando la turbina está en uso. La vista del extremo no de accionamiento del conjunto de rotor de generador 42 puede observarse en la figura 5, y la vista del extremo de accionamiento del conjunto de rotor de generador 42 puede observarse en la figura 6.

El conjunto de rotor de generador 42 está compuesto por una estructura de anillo cilíndrica 46 que define una porción hueca central y dispuesta para rotar alrededor de un eje de rotación. La estructura de anillo cilíndrica 46 comprende una pluralidad de paquetes de imanes permanentes 48. En la presente realización, los paquetes de imanes permanentes 48 tienen todos una circunferencia y un grosor iguales. En algunas realizaciones, el grosor de los paquetes de imanes permanentes 48 pueden variar uno con respecto a otros. Por ejemplo, el rotor puede comprender paquetes de imanes permanentes 48 de dos grosores diferentes, en el que los paquetes de imanes permanentes 48 de grosores diferentes están dispuestos de manera alternada. Los paquetes de imanes permanentes 48 están coaxialmente dispuestos alrededor del eje de rotación, de modo que cuando se ensamblan la disposición de paquetes de imanes permanentes 48 define una estructura cilíndrica con una porción hueca central. Los paquetes de imanes permanentes 48 están separados por una distancia igual de modo que se define un hueco entre cada par de paquetes de imanes permanentes 48. Estos huecos permiten que aire que se proporciona centralmente al generador fluya a través de la estructura de rotor y enfríe el conjunto de rotor de generador, así como otras partes del generador, incluyendo partes que están ubicadas radialmente fuera del conjunto de rotor 42. Este flujo de aire se refuerza adicionalmente por el hecho de que no es necesario un buje central para proporcionar estructura y soporte para el conjunto de rotor 42.

La estructura de anillo cilíndrica 46 está definida por dos paquetes de extremo y una pluralidad de paquetes de

imanes permanentes 48 proporcionados entre los mismos. Los dos paquetes de extremo comprenden un primer paquete de extremo 50 y un segundo paquete de extremo dispuestos en extremos opuestos de la estructura de anillo cilíndrica 46. Concretamente, tal como se muestra en la figura 5, el primer paquete de extremo 50 está ubicado en el extremo no de accionamiento de la estructura de anillo cilíndrica 46, y el segundo paquete de extremo está ubicado en el extremo de accionamiento de la estructura de anillo cilíndrica 46.

Cabe señalar que generalmente un paquete de extremo 50 es tan sólo un paquete de imanes permanentes normal, como cualquier otro paquete de imanes permanentes 48 en la estructura de anillo cilíndrica 46, con la única excepción de que se proporciona en un extremo de la estructura de anillo cilíndrica 46. Alternativamente, uno o ambos de los paquetes de extremo pueden tener un grosor mayor que los otros paquetes de imanes permanentes 48. Los paquetes de extremo 50 pueden comprender además características adicionales para permitir la conexión de la estructura de anillo cilíndrica 46 a otras partes del generador o un recubrimiento que cubre las superficies exteriores de la estructura de anillo cilíndrica 46. Un anillo de extremo 52 puede estar conectado a uno o ambos de los paquetes de extremo 50, anillo de extremo 52 que puede no comprender ningún imán permanente en sí mismo.

Los paquetes de imanes permanentes 48 comprenden una pluralidad de orificios de tirante que se extienden axialmente a través de los paquetes de imanes permanentes 48. Los orificios están ubicados alrededor del cuerpo de cada uno de los paquetes de imanes permanentes 48. Los orificios están preferiblemente separados por una distancia, es decir, un ángulo, igual. Los orificios de paquetes de imanes permanentes 48 adyacentes son complementarios en cuanto al tamaño y la posición, de modo que se define una pluralidad de perforaciones de tirante. Las perforaciones de tirante están dispuestas concéntricamente alrededor del eje de rotación. Las perforaciones de tirante se extienden a través de los paquetes 48 de la estructura de anillo cilíndrica 46 desde el primer paquete de extremo 50 hasta el segundo paquete de extremo, y posiblemente también a través de cualquier anillo de extremo 52 adicional u otros elementos estructurales que están conectados directamente a la estructura de anillo cilíndrica 46.

Una pluralidad de tirantes 54 se extienden a través de perforaciones respectivas de la pluralidad de perforaciones de tirante. Hay una pluralidad de separadores o arandelas 56 dispuestos en los tirantes 54 y entre paquetes de imanes permanentes 48 adyacentes. Por consiguiente, las perforaciones de tirante se definen por un patrón de repetición de superficies interiores de orificios de tirante y arandelas 56. Cabe señalar que, en otras realizaciones, puede no usarse ninguna arandela 56 en absoluto, proporcionando de ese modo un único rotor de paquete de imanes permanentes que también está soportado por una pluralidad de tirantes 54.

Los paquetes de imanes permanentes 48, una realización de los cuales se muestra en las figuras 7-9, comprenden una pluralidad de capas segmentadas con forma de anillo 80 coaxialmente apiladas, comprendiendo, cada una, una pluralidad de láminas de segmentos contiguas 82 dispuestas alrededor del eje de rotación para formar la capa con forma de anillo 80. Los orificios de tirante 86 se extienden axialmente a través de las capas de los paquetes de imanes permanentes 48, en los que la pluralidad de orificios de tirante 86 de paquetes de imanes permanentes 48 adyacentes son complementarios en cuanto al tamaño y la posición, de modo que se define una pluralidad de perforaciones de tirante, y los tirantes 54 se extienden a través de perforaciones respectivas de la pluralidad de perforaciones de tirante.

En la figura 7 se muestra una vista frontal de una capa con forma de anillo 80 completa. En las figuras 8A y 8B se muestran primeros planos de las láminas de segmentos 82. La capa con forma de anillo 80 comprende una pluralidad de láminas de segmentos 82 dispuestas concéntricamente alrededor del eje de rotación. La capa con forma de anillo 80 en esta realización está compuesta por seis láminas de segmentos 82, pero pueden usarse otros números de láminas de segmentos 82 en otras realizaciones. De manera eficaz, los paquetes de imanes permanentes 48 del conjunto de rotor de generador están formados por capas apiladas 80, por lo cual cada capa 80 está formada por una pluralidad de láminas de segmentos 82 unidas entre sí en los bordes de segmentos para formar una capa con forma de anillo 80 con discontinuidades entre segmentos. Preferiblemente, todas las láminas de segmentos 82 son idénticas y están dimensionadas de modo que el número total de láminas de segmentos 82 constituyen los 360 grados de la capa con forma de anillo 80 completa.

Una lámina de segmento 82, tal como se muestra en la figura 8A, es un arco definido por una circunferencia exterior 90, una circunferencia interior 92 y un ángulo de vértice 94 (véase la figura 7). El ángulo de vértice 94 es preferiblemente igual a 360 grados dividido entre el número de láminas de segmentos 82 por capa 80, de modo que todas las láminas de segmentos 82 usadas pueden ser idénticas. Una lámina de segmento 82 comprende dos bordes de segmentos dispuestos en extremos opuestos de la lámina de segmento 82 y que conectan la circunferencia exterior 90 a la circunferencia interior 92. Los dos bordes de segmentos son contiguos con los bordes de láminas de segmentos 82 adyacentes.

Las láminas de segmentos 82 mostradas en la figura 7 comprenden seis pares de imanes 84 y un número igual de orificios de tirante 86. En conjunto, seis láminas de segmentos contiguas 82 forman una capa con forma de anillo 80 con seis discontinuidades entre segmentos, 36 polos magnéticos y 36 orificios de tirante 86. En este caso, los polos magnéticos se crean mediante pares de imanes permanentes proporcionados en orificios de imán 88. En este ejemplo, cada lámina de segmento 82 tiene seis orificios de tirante 86 y proporciona seis polos norte magnéticos y seis polos sur magnéticos. En realizaciones alternativas, el número de orificios de tirante 86 por cada lámina de

segmento 82 puede diferir de la cantidad de pares de imanes, lo que conducirá a una cantidad diferente de orificios de tirante 86 y/u orificios de imán 88 por cada lámina de segmento 82. El número de imanes permanentes que se usa para proporcionar un polo magnético también puede variar. Preferiblemente, el número de orificios magnéticos 88 es un múltiplo del número de orificios de tirante 86.

En la realización mostrada en este caso, las posiciones de los orificios de tirante 86 en las láminas de segmentos 82 son de modo que orificios de tirante parciales 86 están dispuestos en los bordes de segmentos. Cuando se ensamblan para dar una capa con forma de anillo 80 completa, los orificios de tirante parciales 86 en cada lado de las discontinuidades entre segmentos forman juntos un orificio de tirante completo 86. Disposiciones alternativas pueden dar como resultado láminas de segmentos 82 únicamente con orificios de tirante completos 86. Por ejemplo, las discontinuidades entre segmentos pueden proporcionarse entre los dos orificios de imán 88 de un par de imanes o incluso en la mitad de uno de los orificios de imán 88.

Las capas con forma de anillo 80, formada por las láminas de segmentos 82, se apilan coaxialmente para formar un paquete de imanes permanentes 48, tal como se muestra en la figura 9. Las capas 80 se apilan de modo que las láminas de segmentos 82 de capas adyacentes 80A-80F están desplazadas angularmente unas con respecto a otras. Tal como se muestra en la figura 9, esto da como resultado un escalonamiento de las capas 80 del paquete de imanes permanentes 48.

Para permitir la formación de las perforaciones de tirante a través de los paquetes de imanes permanentes 48, el desplazamiento angular de dos capas adyacentes 80 necesita ser igual a o un múltiplo del ángulo de separación de tirantes, es decir, la distancia angular entre dos orificios de tirante 86 adyacentes. En una configuración simétrica, el ángulo de separación de tirantes es igual a 360 dividido entre la cantidad total de tirantes usados en la estructura de anillo cilíndrica 46, es decir, el ángulo de vértice 94 de lámina de segmento dividido entre el número de orificios de tirante 86 por lámina de segmento. En este ejemplo, comprendiendo cada lámina de segmento 82 seis orificios de tirante 86, son posibles cinco desplazamientos angulares diferentes con respecto a una primera capa 80A (es decir, seis orientaciones posibles diferentes por capa 80A-80F).

Según la realización preferida mostrada en la figura 9, el desplazamiento angular de dos capas adyacentes 80A-80F cualesquiera en los paquetes de imanes permanentes 48 es al menos dos veces el ángulo de separación de tirantes. En comparación con desplazamientos que sólo corresponderían al ángulo de separación de tirantes, esta disposición proporciona una fricción añadida entre capas adyacentes 80 y una resistencia e integridad estructural mejoradas para el paquete de imanes 48 en su conjunto. Comenzando por el lado izquierdo, el desplazamiento angular de la segunda capa 80B con respecto a la primera capa 80A es de dos ángulos de separación de tirantes. El desplazamiento angular de la tercera capa 80C con respecto a la primera capa 80A es de cinco ángulos de separación de tirantes. El desplazamiento angular de la cuarta capa 80D con respecto a la primera capa 80A es de tres ángulos de separación de tirantes. El desplazamiento angular de la quinta capa 80E con respecto a la primera capa 80A es de un ángulo de separación de tirantes. El desplazamiento angular de la sexta capa 80F con respecto a la primera capa 80A es de cuatro ángulos de separación de tirantes. Esto se traduce en un desplazamiento capa a capa entre las seis capas consecutivas 80A-80F de dos, tres, dos, dos y tres ángulos de separación de tirantes, mientras que todavía se usan la totalidad de las seis orientaciones disponibles. Después de seis capas 80A-80F, puede repetirse el mismo patrón hasta que se completa el paquete 48. Por consiguiente, siempre habrá cinco capas 80 entre dos capas con igual orientación, aumentando de ese modo de nuevo la resistencia e integridad estructural para el paquete de imanes 48 en su conjunto. Más generalmente, el número de capas entre cada dos capas en los paquetes de imanes permanentes 48 que no están desplazadas angularmente unas con respecto a otras es igual al número total de orificios de tirante 86 por cada lámina de segmento 82 menos uno.

Para una fricción añadida adicional entre las capas 80A-80F y una resistencia e integridad estructural mejoradas de todo el paquete de imanes permanentes 48, cada desplazamiento en una dirección está seguido por un desplazamiento en la otra dirección. Dicho de otro modo, para cada capa 80A-80F en el paquete de imanes permanentes 48, un desplazamiento angular con una capa adyacente 80A-80F es mayor que un desplazamiento angular con la capa 80A-80F posterior. La adición de direcciones al desplazamiento capa a capa ya indicado (medido en ángulos de separación de tirantes) entre las seis capas 80A-80F consecutivas es de {+2, +3, -2, -2, +3, +2}, por lo que +3 y -3 conducen al mismo desplazamiento en una configuración simétrica con seis orificios de tirante 86 por capa 80. Esta disposición en zigzag proporciona una unión por fricción mucho más fuerte entre las diferentes capas 80 del paquete de imanes permanentes 48 que cuando todos los desplazamientos son en la misma dirección.

En las presentes realizaciones, el número de orientaciones angulares disponibles (seis, igual al número de orificios de tirante 86) es menor que el número de capas en el paquete de imanes permanentes (doce). Por consiguiente, el desplazamiento angular entre capas adyacentes 80 puede ser diferente hasta la sexta capa. Comenzando desde la séptima capa, se repite el patrón de rotación para las capas 80 restantes del paquete de imanes permanentes 48. Cabe señalar que el paquete de imanes permanentes 48 puede comprender cualquier número de capas 80, número que no es necesariamente un múltiplo del número de orificios de tirante 86 por cada lámina de segmento 82. Alternativamente, en un paquete de imanes permanentes 48 más delgado, cuando se usan capas 80 más gruesas o cuando se usan láminas de segmentos 82 más grandes con más orificios de tirante 86 por cada lámina de segmento, el número total de orientaciones posibles puede ser igual a (o incluso menor que) el número de capas 80 en el paquete de imanes permanentes 48. En este caso, todas las capas 80 en el paquete de imanes permanentes

48 pueden estar desplazadas angularmente unas con respecto a otras.

La fuerza de fricción aumentada entre las capas con forma de anillo 80 provocada por el escalonamiento y aumentada adicionalmente por los patrones de escalonamiento especiales da como resultado que el apilamiento de capas 80 tenga una resistencia e integridad estructural similares a las de un único anillo macizo de las mismas dimensiones. Para mejorar adicionalmente la integridad estructural, las capas con forma de anillo 80 apiladas pueden unirse entre sí mediante un adhesivo o barniz de unión tal como Backlack.

Esta configuración escalonada permite la fabricación de paquetes de imanes permanentes 48 grandes que tienen una resistencia similar a anillos macizos y que pueden resistir centrífugas (y otras) aplicadas a los mismos en un generador de turbina eólica típico. Por tanto, permite producir estructuras de conjunto de rotor de generador grandes, por lo que no es factible fabricar conjuntos de rotor de generador a partir de anillos macizos, sin necesitar ensamblar los paquetes de imanes permanentes 48 en un buje central. No tener un buje central en el conjunto de rotor da como resultado varios beneficios importantes, tales como costes y peso reducidos y un flujo de aire de enfriamiento mejorado. La ausencia de un buje central significa que se permite que el aire que se proporciona centralmente al generador fluya libremente en direcciones axial y radial y enfríe el conjunto de rotor de generador 42 y otras partes del generador que están ubicadas en sus inmediaciones directas. En combinación con la disposición escalonada de capas con forma de anillo segmentadas 80, los tirantes 54 y las arandelas 56 pueden servir como pasadores de seguridad que impiden además el deslizamiento de las capas unas con respecto a otras.

Los tirantes 54 y los paquetes de imanes permanentes 48, preferiblemente junto con las arandelas 56, proporcionan la estructura principal del rotor. Para permitir que el rotor sin buje se conecte a un árbol de accionamiento, por ejemplo, el árbol de salida de la caja de engranajes, la estructura de anillo cilíndrica 46 comprende un reborde con forma de anillo 57, tal como puede observarse en la figura 5, que está unido de manera fija al primer paquete de extremo 50 que está en el extremo no de accionamiento. En algunas realizaciones, el reborde con forma de anillo puede estar unido de manera fija al segundo paquete de extremo que está en el extremo de accionamiento. Puede proporcionarse un anillo de extremo 52 entre el paquete de extremo y el reborde con forma de anillo 57.

El reborde con forma de anillo 57 comprende una porción de conexión de rotor 58 que está unida de manera fija al primer paquete de extremo 50, y una porción de conexión de árbol de accionamiento 60, configurada para la conexión indirecta al árbol de salida de caja de engranajes, que también se conoce como árbol de accionamiento. El conjunto de rotor de generador 42 está interconectado con un conector 44 (véase la figura 5) para partes adicionales, por ejemplo, un disco de freno.

La porción de conexión de rotor 58 del reborde con forma de anillo 57 está unida al primer paquete de extremo 50 usando los tirantes 54 que mantienen los paquetes magnéticos permanentes 48 unidos para formar la estructura de anillo cilíndrica 46. La circunferencia de la porción de conexión de rotor 58 del reborde con forma de anillo 57 es sustancialmente igual a la circunferencia del primer paquete de extremo 50. La porción de conexión de rotor 58 comprende una pluralidad de orificios que se extienden axialmente a través de la porción de conexión de rotor 58. La pluralidad de orificios de la porción de conexión de rotor 58 están dispuestos para recibir la pluralidad de tirantes 54 y unir el reborde con forma de anillo 57 al primer paquete de extremo 50. La porción de conexión de rotor 58 está unida en paralelo a y en contacto directo con el primer paquete de extremo 50. Esto puede observarse de manera particularmente clara en la vista en sección que deja ver el interior parcial y la vista en sección transversal lateral del conjunto de rotor de generador mostradas en las figuras 10 y 11, respectivamente.

La porción de conexión de árbol de accionamiento 60 del reborde con forma de anillo 57, que puede observarse claramente en la figura 10 y la figura 11, se extiende en un plano que es paralelo a la porción de conexión de rotor 58. La circunferencia de la porción de conexión de árbol de accionamiento 60 es más pequeña que la circunferencia de la porción de conexión de rotor 58. La porción de conexión de árbol de accionamiento 60 comprende un elemento con forma de anillo. Además, la porción de conexión de árbol de accionamiento 60 está ubicada dentro de la porción hueca central definida por la estructura de anillo cilíndrica 46.

El reborde con forma de anillo 57 puede ser sólo un anillo del cual una porción radialmente exterior forma la porción de conexión de rotor 58 y una porción radialmente interior la porción de conexión de árbol de accionamiento 60. Alternativamente, el reborde con forma de anillo 57 puede comprender además una porción intermedia 62 (véase la figura 10) que conecta la porción de conexión de rotor 58 con la porción de conexión de árbol de accionamiento 60. Esta porción intermedia 62 puede formar un ángulo con respecto a las dos porciones de conexión 58, 60, de modo que el reborde con forma de anillo 57 penetra parcialmente en la porción hueca del conjunto de rotor de generador 42. En la realización de figura 10, el ángulo entre la porción intermedia 62 y la porción de conexión de rotor 58 alrededor de su punto común (el vértice) es de aproximadamente 135 grados. El ángulo entre la porción intermedia 62 y la porción de conexión de árbol de accionamiento 60 alrededor de su punto común es de aproximadamente 135 grados.

La porción intermedia 62 comprende una pluralidad de porciones en puente 64 dispuestas a intervalos predeterminados a lo largo de la porción de conexión de rotor 58 y concéntricamente alrededor del eje de rotación, de modo que se definen huecos en puente 66 entre porciones en puente 64 adyacentes. Los huecos en puente 66 permiten que pase un flujo de aire de enfriamiento a través del reborde con forma de anillo 57 y al interior de la

estructura interna del generador.

El reborde con forma de anillo 57 también tiene un bastidor de conexión de árbol de accionamiento 68 unido a la porción de conexión de árbol de accionamiento 60. El bastidor de conexión de árbol de accionamiento 68 se extiende al interior de la porción hueca central. En este ejemplo, el bastidor de conexión 68 tiene una forma troncocónica con una superficie exterior que puede ser aproximadamente paralela a la porción intermedia 62 del reborde con forma de anillo 57. La superficie exterior comprende preferiblemente aberturas para permitir que un flujo de aire de enfriamiento fluya a través y alcance la estructura interna del generador. El bastidor de conexión de árbol de accionamiento 68 está configurado para conectar el reborde con forma de anillo 57 al árbol de accionamiento. El reborde con forma de anillo 57 y el bastidor de conexión de árbol de accionamiento 68 proporcionan una estructura estable y que ahorra espacio para unir la estructura de anillo cilíndrica 46 del conjunto de rotor de generador 42 al árbol de accionamiento.

El bastidor de conexión de árbol de accionamiento 68 puede observarse más claramente en la figura 12, que es una vista en perspectiva del extremo no de accionamiento del conjunto de rotor de generador de la figura 5, con el conector 44 retirado. El bastidor de conexión de árbol de accionamiento 68 tiene una forma generalmente troncocónica mediante lo cual el borde exterior circular 72 de la base del bastidor 68 está unido al borde exterior circular 74 de la porción de conexión de árbol de accionamiento 60. El bastidor 68 se extiende desde la porción de conexión de árbol de accionamiento 60 al interior de la porción hueca definida por la estructura de anillo cilíndrica 46. El bastidor 68 comprende un canal circular 76 dispuesto para rotar alrededor del eje de rotación con la estructura de anillo cilíndrica 46 del conjunto de rotor de generador 42. El canal circular 76 es para recibir el árbol de salida de caja de engranajes. El bastidor 68 también comprende una pared perforada 78 que se extiende desde el borde exterior circular 72 de la base del bastidor 68 hasta el canal circular 76. Las perforaciones en la pared perforada 78 facilitan el flujo de aire a través del conjunto de rotor de generador.

Los paquetes de imanes permanentes 48 en el conjunto de rotor de generador pueden conectarse en una estructura modular para alterar el número de anillos magnéticos permanentes comprendidos dentro de la estructura de anillo cilíndrica. La estructura del conjunto de rotor de generador de la presente invención permite así un enfoque modular en el que pueden usarse rotores de cualquier número y tipo deseable de paquetes de imanes permanentes 48.

Cuando se ensambla el generador, el conjunto de rotor de generador 42 está rodeado por el conjunto de estator externo 36, mediante lo cual el conjunto de estator externo 36 incluye el núcleo de estator 40 y el bastidor de estator que rodea y soporta el núcleo de estator 40. Tanto el conjunto de rotor de generador 42 como el conjunto de estator de generador 36 están rodeados por un alojamiento de generador 70, que puede observarse en la vista en despiece ordenado del alojamiento de generador 70, el conjunto de rotor de generador 42 y el conjunto de estator de generador 36 en la figura 13.

El conjunto de rotor de generador 42 y la conexión al árbol de accionamiento permiten un flujo de aire de enfriamiento a través de la porción hueca central, que está definida por la estructura de anillo cilíndrica 46, y entre los paquetes de imanes permanentes 48 adyacentes.

Pueden realizarse muchas modificaciones a los ejemplos específicos descritos anteriormente sin apartarse del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas. Las características de una realización también pueden usarse en otras realizaciones, o bien como adición a tal realización o bien como un reemplazo de la misma.

Por ejemplo, algunos de los paquetes de imanes permanentes 48 en la estructura de anillo cilíndrica 46 pueden tener una circunferencia diferente de otros dentro de la estructura de anillo cilíndrica 46. Algunos de los paquetes de imanes permanentes 48 en la estructura de anillo cilíndrica 46 pueden tener un grosor diferente de otros dentro de la estructura de anillo cilíndrica 46.

Por ejemplo, la estructura de anillo cilíndrica 46 del conjunto de rotor de generador puede comprender un reborde con forma de anillo con una porción de conexión de rotor que está unida de manera fija al segundo anillo de extremo, que está en el extremo de accionamiento del conjunto de rotor. La porción de conexión de árbol de accionamiento puede estar configurada para la conexión directa al árbol de accionamiento.

El reborde con forma de anillo puede estar unido a uno cualquiera de los paquetes de extremo por otros medios distintos de los tirantes 54 que se usan con este fin en la realización descrita anteriormente.

La porción de conexión de árbol de accionamiento puede extenderse en un plano que coincide con, en lugar de simplemente paralelo a, la porción de conexión de rotor.

La porción intermedia, que se define entre la porción de conexión de rotor y la porción de conexión de árbol de accionamiento, puede formar un ángulo de 90-180, preferiblemente 105-165, e incluso más preferiblemente 120-150 grados con respecto a la porción de conexión de rotor y un ángulo similar con respecto a la porción de conexión de árbol de accionamiento. Cuando ambos ángulos son iguales, pero en direcciones diferentes, la porción de conexión de rotor y la porción de conexión de árbol de accionamiento estarán en planos paralelos, lo cual puede ser práctico teniendo en cuenta la conexión del árbol de salida de caja de engranajes al conjunto de rotor. Sin embargo,

cabe señalar que ambos ángulos no son necesariamente iguales y pueden diferir cuando sea deseable.

La porción de conexión de rotor puede comprender además una pluralidad de abrazaderas, que sujetan la porción de conexión de rotor al anillo de extremo respectivo. La porción de conexión de rotor puede estar unida en paralelo a, pero no en contacto directo con, uno de los paquetes de extremo. Por ejemplo, pueden colocarse separadores entre el paquete de extremo y la porción de conexión de rotor.

5

REIVINDICACIONES

1. Conjunto de rotor de generador (42) para una turbina eólica, en el que el conjunto de rotor de generador (42) comprende una estructura de anillo cilíndrica (46) que define una porción hueca central y dispuesta para rotar alrededor de un eje de rotación, comprendiendo la estructura de anillo cilíndrica (46):
 - 5 una pluralidad de paquetes de imanes permanentes (48) coaxialmente dispuestos alrededor del eje de rotación, comprendiendo los paquetes de imanes permanentes (48):
 - 10 una pluralidad de capas segmentadas con forma de anillo (80) coaxialmente apiladas que comprende una pluralidad de láminas de segmentos contiguas (82) dispuestas alrededor del eje de rotación para formar la capa con forma de anillo, estando las capas (80) apiladas escalonadas de modo que discontinuidades entre segmentos entre dos láminas de segmentos contiguas (82) en una de las capas están desplazadas angularmente con respecto a discontinuidades entre segmentos entre dos láminas de segmentos contiguas (82) en una capa adyacente,
 - 15 una pluralidad de orificios de tirante (86) que se extienden axialmente a través de las capas de los paquetes de imanes permanentes (48), en el que la pluralidad de orificios de tirante (86) de paquetes de imanes permanentes (48) adyacentes son complementarios en cuanto al tamaño y la posición, de modo que se define una pluralidad de perforaciones de tirante, y
 - una pluralidad de tirantes (54) que se extiende a través de perforaciones respectivas de la pluralidad de perforaciones de tirante.
 2. Conjunto de rotor de generador (42) según la reivindicación 1, en el que todas las láminas de segmentos (82) comprenden varios orificios de tirante (86), separados en un ángulo de separación de tirantes, y en el que un desplazamiento angular entre dos capas adyacentes es un múltiplo del ángulo de separación de tirantes.
 3. Conjunto de rotor de generador (42) según cualquier reivindicación anterior, en el que la pluralidad de capas están unidas entre sí.
 - 25 4. Conjunto de rotor de generador (42) según cualquier reivindicación anterior, que comprende además una pluralidad de separadores (56) dispuestos en los tirantes (54) y entre paquetes de imanes permanentes (48) adyacentes.
 5. Conjunto de rotor de generador (42) según cualquier reivindicación anterior, comprendiendo la pluralidad de paquetes de imanes permanentes (48) dos paquetes de extremo (50) dispuestos en extremos opuestos de la estructura de anillo cilíndrica (46), y en el que la estructura de anillo cilíndrica (46) comprende además un reborde con forma de anillo (57) que comprende una porción de conexión de rotor (58) que está unida de manera fija a uno de los paquetes de extremo (50), y una porción de conexión de árbol de accionamiento (60), configurada para la conexión directa o indirecta a un árbol de accionamiento.
 - 30 6. Conjunto de rotor de generador (42) según la reivindicación 5, en el que los paquetes de extremo (50) están ubicados en un extremo de accionamiento y un extremo no de accionamiento de la estructura de anillo cilíndrica (46), en el que el extremo no de accionamiento está orientado en sentido opuesto a la línea de accionamiento de turbina eólica cuando está en uso, y en el que el reborde con forma de anillo (57) está unido de manera fija al paquete de extremo (50) en el extremo no de accionamiento.
 7. Conjunto de rotor de generador (42) según la reivindicación 5 o la reivindicación 6, en el que la porción de conexión de rotor (58) comprende una pluralidad de orificios de tirante que se extienden axialmente a través de la porción de conexión de rotor (58), en el que la pluralidad de orificios de tirante de la porción de conexión de rotor (58) están dispuestos para recibir la pluralidad de tirantes (54) y unir el reborde con forma de anillo (57) a la misma.
 - 40 8. Conjunto de rotor de generador (42) según las reivindicaciones 5 a 7, en el que la porción de conexión de rotor (58) está unida en paralelo a, y en contacto directo con, el paquete de extremo (50).
 9. Conjunto de rotor de generador (42) según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, en el que la porción de conexión de árbol de accionamiento (60) se extiende en un plano coincidente con o paralelo a la porción de conexión de rotor (58).
 - 50 10. Conjunto de rotor de generador (42) según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 9, en el que el reborde con forma de anillo (57) comprende además un bastidor de conexión de árbol de accionamiento (68) unido a la porción de conexión de árbol de accionamiento (60), en el que el bastidor de conexión de árbol de accionamiento (68) se extiende al interior de la porción hueca central, estando configurado el bastidor de conexión de árbol de accionamiento (68) para conectar el reborde con forma de anillo (57) al árbol de accionamiento.

- 11. Conjunto de rotor de generador (42) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que está al menos parcialmente abierto en al menos una de sus superficies de extremo para permitir que un flujo de aire de enfriamiento fluya desde el exterior del conjunto de rotor de generador (42) al interior de la porción hueca central.
- 5 12. Conjunto de rotor de generador (42) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además canales de enfriamiento proporcionados entre al menos algunos de la pluralidad de paquetes de imanes permanentes (48) para permitir que un flujo de aire de enfriamiento fluya desde la porción hueca central, a través de los canales de enfriamiento hacia el exterior del conjunto de rotor de generador (42).
- 10 13. Conjunto de rotor generador (42) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho conjunto es un conjunto de rotor de generador de IPM (imán permanente interior).
- 14. Conjunto de rotor de generador (42) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho conjunto está configurado para estar autosoportado sin soporte de un buje central.
- 15 15. Turbina eólica (1) que comprende un generador con un conjunto de rotor de generador (42) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

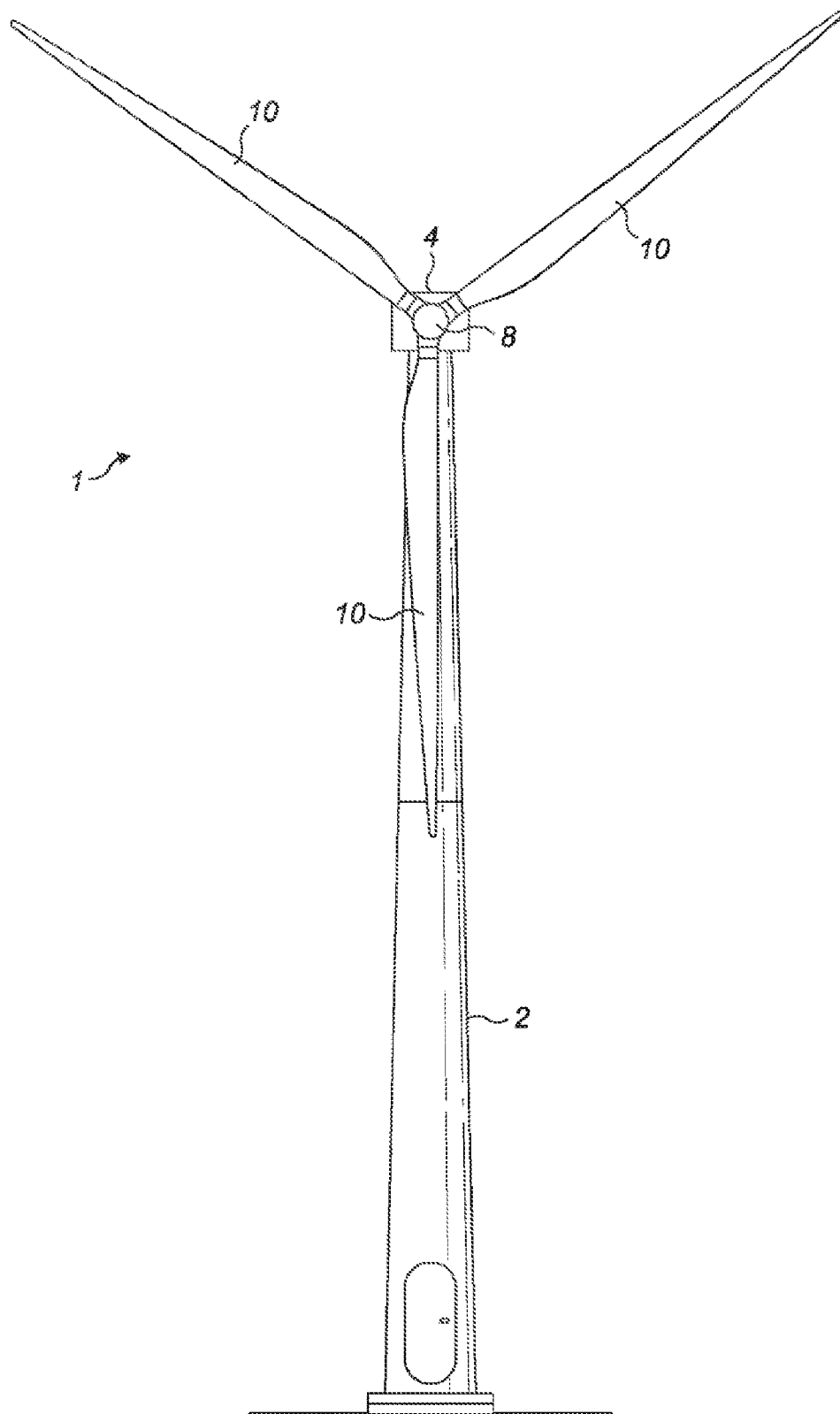


FIG. 1

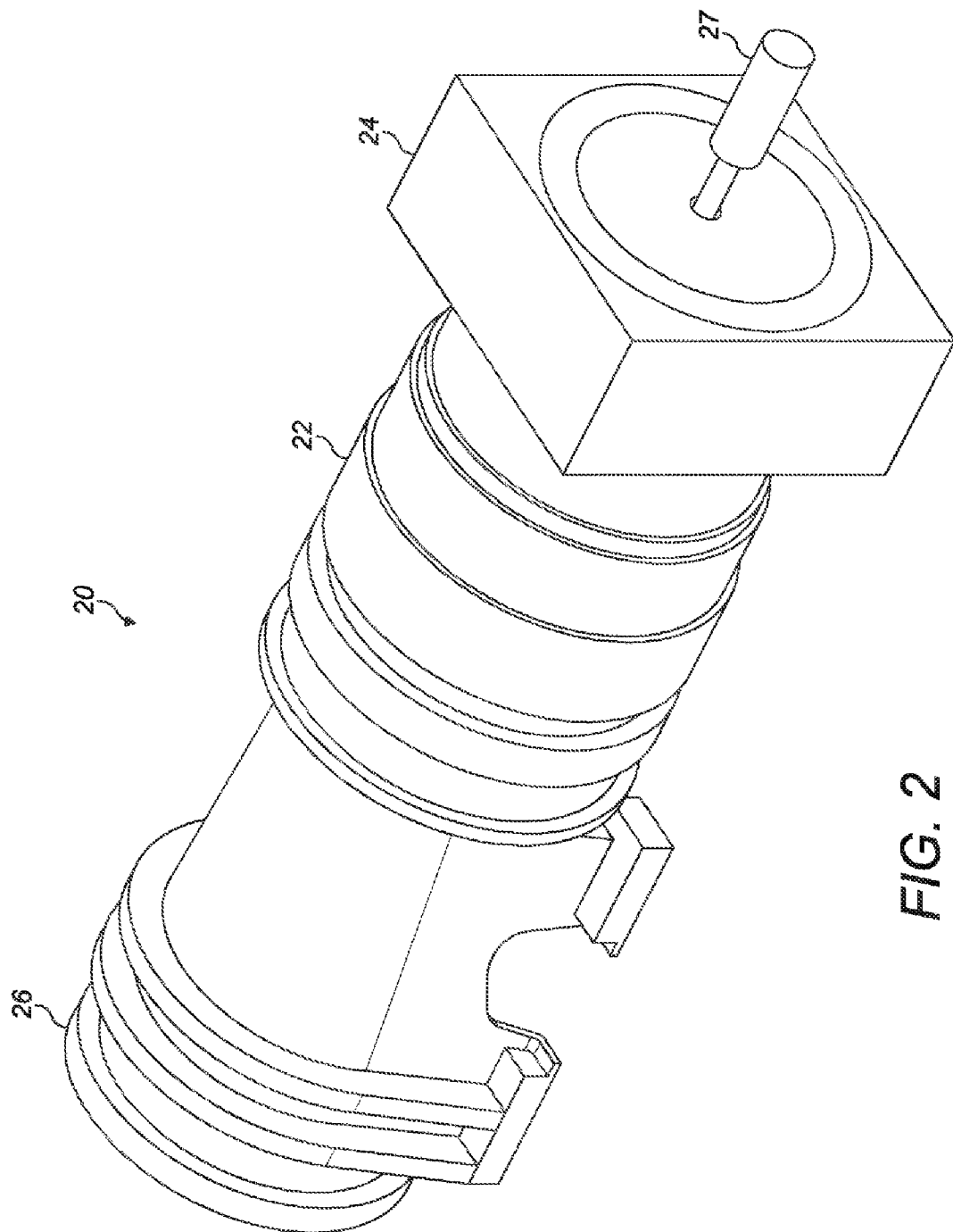


FIG. 2

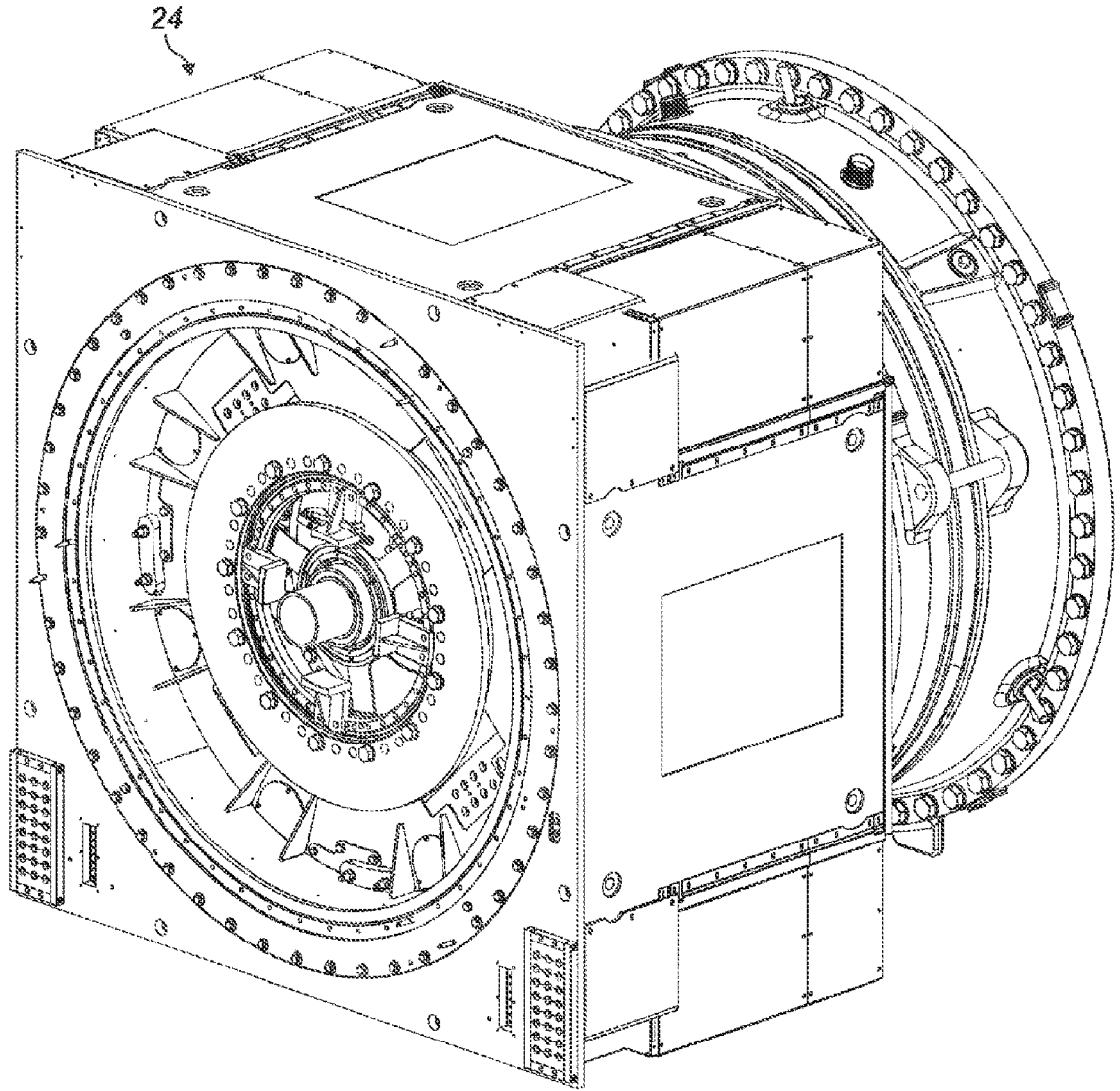


FIG. 3

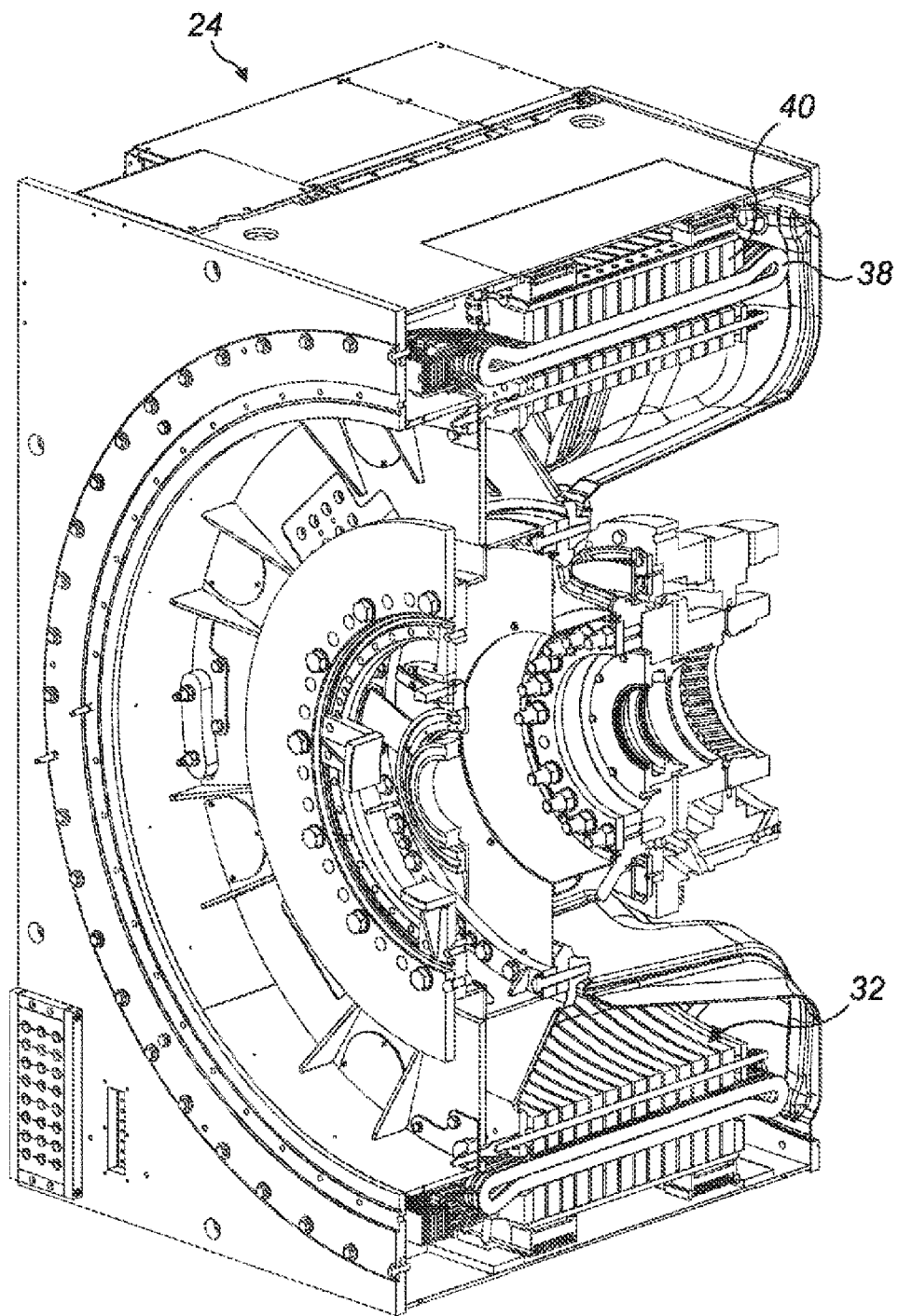


FIG. 4

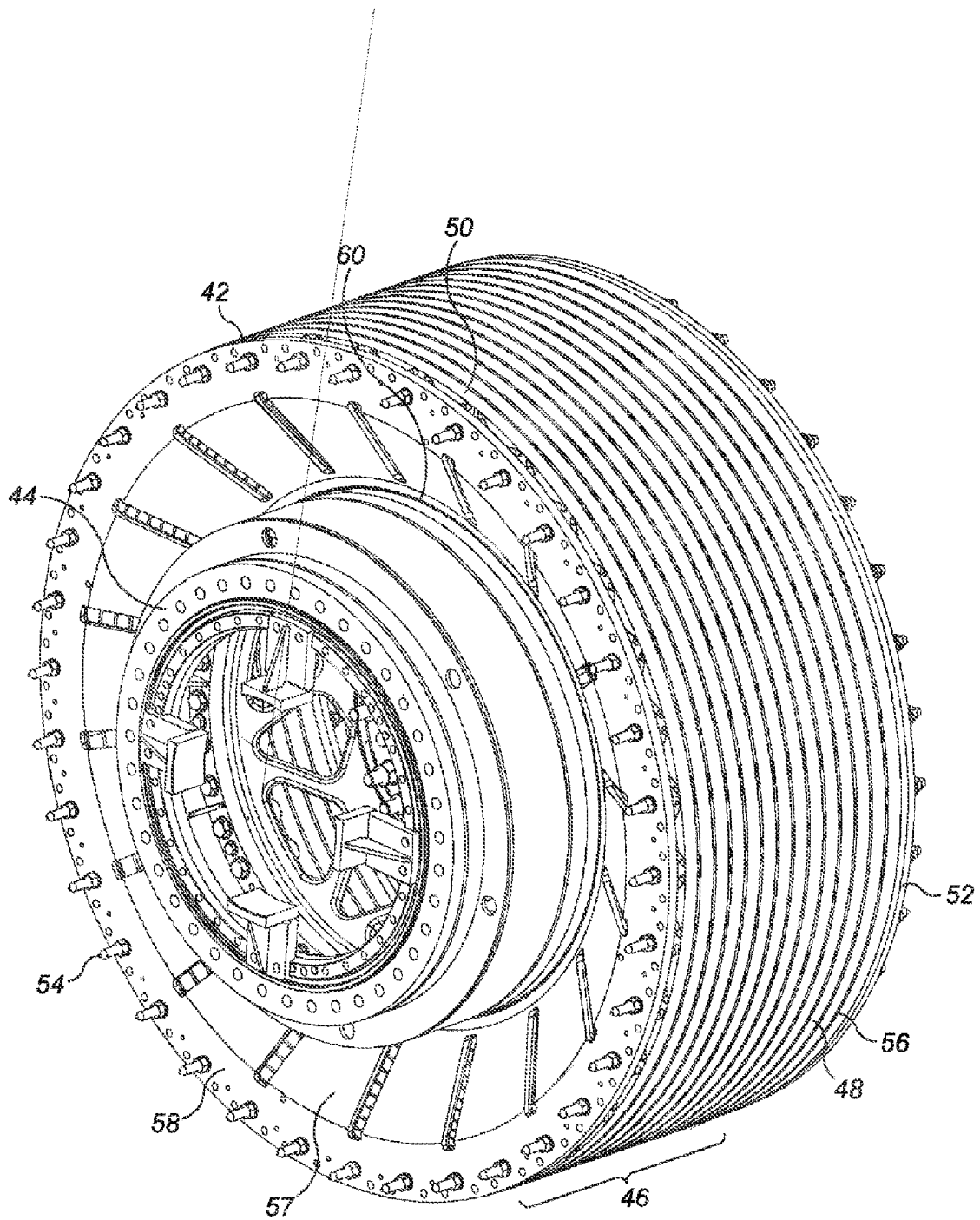


FIG. 5

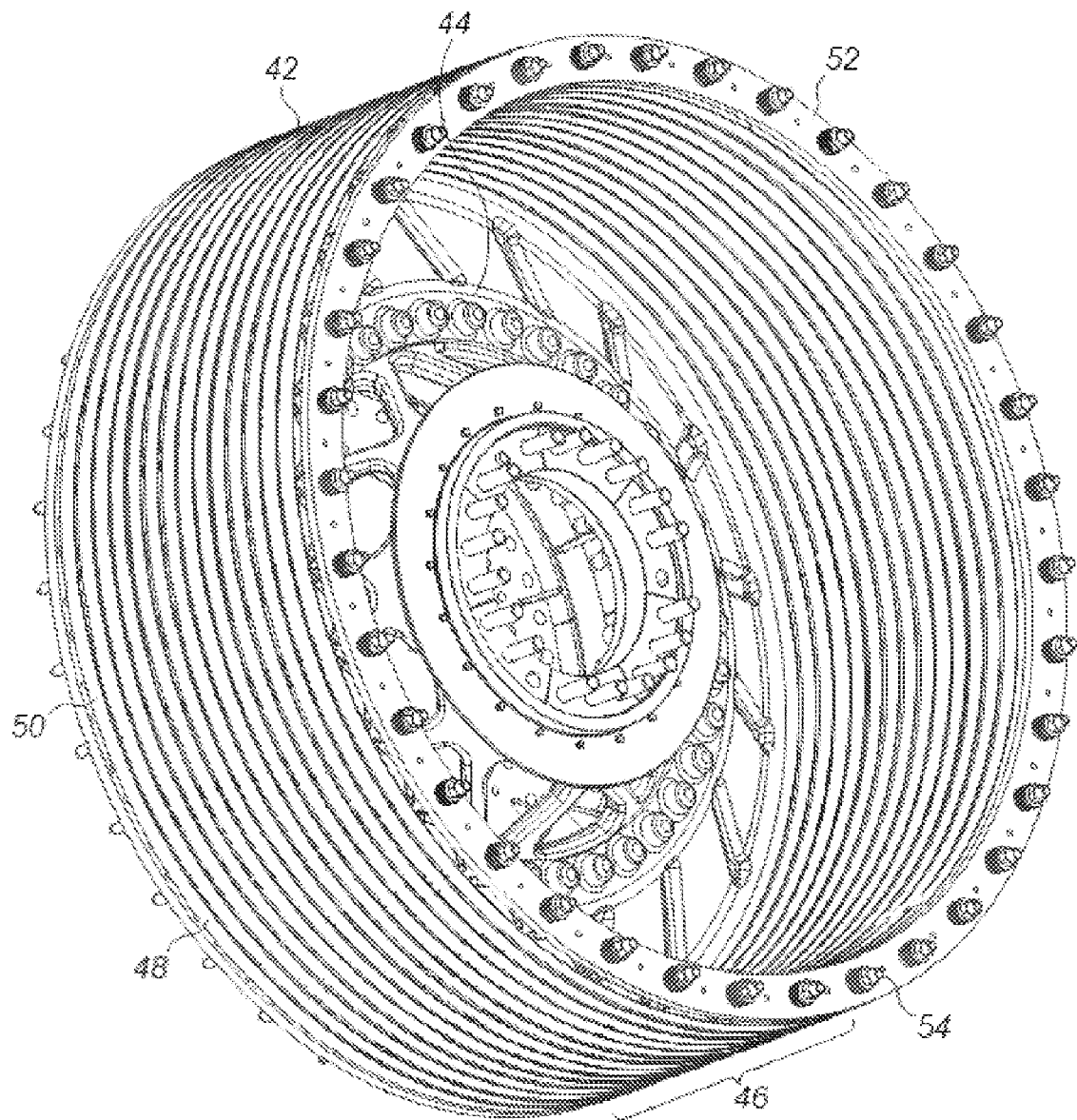


FIG. 6

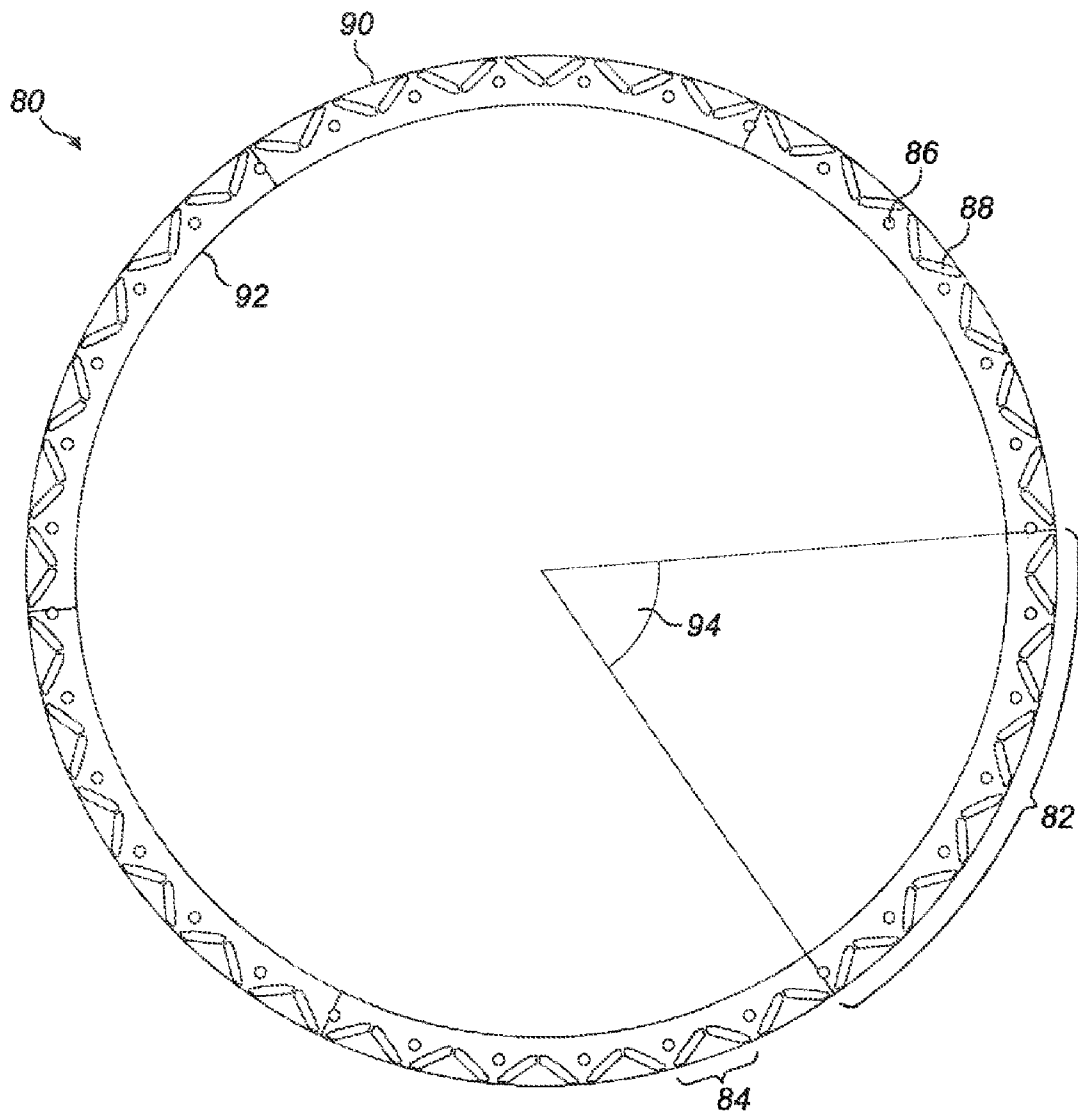
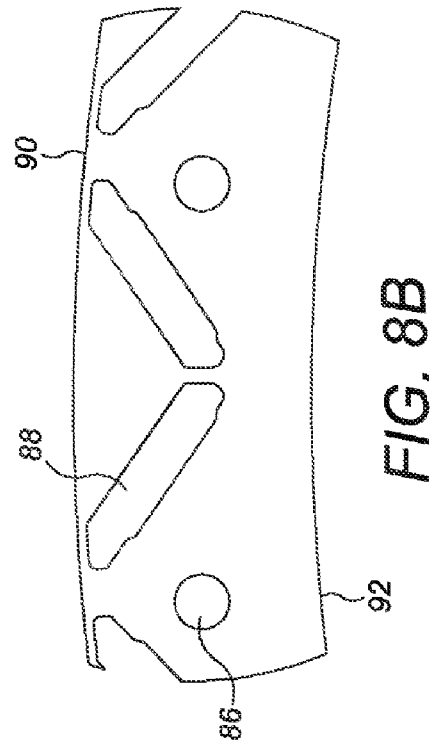
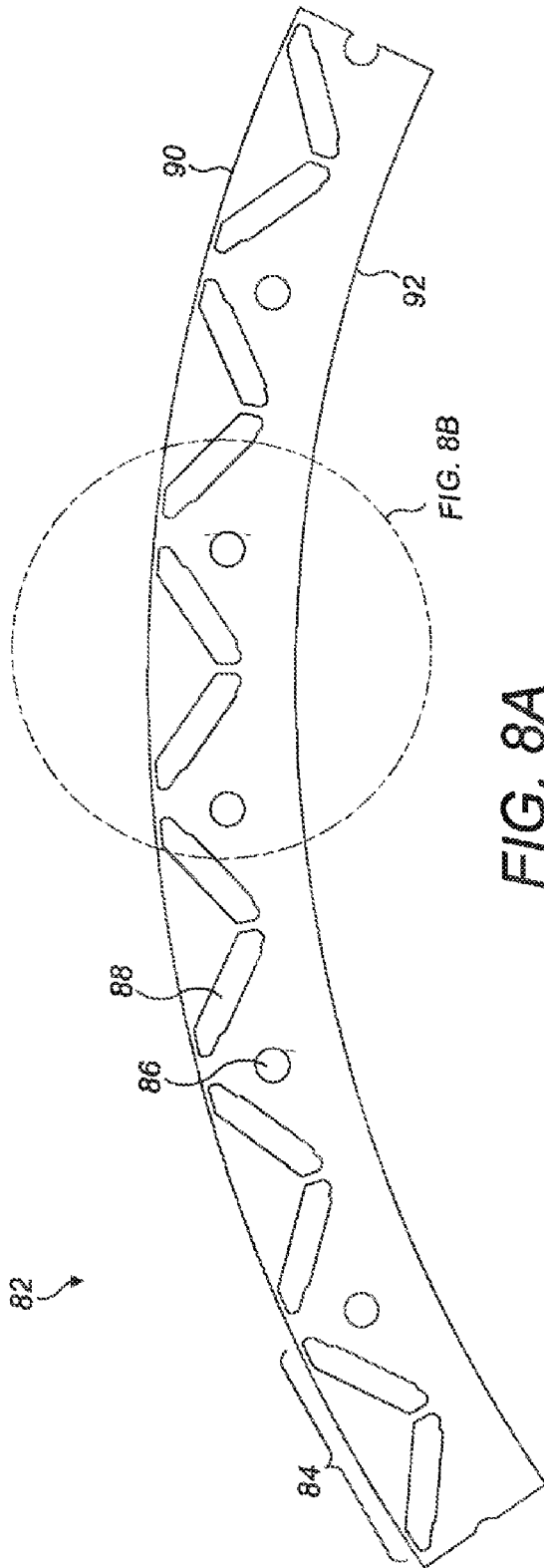


FIG. 7



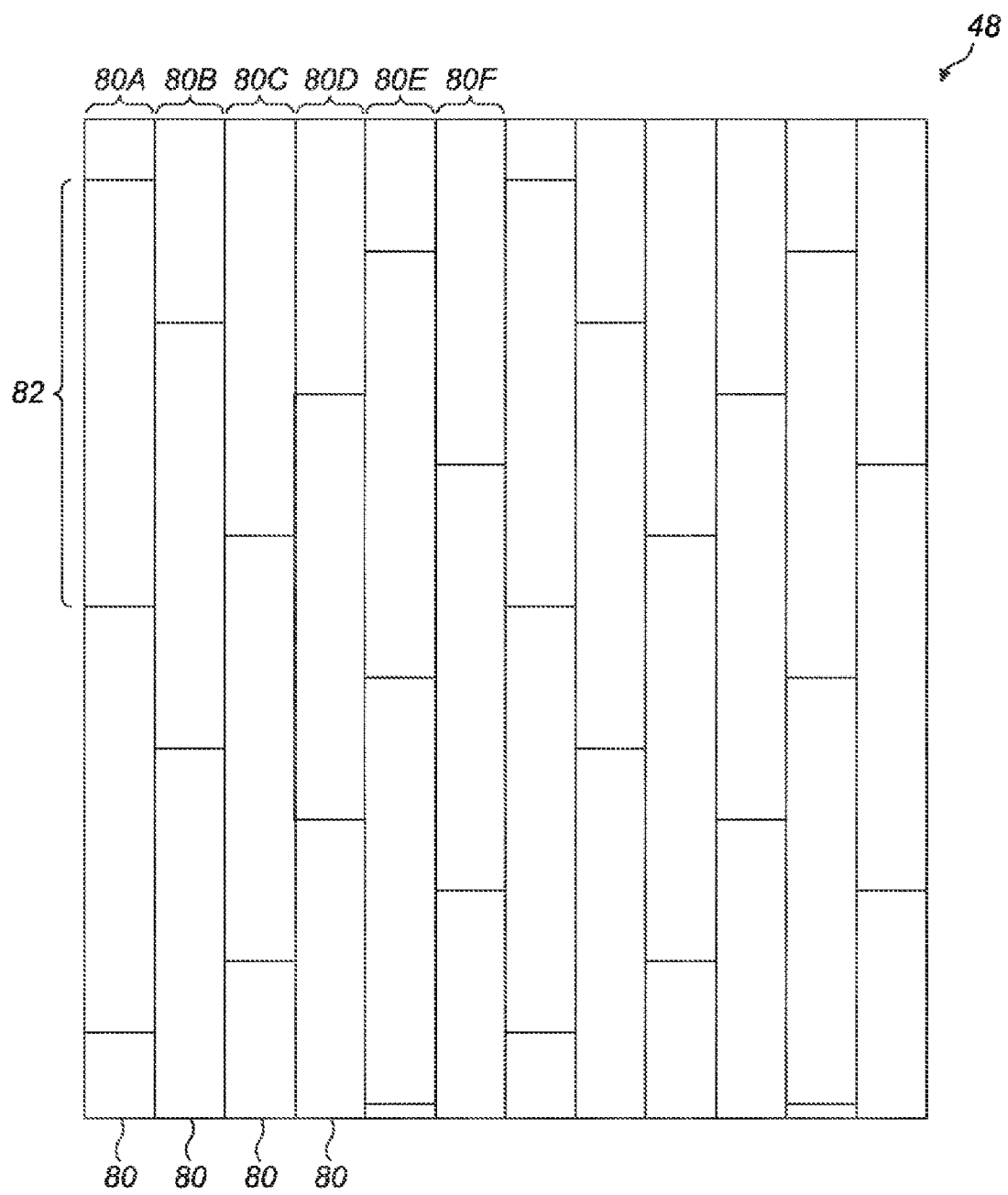


FIG. 9

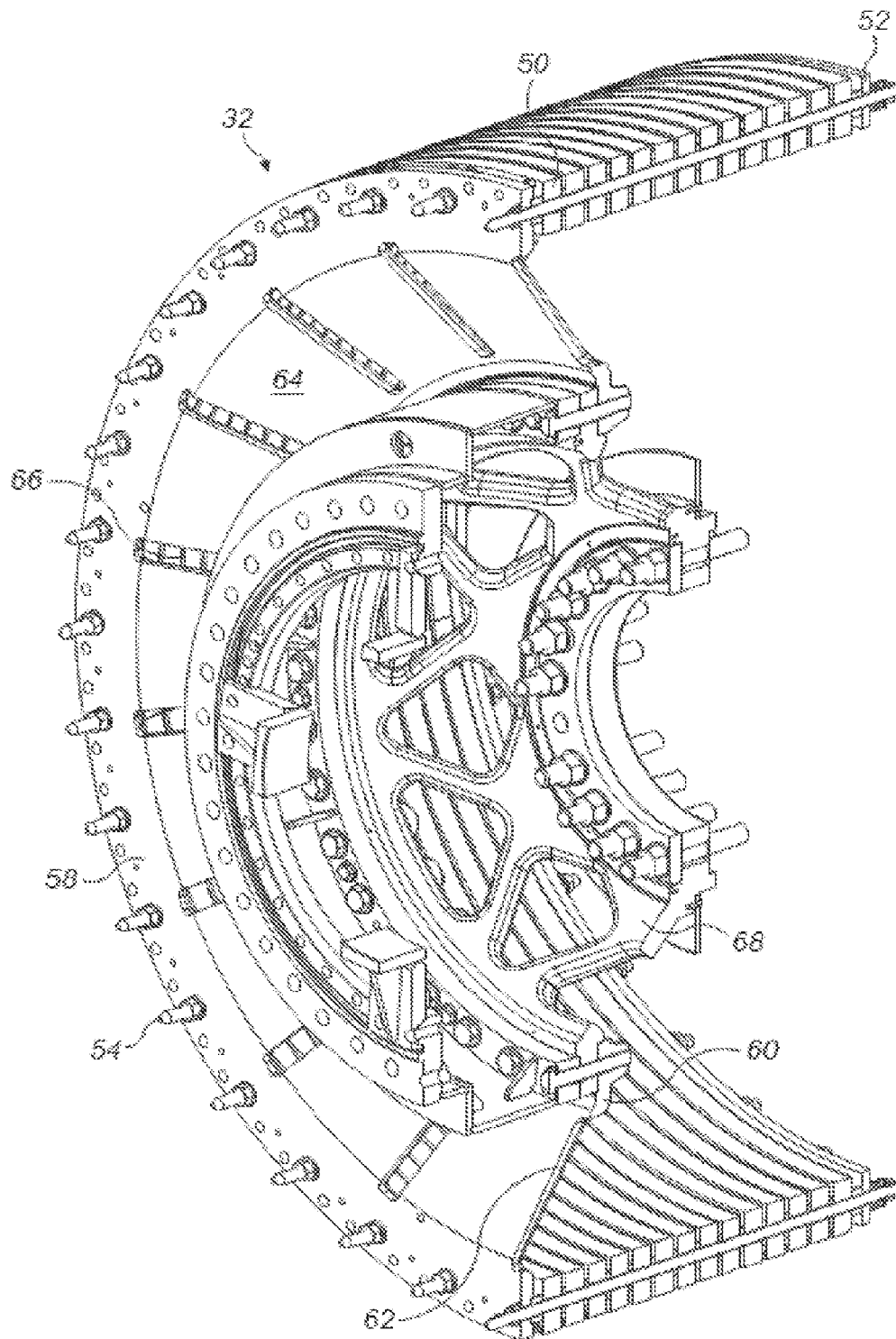


FIG. 10

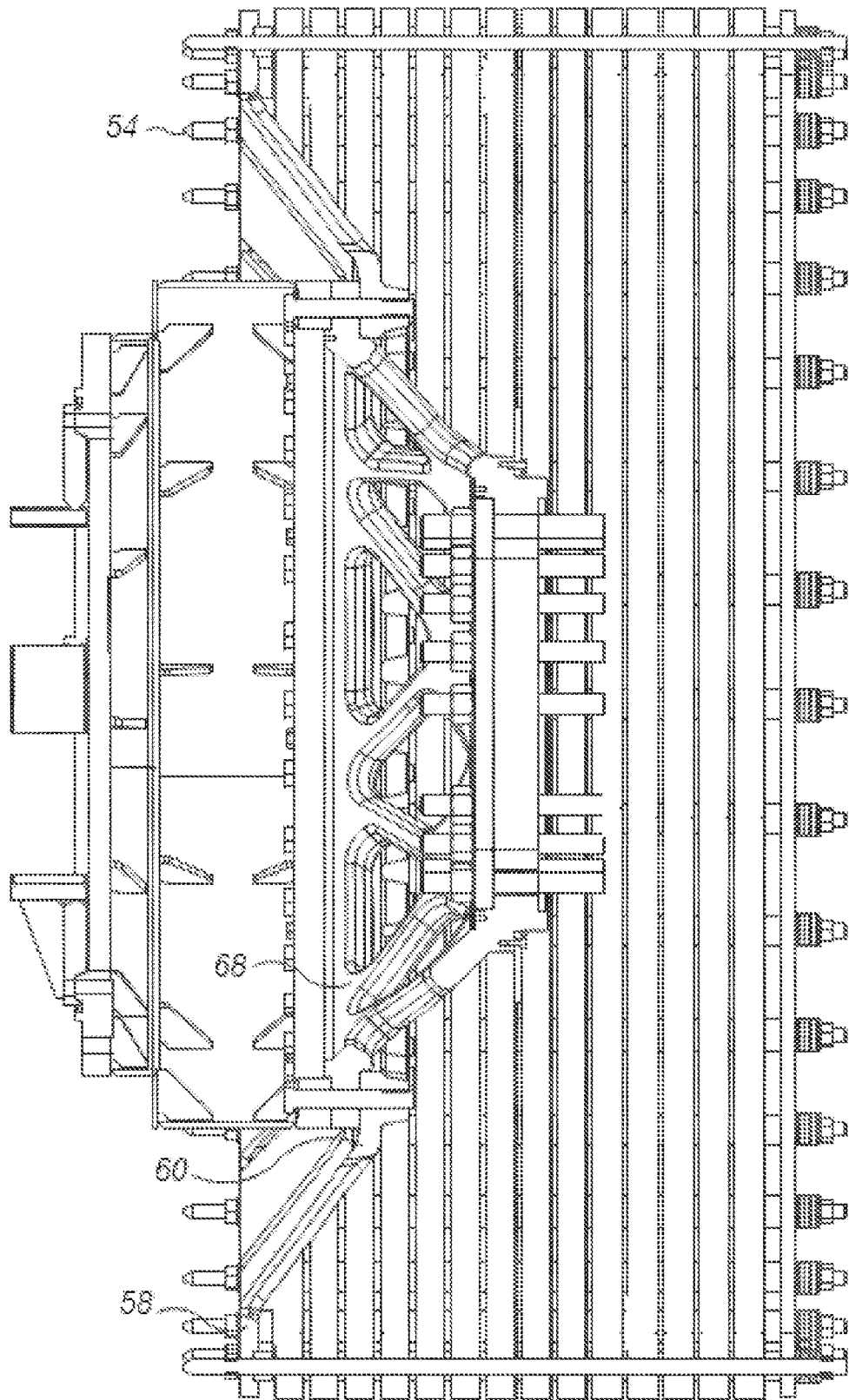


FIG. 11

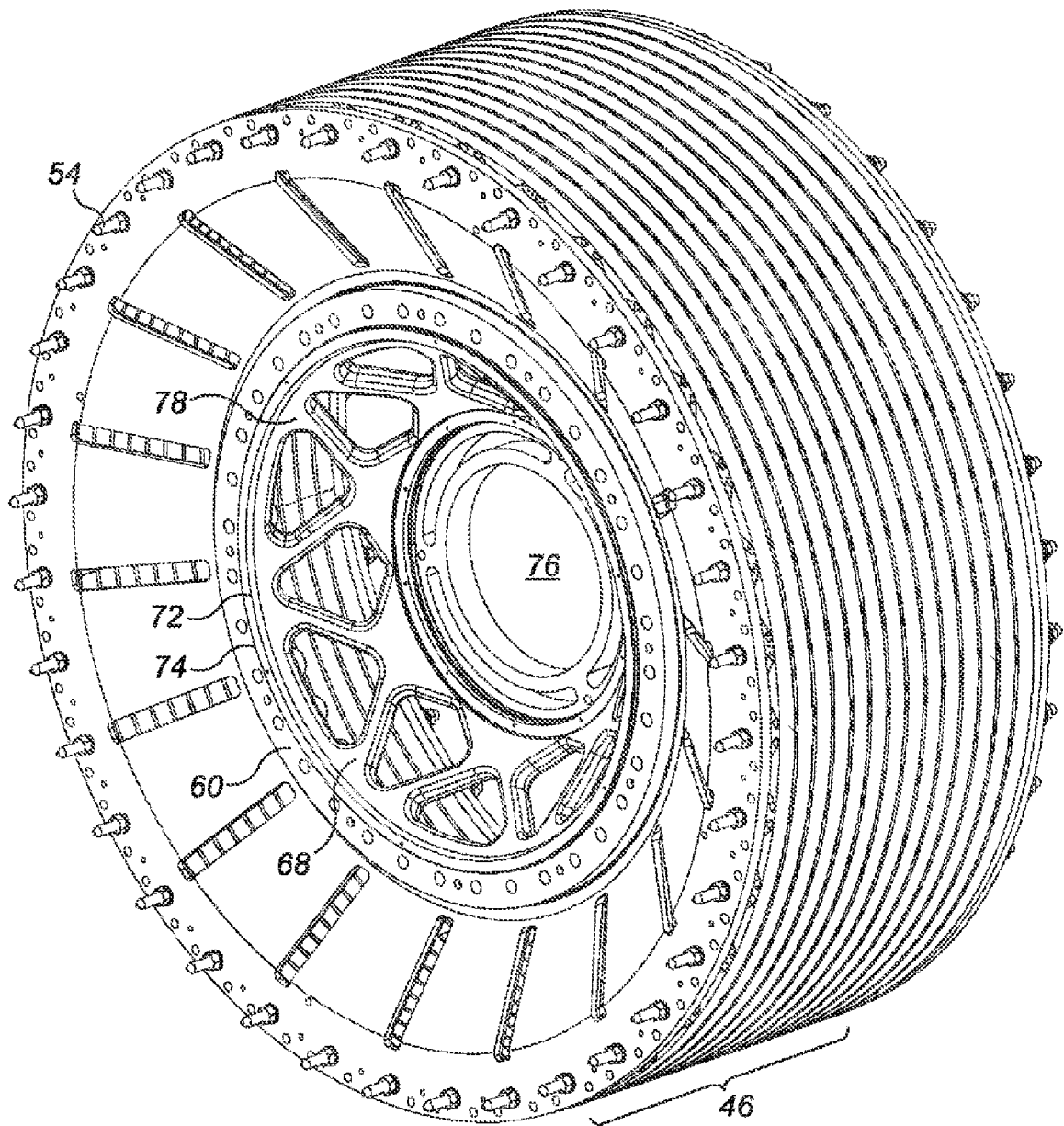


FIG. 12

