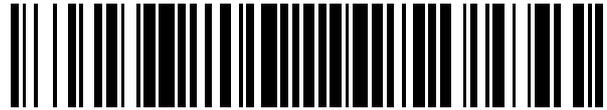


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 591 234**

51 Int. Cl.:

**F03D 80/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.01.2007 E 07100847 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.07.2016 EP 1837519**

54 Título: **Generadores de turbina eólica que tienen sistemas asistidos de refrigeración y procedimientos de refrigeración**

30 Prioridad:

**22.03.2006 US 385730**

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

**25.11.2016**

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)  
1 RIVER ROAD  
SCHENECTADY, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

**BAGEPALLI, BHARAT;  
BARNES, GARY R.;  
GADRE, ANIRUDDHA D.;  
JANSEN, PATRICK LEE;  
BOUCHARD JR., CHARLES G.;  
JARCZYNSKI, EMIL D. y  
GARG, JIVTESH**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 591 234 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**

Generadores de turbina eólica que tienen sistemas asistidos de refrigeración y procedimientos de refrigeración

La presente invención versa, en general, acerca de una refrigeración asistida por el viento para generadores de turbina eólica y, en particular, versa acerca de un sistema de refrigeración que utiliza presión inducida por el flujo y succión para recibir aire de refrigeración del entorno ambiental y encamina el aire de refrigeración hacia las piezas del generador eólico susceptibles de una degradación relacionada con la temperatura.

Normalmente, los generadores de turbina eólica se alzan sobre mástiles decenas de metros en el aire. Los generadores incluyen un cubo que monta dos o, normalmente, tres palas de superficie aerodinámica que accionan el generador. En la góndola que monta el cubo, se hace girar un rotor por medio de las palas de superficie aerodinámica y del cubo. La rotación del rotor, bien mediante un sistema de accionamiento directo o bien mediante una caja de engranajes provoca una rotación relativa entre los polos magnéticos y las bobinas para generar electricidad. En el generador de accionamiento directo, el rotor gira con la misma velocidad que giran las palas y, por consiguiente, se requiere un gran radio para obtener la velocidad tangencial requerida para producir la electricidad. Por supuesto, una caja de engranajes aumenta la velocidad rotacional hasta un valor elevado, por ejemplo, 1000 rpm, lo que, por sí mismo, causa problemas.

Como en cualquier generador, se genera calor y es necesario refrigerar las diversas piezas del generador. La refrigeración de un generador eólico debe realizarse de forma eficaz para minimizar las pérdidas y se apreciará que restricciones de espacio evitan el uso de tubos de refrigeración, sopladores, filtros, intercambiadores de calor elaborados y similares para facilitar la refrigeración. Tradicionalmente, un aparato de refrigeración de un generador ha sido voluminoso, costoso y difícil de mantener. Debido a la naturaleza de los generadores de turbina eólica y a la necesidad de ubicar los generadores a decenas de metros por encima del suelo, mientras que al mismo tiempo se proporciona refrigeración al generador, existe la necesidad consolidada de proporcionar un sistema mejorado de refrigeración para generadores de turbina eólica, por ejemplo, para utilizar el flujo del viento en torno a la góndola para contribuir a la introducción del flujo de aire en el interior de la góndola, y al escape del aire caliente de la misma, con el fin de refrigerar el generador.

En el documento JP 58 065 977 A se puede encontrar un ejemplo de un sistema de refrigeración de la técnica anterior.

En una realización ejemplar pero no limitante de la invención, se proporciona un generador eólico que comprende una góndola; un cubo portado de forma giratoria por la góndola y que incluye al menos un par de palas de turbina eólica; un generador de producción de electricidad que incluye un estátor y un rotor, estando conectado el rotor con el cubo y pudiendo girar en respuesta al viento que actúa sobre las palas para hacer girar el rotor con respecto al estátor para generar electricidad; y un sistema de refrigeración portado por la góndola que incluye al menos un orificio de entrada de aire ambiente a través de una superficie de la góndola corriente abajo del cubo y de las palas, y un conducto para que fluya aire desde el orificio de entrada en una dirección generalmente corriente arriba hacia el cubo y en relación de refrigeración con el estátor.

En otra realización ejemplar pero no limitante, se proporciona un procedimiento para refrigerar el estátor de un generador de turbina eólica que tiene una góndola que porta el estátor y un rotor conectado con un cubo que monta palas de turbina eólica, que comprende las etapas de (a) succionar aire ambiente de refrigeración a través de un orificio de entrada orientado hacia delante a lo largo de una superficie del cubo o de la góndola; (b) hacer fluir el aire de refrigeración a través del estátor del generador para refrigerar el estátor; y (c) expulsar el aire de refrigeración del estátor en una ubicación corriente abajo del cubo y de las palas.

En una realización ejemplar adicional pero no limitante, se proporciona dicho orificio de entrada en la góndola en una ubicación corriente abajo del cubo y de las palas.

Se describirán en detalle ahora aspectos y realizaciones de la invención en conexión con los dibujos identificados a continuación, en los que:

La FIGURA 1 es una representación esquemática de un sistema de refrigeración asistido por el viento para un generador de turbina eólica;

la FIGURA 2 es una vista en perspectiva que ilustra porciones del sistema de refrigeración para el generador de turbina eólica;

la FIGURA 3 es una vista parcial ampliada en corte transversal de una porción del estátor y de componentes giratorios del generador que ilustra una porción del circuito de refrigeración;

la FIGURA 4 es una representación esquemática ampliada hacia el extremo del generador de doble lado empleado en el sistema de refrigeración del presente documento;

la FIGURA 5 es una vista parcial en perspectiva que ilustra los diversos componentes del sistema de refrigeración asistida por el viento para el generador de turbina eólica del presente documento;

la FIGURA 6 es una representación esquemática de una realización ejemplar adicional de un sistema de refrigeración asistida por el viento para un generador de turbina eólica;

la FIGURA 7 es una vista parcial en perspectiva de un cubo y de una góndola con una configuración de entrada de aire de refrigeración según otra realización ejemplar;

la FIGURA 8 es una vista en perspectiva de una disposición de entrada de aire de refrigeración en el cubo según otra realización ejemplar más;

5 la FIGURA 9 es un corte transversal parcial del cubo mostrado en la Figura 8; y

la FIGURA 10 es una vista parcial en perspectiva de una entrada de aire de refrigeración en un cubo según otra realización más de la invención.

10 Con referencia a la Fig. 1, se ilustra esquemáticamente un generador de turbina eólica, designado 10 en general, y que incluye un cubo giratorio 12 que monta dos o más palas 14 con forma de superficie aerodinámica, una góndola fija 16 y un mástil 18 para soportar de forma estructural el generador de turbina eólica decenas de metros por encima del nivel del suelo G.

15 Con referencia a las Figuras 3 y 4, la góndola 16 monta una pluralidad de bobinas o arrollamientos 22 que forman parte del estátor y una pluralidad de imanes o polos 24 en torno al rotor adyacente a una parte delantera del rotor cerca del cubo 12. La presente realización ilustrada incluye un generador de doble lado que tiene, como parte del estátor, bobinas internas 22 del estátor y bobinas externas 26 del estátor y, como parte del rotor, imanes o polos externos 24 e imanes o polos internos 28. De esta manera, las palas 14 accionadas por el viento accionan el cubo 12 que, a su vez, hace girar los imanes externos e internos 24 y 28 con respecto a las bobinas externas e internas 26 y 22 del estátor para generar electricidad. Se apreciará que las bobinas internas y externas 22 y 26 del estátor constituyen, respectivamente, bobinas con forma generalmente elíptica u ovalada separadas circunferencialmente la una de la otra en torno al estátor del generador. Las bobinas del estátor también están montadas en una horquilla 30 fijada a la góndola 16. Se apreciará por un análisis de las Figuras 3 y 4, que hay huecos 32 entre las bobinas individuales tanto en las bobinas internas como externas 22, 26. También hay huecos axiales 34 entre la porción externa del rotor y las bobinas externas 26, al igual que entre la porción interna del rotor 40 de las bobinas internas 22, que proporcionan recorridos de flujo para hacer fluir un fluido de refrigeración, en este caso aire.

25 Con referencia a las Figuras 1-3, el sistema de refrigeración incluye una pluralidad de entradas 44 de aire, mostrándose tres en la Fig. 2. Las entradas 44 constituyen tubos para transmitir aire recibido en una entrada 46 (Fig. 1) que se abren a lo largo de la superficie de la góndola 16. Por lo tanto, tres entradas 46 están separadas circunferencialmente entre sí en torno a la góndola, por ejemplo separadas aproximadamente 120 grados para recibir aire que pasa por encima de la góndola 16. Debido a la forma de la góndola 16 y al flujo de la capa límite aerodinámica a lo largo de la superficie de la góndola, las entradas succionan una parte del flujo de la capa límite por delante de las entradas para una transmisión por los tubos 44 hasta un colector 50 de entrada (Fig. 3). El colector 50 comprende un anillo de diámetro similar al de las bobinas del estátor y está separado por detrás de las bobinas internas y externas 22 y 26 del estátor. El colector 50 puede ser continuo o estar segregado en compartimentos de longitudes circunferenciales idénticas para proporcionar aire de refrigeración a un segmento asociado de las bobinas del estátor axialmente por delante del colector 50 de entrada. Dado que el flujo de aire de entrada, por sí mismo, no es suficiente para mantener el generador en una condición refrigerada, se aumenta el flujo de aire de entrada por medio de sopladores 52 (Fig. 2) dispuestos en los tubos 44 por delante del colector 50 de entrada. También se colocan diversos filtros 54 en los tubos 44 de entrada.

40 En el lado axialmente delantero del generador, se proporciona una pluralidad de salidas 55 separadas circunferencialmente, incluyendo cada una un tubo 56 de escape y un collar de escape, denominados en conjunto bote 58 de escape. Un canal anular 60 con forma generalmente de C cubre el bote 58 de escape en el lado de salida de los botes 58. La base del canal 60 está separada de las salidas de escape, y cubre las mismas, del tubo 56 de escape. El canal 60 también tiene bordes extremos libres separados axialmente de la cara delantera del componente giratorio proporcionando pasos 59 de escape de aire de refrigeración calentado que se extienden de forma generalmente radial. Por lo tanto, el aire de refrigeración calentado sale del tubo 56 de escape y gira 180 grados para un flujo axialmente retrógrado hacia el estátor y luego gira 90 grados para una salida radial a la atmósfera. Por consiguiente, el flujo de escape del aire de refrigeración es esencialmente anular en torno a la superficie de la góndola.

50 Con referencia a la realización ilustrada en la Fig. 6, se da a conocer un sistema de refrigeración de salida trasera para una turbina eólica. En esta configuración, el aire de refrigeración entra a través de orificios 68 de entrada a lo largo de la cara frontal del compartimento anular 70 que aloja las bobinas del estátor para refrigerar las bobinas del estátor sustancialmente mediante un flujo de aire en la dirección inversa que la dirección del flujo de aire en la realización anterior. El aire calentado del flujo de refrigeración en torno a las bobinas 22, 26 del estátor constituye un planteamiento de salida trasera utilizando la carga debida al viento en los orificios 68 de entrada. En la presente realización, se pueden utilizar uno o más de un soplador, de estructuras lamelares ventiladas internas y de un ventilador externo encerrado para contribuir al flujo de aire de refrigeración. Por ejemplo, los sopladores 72 pueden aumentar el paso de aire desde los orificios frontales de entrada hasta el orificio trasero 75 de salida.

60 Con referencia a la realización ilustrada en la Fig. 6, se da a conocer un sistema de refrigeración de salida trasera para una turbina eólica. En esta configuración, el aire de refrigeración entra a través de orificios 68 de entrada a lo largo de una cara frontal del compartimento anular 70 que aloja las bobinas del estátor para refrigerar las bobinas

5 del estátor sustancialmente mediante un flujo de aire en la dirección inversa que la dirección del flujo de aire en la realización anterior. El aire calentado del flujo de refrigeración en torno a las bobinas 22, 26 del estátor constituye un planteamiento de salida trasera utilizando la carga debida al viento en los orificios 68 de entrada. En la presente configuración, se pueden utilizar uno o más de un soplador, de estructuras lamelares ventiladas internas y de un ventilador externo encerrado para contribuir el flujo de aire de refrigeración. Por ejemplo, los sopladores 72 pueden aumentar el paso de aire desde los orificios frontales de entrada al orificio trasero 74 de salida.

10 En las Figuras 7-10 se dan a conocer variaciones de las configuraciones descritas de entrada de refrigeración. En la Figura 7, se emplean conductos de la raíz de la pala y de la góndola para introducir el aire del viento para una refrigeración de la góndola y del cubo. Más específicamente, cada una de las raíces 74 de pala, en las que se fijan las palas al cubo 76, está dotada de un conducto 78 (una mostrado) con una abertura 80 de entrada orientada hacia delante (corriente arriba de la góndola 82). El conducto 78 suministra aire del viento introducido en un conducto 84 del cubo que, a su vez, suministra aire de refrigeración al colector o cámara impelente anular 70, según se ha descrito en conexión con la Figura 6.

15 Se puede introducir aire del viento adicional de refrigeración por medio de tomas 86 de aire de la góndola que también se abren en una dirección delantera. Se puede variar el número de tomas 86 de aire en torno a la periferia de la góndola, pero, preferentemente, con una disposición simétrica. La disposición en la Figura 7 incluye cuatro tomas de aire tales (tres mostradas). Las tomas 86 de aire suministran el aire de refrigeración a través de los agujeros 88 de entrada del aire de refrigeración en la pared de la góndola para unir el aire de refrigeración que entra en los conductos de la raíz de la pala que fluye con el colector o cámara impelente 70.

20 Las Figuras 8 y 9 ilustran un cubo 90 formado con tres conductos 92 del cubo (dos mostrados), ubicados circunferencialmente entre las raíces 93 de las palas. Cada conducto del cubo tiene una abertura 94 de entrada orientada hacia dentro. Cada conducto puede estar dotado de un filtro 96 en la abertura de entrada, al igual que una pluralidad de deflectores internos 98 dispuestos para formar un recorrido de flujo serpenteante para el aire de refrigeración. Las curvas de noventa grados en el recorrido de flujo eliminan la humedad del aire antes de entrar en la cámara anular 70. Después de pasar a través del generador, el aire de refrigeración saldrá de la góndola 100 por medio de aberturas traseras 102 de ventilación de salida (una mostrada en líneas discontinuas).

25 La Figura 10 ilustra un cubo 104 dotado de una única entrada 106 de aire orientada hacia delante en el centro del cubo. El aire de refrigeración fluye a través de aberturas internas 108 entre los agujeros 110 de la raíz de la pala y al interior de la góndola y de la cámara anular 70.

30 Aunque se ha descrito la invención en conexión con lo que se considera en la actualidad que es la realización más práctica y preferente, se debe comprender que la invención no está limitada a la realización dada a conocer, sino al contrario, se pretende que abarquen diversas modificaciones y disposiciones equivalentes incluidas en el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

#### Lista de piezas

- 35 Generador de turbina eólica 10  
Cubo giratorio 12  
Palas con forma de superficie aerodinámica 14  
Góndola fija 16  
Mástil 18
- 40 Bobinas o arrollamientos internos del estátor 22  
Bobinas externas del estátor 26  
Imanes o polos externos del rotor 24  
Imanes o polos internos del rotor 28  
Horquilla 30
- 45 Huecos 32  
Huecos axiales 34  
Rotor 40  
Entradas de aire 44  
Entrada 46
- 50 Colector de entrada 50  
Sopladores 52  
Filtros 54  
Salidas 55  
Tubo de escape 56
- 55 Bote de escape 58  
Pasos de escape 59  
Canal con forma de C 60  
Director del flujo anular 58  
Orificios de entrada 68

	Compartimento o colector anular 70
	Sopladores 72
	Raíces de pala 74
	Orificio trasero de salida 75
5	Cubo 76
	Conducto 78
	Abertura de entrada 80
	Góndola 82
	Conducto del cubo 84
10	Tomas de aire de la góndola 86
	Agujeros de admisión 88
	Conductos del cubo 92
	Raíces de pala 93
	Abertura de entrada 94
15	Filtro 96
	Deflectores internos 98
	Góndola 100
	Aberturas de ventilación 102
	Cubo 104
20	Admisión de aire 106
	Aberturas internas 108
	Agujeros de la raíz de la pala 110

**REIVINDICACIONES**

1. Un generador eólico (10) que comprende:
  - una góndola (16);
  - un cubo (12) portado de forma giratoria por medio de dicha góndola y que incluye al menos un par de palas (14) de turbina eólica;
  - un generador que produce electricidad que incluye un estátor (22, 26) y un rotor (24, 28) portado por medio de dicha góndola adyacente a dicho cubo, y corriente abajo del mismo, estando conectado dicho rotor con el cubo y girable en respuesta al viento que actúa sobre dichas palas para hacer girar el rotor con respecto al estátor para generar electricidad; y
  - un sistema de refrigeración portado de la góndola (16) que incluye al menos un orificio (46) de entrada de aire ambiente orientado hacia delante, que se abre a través de una superficie de dicha góndola corriente abajo de dichos cubo y palas, y un conducto (44) para hacer que fluya aire en sentido contrario desde dicho orificio de entrada en una dirección generalmente corriente arriba a través de dicho generador, en relación de refrigeración de dicho rotor, hacia dicho cubo y hacia un orificio de salida de aire ubicado por delante del estátor del generador.
2. Un generador (10) según la reivindicación 1, en el que dicho orificio (46) de entrada de aire se abre a un colector (50) para una distribución en torno al estátor.
3. Un generador (10) según la reivindicación 1, en el que dicho orificio (55) de salida de aire distribuye aire calentado recibido del estátor a la atmósfera en una ubicación por detrás del cubo.
4. Un generador (10) según cualquier reivindicación precedente, que incluye una pluralidad de orificios separados circunferencialmente (55) de salida ubicados por detrás de dicho cubo (12) y por delante en el estátor del generador para dirigir aire de refrigeración calentado en una dirección corriente arriba hacia delante, y una cámara anular (60) superpuesta a los orificios de salida para redirigir el aire de refrigeración calentado en una dirección generalmente corriente abajo para un flujo en torno a la góndola.
5. Un generador (10) según cualquier reivindicación precedente, en el que al menos un orificio de entrada comprende una pluralidad de orificios (46) de entrada en torno a la superficie de la góndola corriente abajo del estátor del generador y del cubo, y uno o más colectores y conductos (50) para comunicar aire de refrigeración entre los orificios de entrada y el estátor del generador.
6. Un generador (10) según la reivindicación 5, en el que dichos conductos (50) incluyen sopladores (52) para forzar que el aire fluya hacia dicho estátor del generador.
7. Un procedimiento para refrigerar el estátor de un generador (10) de turbina eólica que tiene una góndola (16) que porta el estátor (22, 26) y un rotor (24, 28) conectado con un cubo (12) que monta palas (14) de turbina eólica, que comprende las etapas de:
  - (a) succionar aire ambiente de refrigeración que se mueve en una dirección corriente abajo a través de al menos un orificio (46) de entrada orientado hacia delante a lo largo de una superficie de la góndola en una ubicación corriente abajo del cubo y de las palas;
  - (b) hacer fluir el aire de refrigeración a través del estátor (22, 26) del generador en una dirección corriente arriba para refrigerar el estátor; y
  - (c) expulsar el aire de refrigeración del estátor en una ubicación corriente abajo del cubo y de las palas pero corriente arriba de dicho al menos un orificio de entrada.
8. Un procedimiento según la reivindicación 7, en el que la etapa (c) incluye invertir el flujo del aire de refrigeración de la dirección generalmente corriente arriba a una dirección generalmente corriente abajo para evacuar el aire de refrigeración.
9. Un procedimiento según la reivindicación 7 u 8, en el que la etapa (a) incluye proporcionar una pluralidad de orificios de entrada en torno a la góndola, la etapa (b) incluye hacer fluir el aire de refrigeración desde los orificios de entrada a través de una pluralidad de conductos hasta un colector de entrada y hacer fluir el aire de refrigeración desde el colector a través del estátor, y la etapa (c) incluye hacer fluir el aire de refrigeración desde la etapa del generador al interior de un anillo para el flujo en una dirección generalmente corriente abajo.

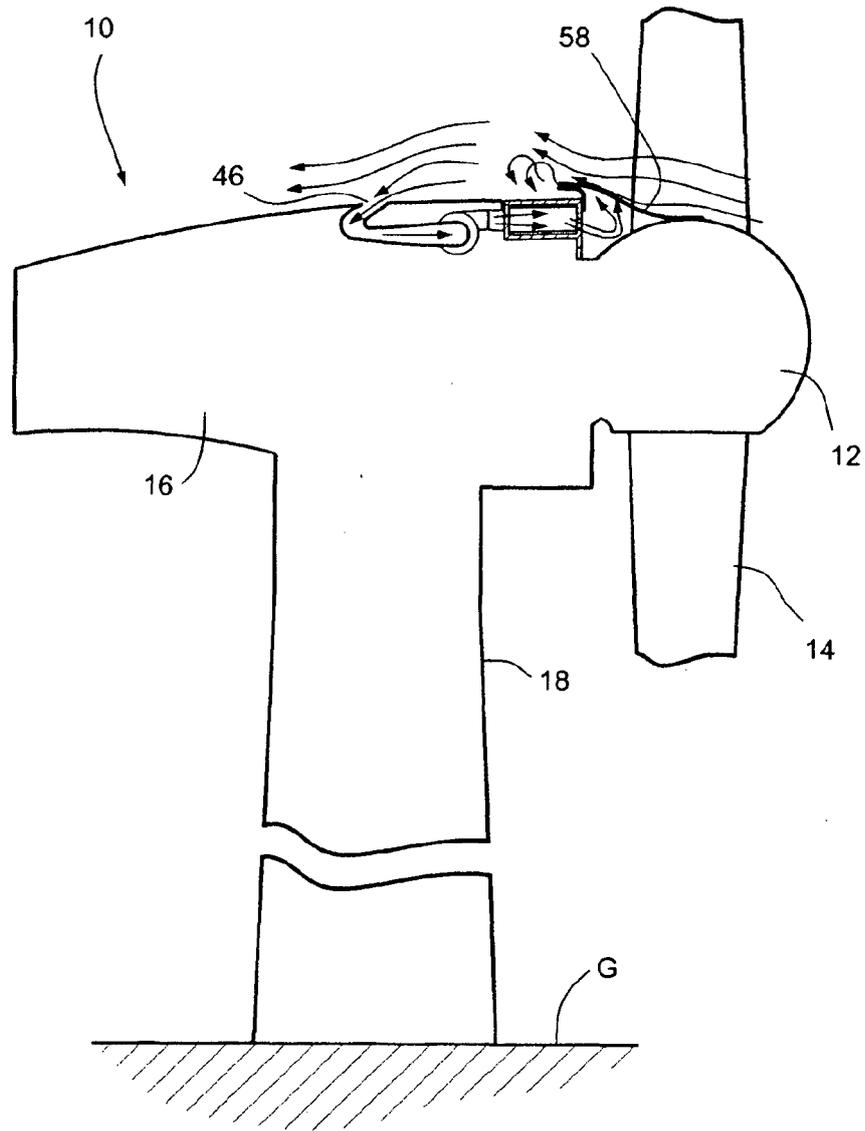


Fig. 1

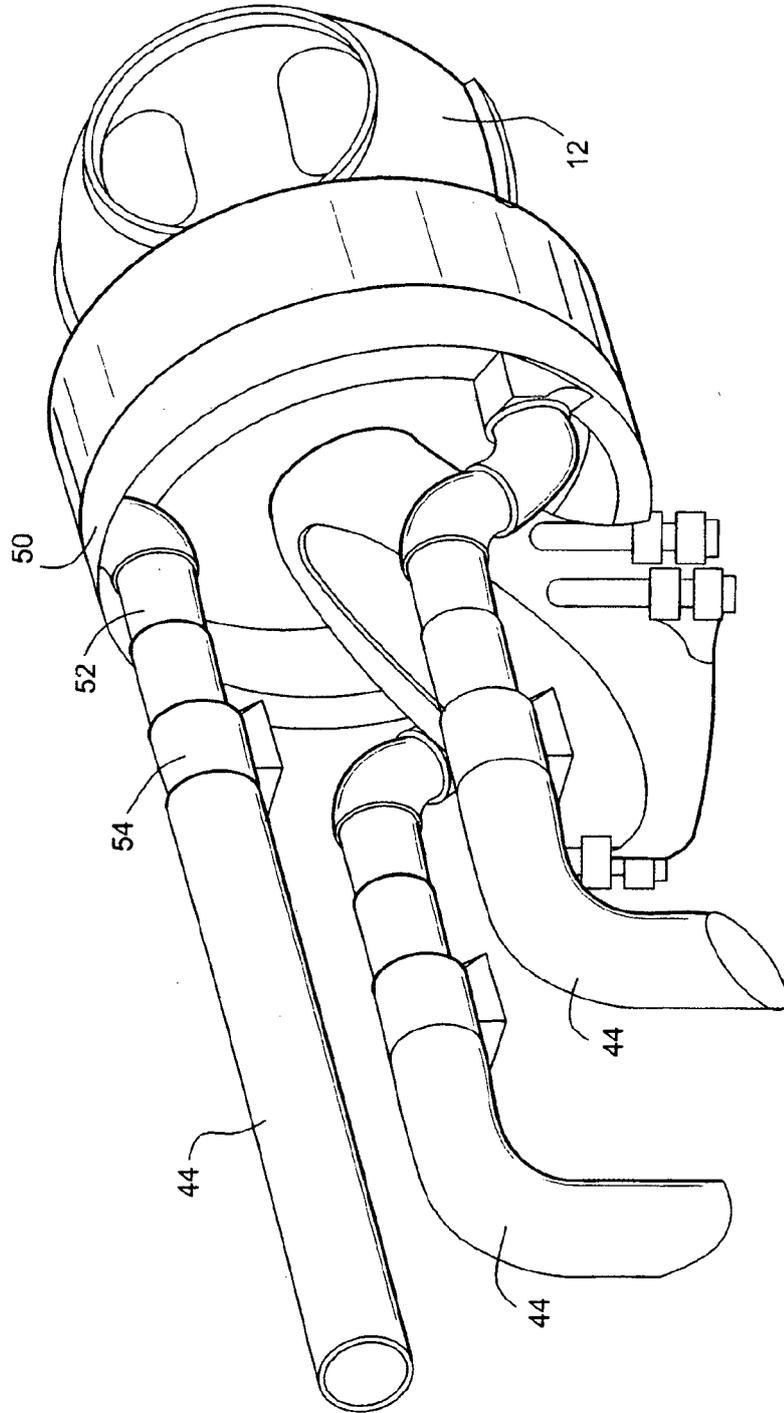


Fig. 2

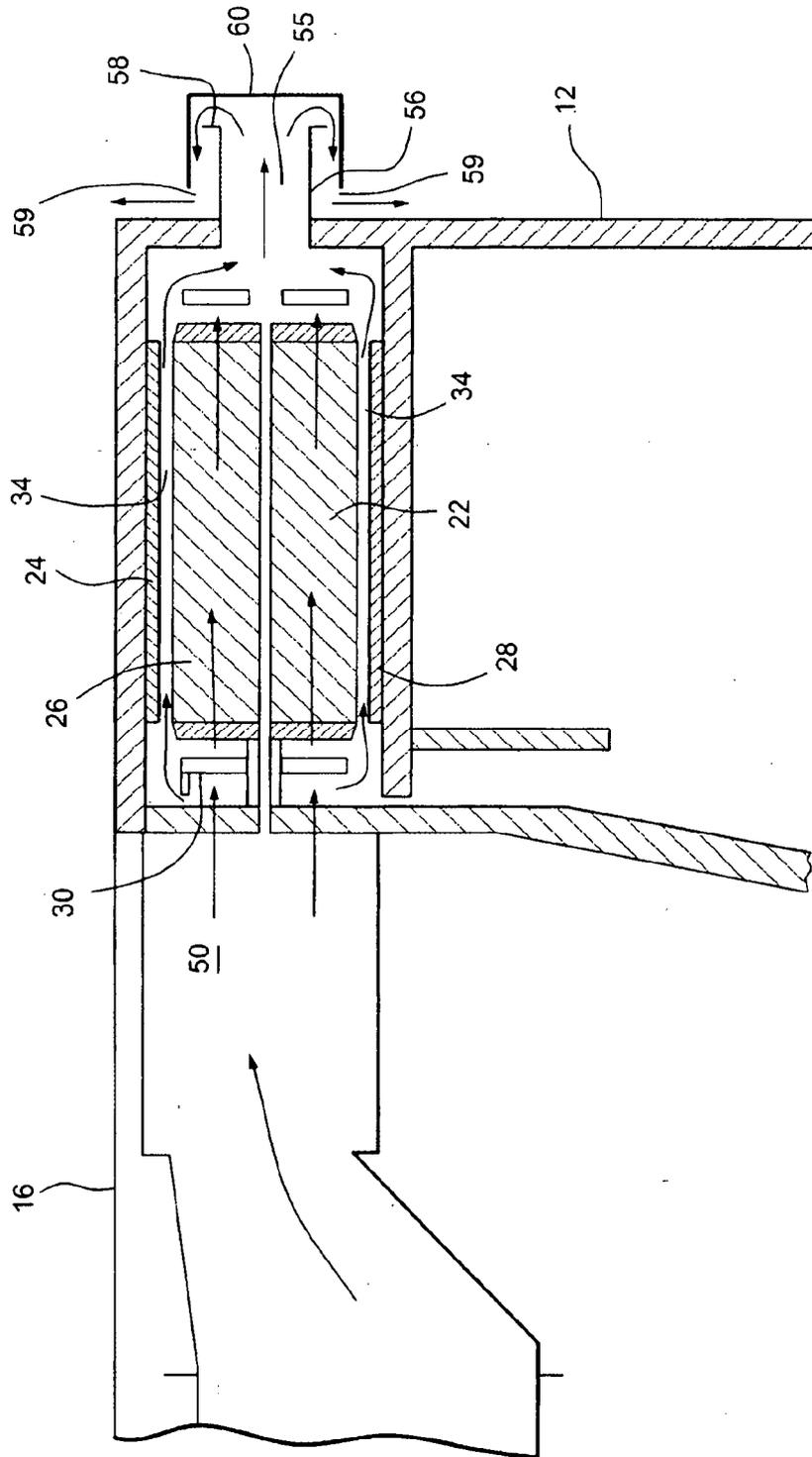


Fig. 3

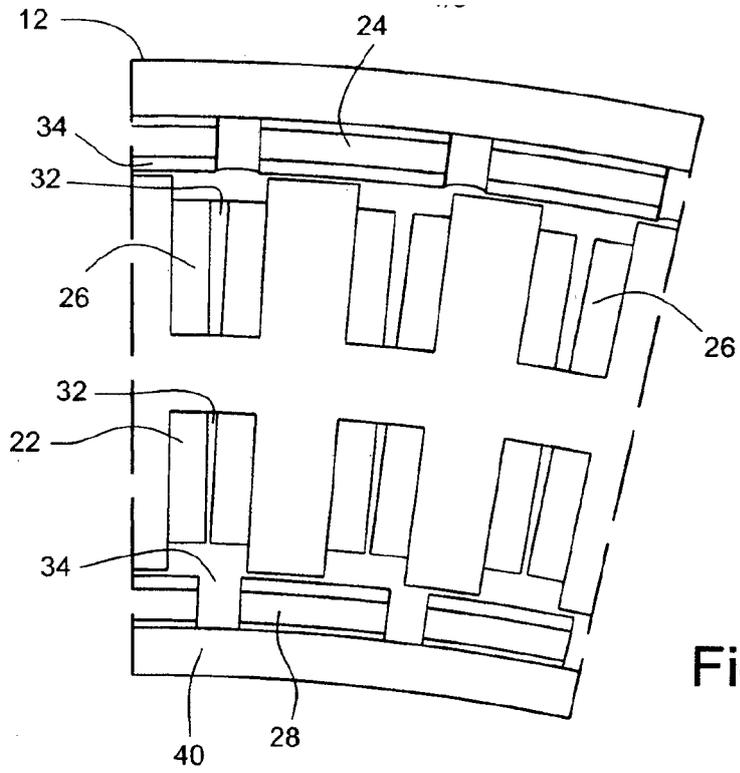


Fig. 4

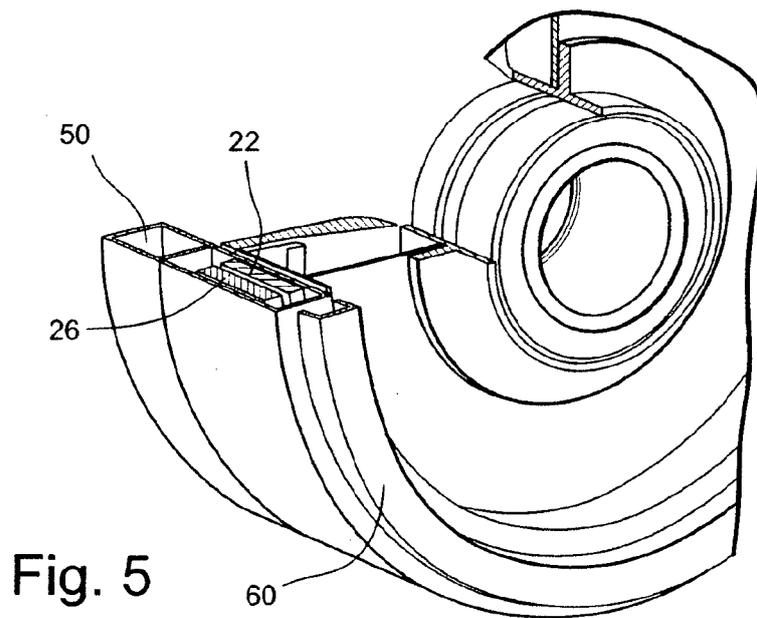


Fig. 5

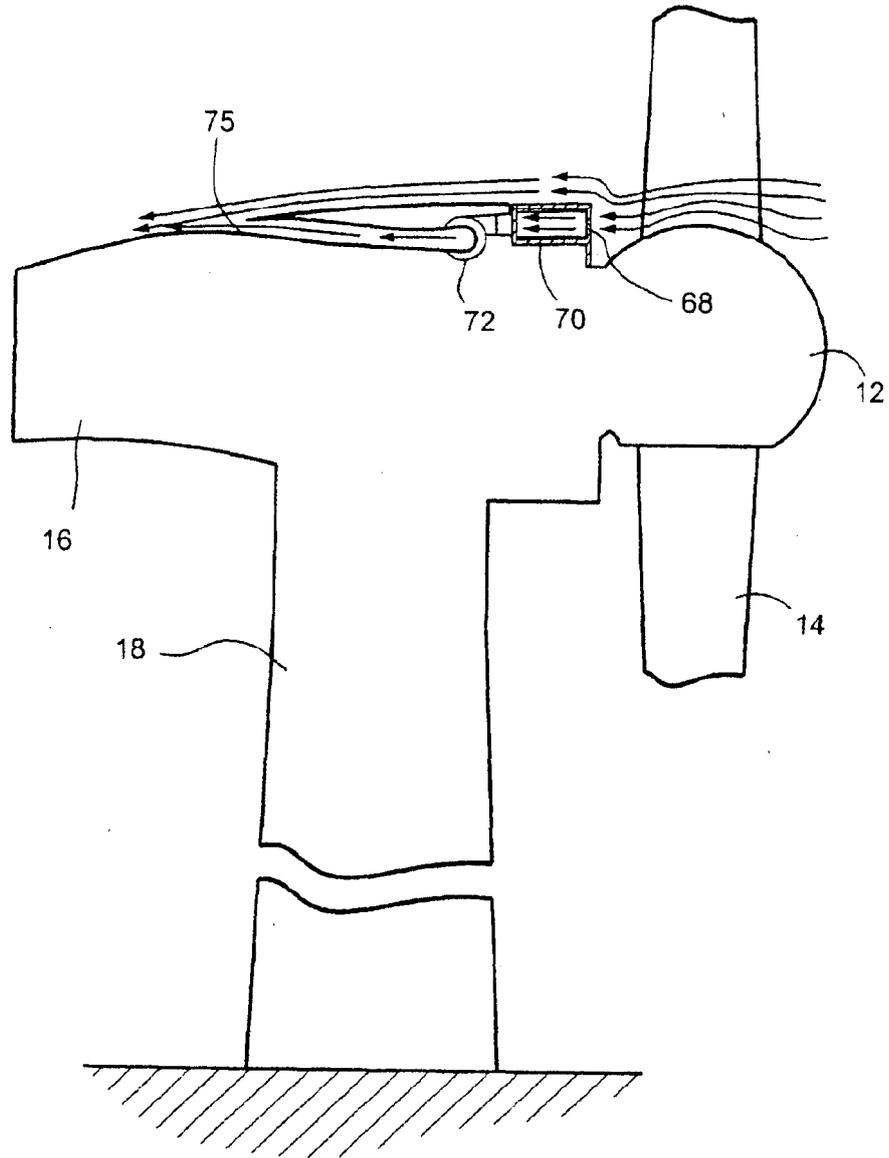


Fig. 6

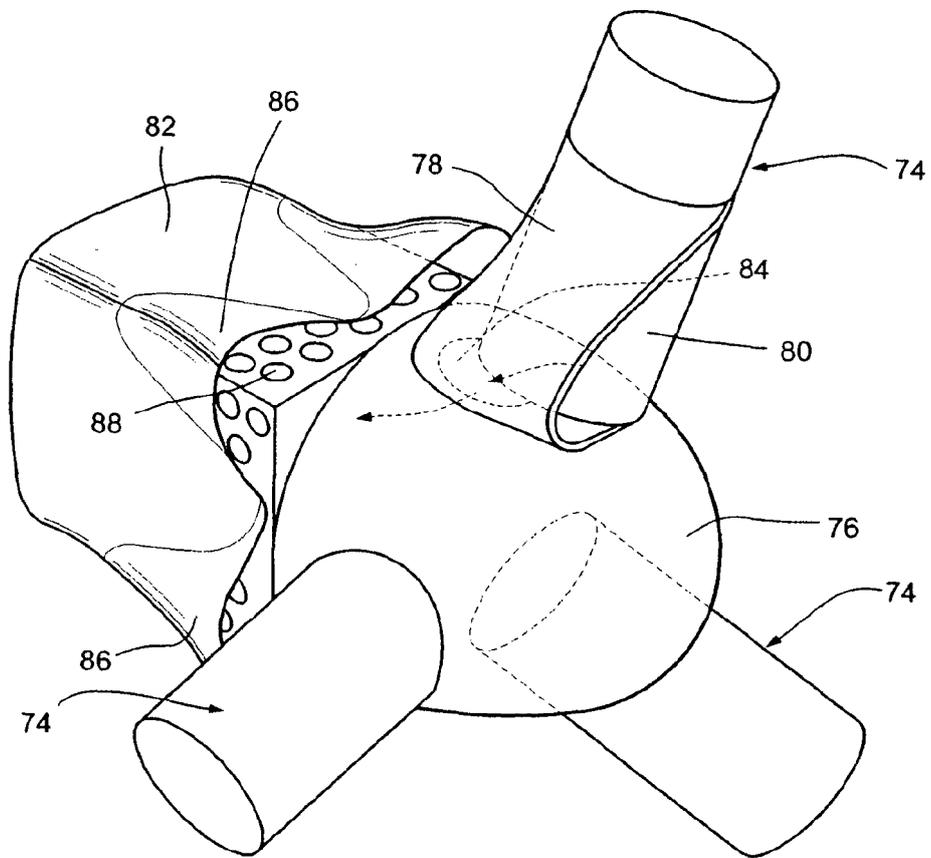


Fig. 7

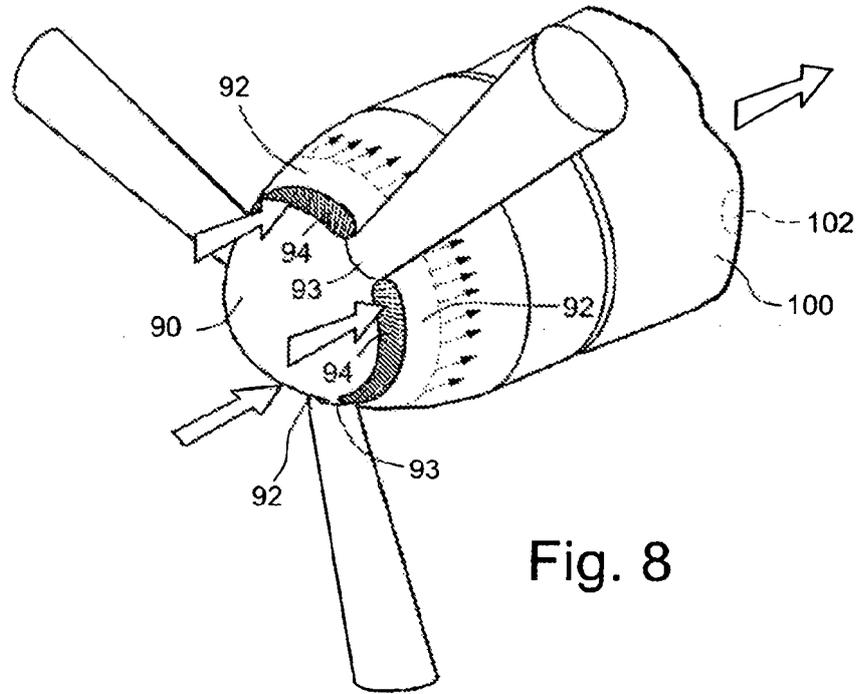


Fig. 8

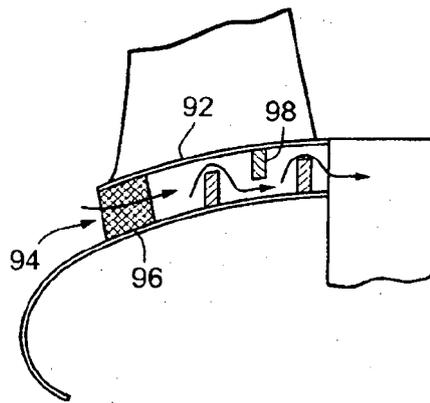


Fig. 9

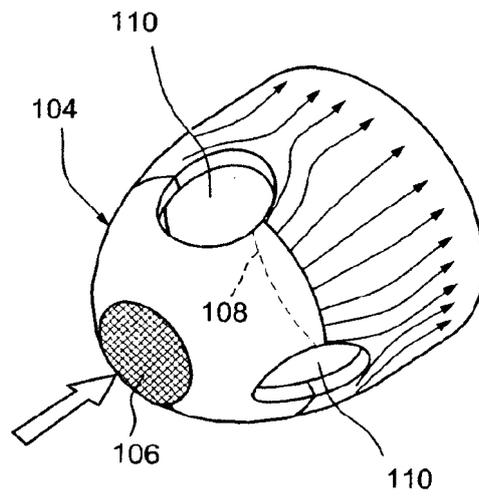


Fig. 10