

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 582 215**

51 Int. Cl.:

**F03D 80/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.12.2010 E 10784806 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.06.2016 EP 2507512**

54 Título: **Góndola de turbina eólica que comprende un conjunto de intercambiador de calor**

30 Prioridad:

**01.12.2009 DK 200970237**  
**01.12.2009 US 265546 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**09.09.2016**

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)**  
**Hedeager 42**  
**8200 Aarhus N, DK**

72 Inventor/es:

**WONG, VOON HON;**  
**KANDASAMY, RAVI;**  
**NARASIMALU, SRIKANTH;**  
**LARSEN, GERNER;**  
**ABEYASEKERA, TUSITHA y**  
**KNUDSEN, PETER C.**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

**ES 2 582 215 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**

Góndola de turbina eólica que comprende un conjunto de intercambiador de calor

**Campo técnico**

5 La presente invención generalmente se refiere al enfriamiento de componentes generadores de calor en una góndola de turbina eólica.

**Antecedentes de la invención**

10 En turbinas eólicas, la góndola aloja componentes y sistemas necesarios para convertir energía mecánica en electricidad. Los componentes pueden variar desde generadores, cajas de engranajes, frenos y transformadores, de alto rendimiento, hasta componentes electrónicos pequeños. Estos sistemas y componentes generan una cantidad significativa de calor dentro de la góndola. Este calor debe disiparse hacia el aire ambiente exterior para un funcionamiento eficaz de los componentes de la góndola.

15 Los sistemas del estado de la técnica para eliminar calor de componentes electrónicos de potencia y de alto rendimiento incluyen bombas o ventiladores para hacer circular agua o aire entre una región de temperatura relativamente alta en, sobre o cerca del componente o sistema que ha de enfriarse y una región de temperatura relativamente baja, en la que el calor normalmente se disipa a través de aletas o haces de tubos al aire ambiente. Por ejemplo, el documento WO2001/77526 da a conocer un sistema en el que un fluido de intercambio de calor se hace circular por una pared de la torre.

20 El calor procedente de componentes electrónicos de potencia se disipa normalmente hacia el aire ambiente exterior mediante un sistema refrigerado por agua, en el que se hace circular agua entre una placa relativamente fría y una superficie del módulo electrónico de potencia.

25 Se apreciará que los intercambiadores de calor aire a aire y los intercambiadores de calor aire a agua anteriores requieren bombas o ventiladores, así como disposiciones de tuberías para hacer circular agua. Los sistemas de refrigeración son por consiguiente voluminosos, por lo que su instalación es una tarea compleja y cara debido al espacio limitado disponible en el interior de las góndolas de turbina eólica. Además, los sistemas que incluyen bombas y ventiladores son susceptibles al desgaste y acaban rompiéndose, lo que puede dar como resultado no solo una interrupción del funcionamiento de la turbina eólica, sino también un daño en los componentes de alto rendimiento o componentes electrónicos debido al sobrecalentamiento de los mismos.

30 Además, la cantidad de calor que ha de eliminarse de componentes generadores de calor en góndolas de turbina eólica varía en función de las condiciones externas, tales como temperatura ambiente, así como en función de la carga en la turbina eólica durante el funcionamiento. Por ejemplo, cuando la turbina eólica funciona con elevadas cargas, la cantidad de calor generado en el generador y en los componentes electrónicos de potencia en el generador es mayor que cuando la turbina eólica funciona con cargas bajas, cuando se alimenta menos potencia al generador. Los intercambiadores de calor aire a aire o aire a agua no pueden controlarse con precisión en todas las circunstancias, y aunque generalmente se diseñan para proporcionar un grado suficiente de calentamiento, su consumo de energía es con frecuencia excesivamente alto, porque, como medida de seguridad, están adaptados con frecuencia para proporcionar un grado innecesariamente alto de enfriamiento. Aun así, los módulos electrónicos, tales como en particular placas de circuito impreso (PCB) se calientan significativamente debido a las altas disipaciones de potencia desde, por ejemplo, generadores, transformadores y componentes similares, que normalmente están alojados en un espacio cerrado. Con condiciones de funcionamiento variables, las PCB pueden calentarse y enfriarse rápidamente a lo largo de un periodo de tiempo, y debido al desajuste del coeficiente de expansión térmica en las PCB, pueden producirse fallos en las juntas de soldadura con la expansión y contracción repetidas de los materiales en las PCB.

40 En el documento US7370479 se da a conocer un dispositivo de enfriamiento para un armario de conexiones en un cubo de turbina eólica que incorpora un elemento de Peltier.

**45 Sumario de la invención**

Es un objeto de las realizaciones de la presente invención proporcionar una góndola de turbina eólica con un conjunto de intercambiador de calor, que sea fácilmente controlable. Es un objeto adicional de las realizaciones de la invención proporcionar un conjunto de intercambiador de calor, que ofrezca capacidad de enfriamiento adicional. Además, es un objeto de las realizaciones de la invención, que sea adecuada para enfriar componentes electrónicos de potencia de un generador de turbina eólica, y que pueda combinarse con otros tipos de sistemas de refrigeración. Además, es un objeto de la invención proporcionar un conjunto de intercambiador de calor que sea adecuado para enfriar de manera eficaz y precisa áreas confinadas o componentes específicos, tales como módulos electrónicos de potencia o sus superficies para mantener tales áreas o componentes a una temperatura relativamente constante o a una temperatura relativamente baja.

55 Generalmente, la presente invención proporciona una góndola de turbina eólica, que comprende:

- una carcasa o chasis dispuesto dentro de la góndola con al menos un componente generador de calor alojado en su interior;

- al menos un conjunto de intercambiador de calor para enfriar dicho al menos un componente generador de calor que comprende;

5 - un primer conjunto de refrigeración que comprende al menos un elemento termoeléctrico que tiene una primera sección dispuesta en una primera región de temperatura relativamente alta en contacto con el componente generador de calor o en sus proximidades, teniendo además el elemento termoeléctrico una segunda sección dispuesta en una segunda región de temperatura relativamente baja en relación con dicha primera región, estando el elemento termoeléctrico configurado para transferir calor desde la primera región de temperatura relativamente alta hasta la segunda región de temperatura relativamente baja con un consumo de energía eléctrica; y comprendiendo el primer conjunto de refrigeración además una fuente de energía eléctrica conectada al elemento termoeléctrico;

10 - estando previsto un sistema de refrigeración para la carcasa o chasis que comprende un circuito de refrigeración cerrado en o sobre la carcasa o chasis que tiene una bomba para hacer circular un fluido de refrigeración en el circuito de refrigeración y un intercambiador de calor de circuito de refrigeración para transferir calor procedente del fluido de refrigeración.

15 La invención proporciona además un método de enfriamiento de al menos un componente generador de calor alojado en una góndola de turbina eólica, comprendiendo el método:

20 - proporcionar al menos un conjunto de intercambiador de calor para enfriar dicho al menos un componente generador de calor, comprendiendo el al menos un conjunto de intercambiador de calor un primer conjunto de refrigeración con al menos un elemento termoeléctrico, comprendiendo el método, además:

- disponer una primera sección del al menos un elemento termoeléctrico en una primera región de temperatura relativamente alta en contacto con el componente generador de calor o en sus proximidades; y

- disponer una segunda sección del al menos un elemento termoeléctrico en una segunda región de temperatura relativamente baja en relación con dicha primera región;

25 - suministrar energía eléctrica al elemento termoeléctrico, para hacer que transfiera calor desde la primera región de temperatura relativamente alta hasta la segunda región de temperatura relativamente baja.

30 La capacidad de bombeo de calor del elemento termoeléctrico puede controlarse mediante el suministro de energía eléctrica (corriente), permitiendo así que componentes o áreas de superficie, que están ubicados en las proximidades del elemento termoeléctrico, se mantengan a una temperatura inferior y/o más constante que si se enfriara todo el componente generador de calor mediante un sistema común para enfriar todo el componente o su carcasa.

35 Preferiblemente mediante el uso del efecto Peltier, el elemento termoeléctrico crea un flujo de calor entre la unión de dos tipos diferentes de materiales. El elemento termoeléctrico puede ser una bomba de calor activa de estado sólido que transfiere energía (calor) desde un lado de la misma al otro lado frente al gradiente de temperatura. Al hacer esto, el elemento consume energía eléctrica. El elemento termoeléctrico puede constituir por tanto un diodo de refrigeración o un denominado refrigerador de estado sólido.

40 Con el fin de controlar con precisión la bomba de capacidad de calentamiento del primer conjunto de refrigeración, puede proporcionarse un sistema de control configurado para controlar el suministro de energía eléctrica al elemento termoeléctrico. Por consiguiente, el elemento termoeléctrico puede controlarse, por ejemplo, para mantener el área o componente, que está enfriándose mediante el primer conjunto de refrigeración, a una temperatura constante. Alternativamente, tal temperatura y/o la capacidad de enfriamiento del elemento termoeléctrico pueden controlarse en respuesta a condiciones externas variables, tales como las condiciones de funcionamiento de la turbina eólica. En tal caso, el sistema de control puede comprender una unidad para determinar un estado de funcionamiento de la turbina eólica, en cuyo caso el sistema de control está configurado para controlar el suministro de energía eléctrica al elemento termoeléctrico en respuesta a dicho estado de funcionamiento. Por ejemplo, el estado de funcionamiento puede ser la carga aerodinámica sobre el rotor de turbina eólica o la velocidad de rotación del rotor, la velocidad del aire ambiente, la temperatura exterior, la temperatura dentro de la góndola o dentro de un componente de la góndola, etc. En una realización de la invención, la temperatura de placas de circuito impreso (PCB) puede mantenerse constante incluso con cargas variables debido a velocidades de viento variables, variando la corriente de suministro al elemento termoeléctrico.

50 Según una realización de la presente invención, el al menos un componente generador de calor comprende un generador (también denominado convertidor) para convertir energía mecánica de un árbol de rotación de la góndola de turbina eólica en energía eléctrica. Los generadores en góndolas de turbina eólica habitualmente requieren enfriamiento, y aunque los intercambiadores de calor basados en bombas de agua y/o aire se aplican habitualmente en tal contexto, el elemento termoeléctrico proporciona un efecto de enfriamiento adicional, notablemente en áreas restringidas o confinadas, tales como con respecto al enfriamiento de circuitos electrónicos. Por ejemplo, el

generador puede comprender un módulo de control que tiene al menos una PCB, en cuyo caso el elemento termoelectrico y/u otros elementos de refrigeración del conjunto de intercambiador de calor pueden disponerse para transferir calor procedente de la al menos una PCB.

5 El suministro de energía eléctrica al elemento termoelectrico puede ser controlable para mantener una temperatura de superficie de la PCB por debajo de 50 grados Celsius. A este respecto, la temperatura de superficie de las PCB era de aproximadamente 95 grados Celsius durante el funcionamiento de la turbina eólica, y por tanto una reducción a 50 grados Celsius o menos reduce la probabilidad de fallo en las juntas de soldadura con una reducción en las temperaturas pico de la PCB.

10 Se entenderá que el elemento termoelectrico puede aplicarse como medio de refrigeración para otros tipos de componentes electrónicos dentro de la góndola de turbina eólica, o generalmente como medio de refrigeración para cualquier tipo de componente generador de calor en la góndola.

15 Pueden proporcionarse más de un único elemento termoelectrico. Por ejemplo, cada uno de una pluralidad de elementos termoelectricos puede disponerse y configurarse para enfriar un componente o área de superficie específico dentro de la góndola de turbina eólica, tal como dentro del generador, por ejemplo una unidad de control de potencia o una PCB de la misma.

20 El elemento termoelectrico puede combinarse convenientemente con otros tipos de elementos de intercambiador de calor, tales como con un segundo conjunto de refrigeración que comprende un contenedor que contiene un fluido de trabajo, estando el contenedor dispuesto de tal manera que una primera sección del contenedor está en una tercera región de temperatura relativamente alta en contacto con el componente generador de calor o en sus proximidades, y de tal manera que una segunda sección del contenedor está en una cuarta región de temperatura relativamente baja en relación con dicha tercera región, estando la cuarta región alejada del componente generador de calor; y

- el fluido de trabajo puede evaporarse en la primera sección del contenedor debido al intercambio de calor con la región de alta temperatura a través de una primera pared de la primera sección del contenedor;

25 - el fluido de trabajo evaporado puede transportarse dentro del contenedor desde la primera región del mismo hasta la segunda región y condensarse en la segunda sección del contenedor debido al intercambio de calor con la región de baja temperatura a través de una segunda pared de la segunda sección del contenedor;

- el segundo conjunto de refrigeración comprende además una estructura que permite transportar el fluido de trabajo condensado de vuelta desde la segunda sección del contenedor hasta la primera sección del mismo.

30 El transporte del fluido de trabajo desde la segunda sección del contenedor hasta su primera sección puede producirse por la acción de efecto de capilaridad, por ejemplo en una estructura de mecha, y/o por la acción de la gravedad. El intercambiador de calor puede ser, por tanto, un componente pasivo, que no requiere suministro de potencia de fuentes externas, y que no se basa en bombas o ventiladores.

35 El componente generador de calor puede incluir uno o más de una caja de engranajes, un generador, un transformador, un freno, una bomba de aceite, un dispositivo de amortiguación de la vibración, un cojinete, un componente eléctrico o electrónico, incluyendo componentes electrónicos de control. La región de temperatura relativamente alta es preferiblemente una región sobre o inmediatamente adyacente a una parte exterior del componente generador de calor que ha de enfriarse. Sin embargo, la región de alta temperatura también puede ser una región dentro del componente que ha de enfriarse, por ejemplo un espacio dentro de una caja de engranajes o carcasa de generador.

40 Con respecto al enfriamiento de componentes electrónicos, tales como componentes electrónicos de potencia, el principio de un intercambiador de calor basado en evaporación y condensación de un fluido de trabajo se ha encontrado que es particularmente ventajoso si el contenedor se dispone con una superficie exterior del mismo de manera solapada haciendo tope con una superficie exterior del componente electrónico que ha de enfriarse. Más específicamente, el intercambiador de calor puede usarse para distribuir el calor de manera eficaz por toda la superficie del contenedor del intercambiador de calor, y pueden evitarse así denominados puntos calientes, que de lo contrario son una fuente común de fallo de dispositivos.

El contenedor puede estar incluido en una carcasa que tiene:

50 - una primera parte de superficie externa dispuesta en la región de temperatura relativamente alta, y una segunda parte de superficie externa dispuesta en la región de temperatura relativamente baja; estando dispuesto el contenedor dentro de la carcasa entre las partes de superficie externa primera y segunda; y comprendiendo la estructura que permite transportar el fluido de trabajo condensado desde la segunda sección hasta la primera sección del contenedor una estructura de mecha revestida sobre al menos una parte de una pared interna del contenedor.

55 En una realización específica, el contenedor es en forma de un elemento alargado a modo de tubo, y estando las secciones primera y segunda del mismo ubicadas en respectivos extremos opuestos del elemento a modo de tubo.

La estructura de mecha puede estar revestida sobre una pared interna dentro del elemento a modo de tubo, para encapsular así una cavidad interna en la que el fluido de trabajo puede evaporarse.

5 El segundo conjunto de refrigeración, que por ejemplo incluye el elemento a modo de tubo mencionado anteriormente, puede estar configurado para refrigerar el primer conjunto de refrigeración, que incluye el elemento termoelectrico. Alternativamente, el elemento termoelectrico puede usarse para refrigerar el primer conjunto de refrigeración, o los elementos de refrigeración primero y segundo pueden proporcionarse para refrigerar directamente componentes separados o áreas diferenciadas de un componente. Por consiguiente, el contenedor que contiene el fluido de trabajo puede disponerse para transferir calor procedente del elemento termoelectrico, estando la primera sección del contenedor dispuesta en contacto con o en las proximidades de la segunda sección del elemento termoelectrico. En una realización alternativa, el elemento termoelectrico se dispone para transferir calor procedente del contenedor que contiene el fluido de trabajo, estando la primera sección del elemento termoelectrico dispuesta en contacto con o en las proximidades de la segunda sección del contenedor que contiene el fluido de trabajo.

15 Con el fin de producir un efecto de bombeo de calor eficaz desde el primer y/o el segundo conjunto de refrigeración, el conjunto de intercambiador de calor puede comprender además un sumidero de calor térmicamente conectado al primer conjunto de refrigeración, es decir al elemento termoelectrico y/o al segundo conjunto de refrigeración, es decir al contenedor que contiene el fluido de trabajo. El sumidero de calor puede disponerse preferiblemente para transferir calor a sus alrededores por transferencia de calor por convección y/o radiación. Por ejemplo, puede proporcionarse un conjunto difusor de calor dispuesto para conectar el primer y/o el segundo conjunto de refrigeración con el sumidero de calor. El conjunto difusor de calor puede comprender uno o más elementos térmicamente conductores que interconectan el primer y/o el segundo conjunto de refrigeración con el sumidero de calor.

20 Para conseguir una transferencia de calor eficaz desde el sumidero de calor por medio de conducción, el sumidero de calor puede disponerse cerca de una pared de la carcasa o chasis, cuyas paredes pueden usarse como conductos o soporte para conductos para el circuito de refrigeración cerrado.

30 En el segundo conjunto de refrigeración, la región de baja temperatura puede estar en una parte de superficie externa de la góndola dirigida hacia el exterior de la misma para así mejorar la transferencia de calor desde el intercambiador de calor hasta la región de baja temperatura debido al flujo de aire ambiente a través de la parte de superficie externa. La parte de superficie externa de la góndola puede elegirse que sea una región de velocidad del viento local relativamente alta, para mejorar así adicionalmente la transferencia de calor por convección. Alternativamente, la región de baja temperatura puede proporcionarse en una superficie interna de la góndola dirigida hacia el interior de la misma. En ambos casos, puede proporcionarse un ventilador con el fin de mejorar la transferencia de calor desde el intercambiador de calor hasta la región de baja temperatura.

35 Al menos una parte del contenedor o de la carcasa puede incorporarse en una caja de metal, preferiblemente de un metal que tenga una alta conductividad térmica, tal como cobre (Cu).

En realizaciones del segundo conjunto de refrigeración, el fluido de trabajo puede seleccionarse del grupo que consiste en: H<sub>2</sub>, Ne, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, F-21, F-11, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, (CH<sub>3</sub>)CO, (CH<sub>3</sub>)OH, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O, Cs, K, Hg, Na, Li y Ag. Los fluidos de trabajo mencionados anteriormente son generalmente aplicables en las siguientes aplicaciones:

- intercambiadores de calor criogénicos: H<sub>2</sub>, Ne, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>
- 40 - intercambiadores de calor de baja temperatura: O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, F- 21, F-11, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, (CH<sub>3</sub>)CO, (CH<sub>3</sub>)OH, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O, Cs, K, Hg, Na
- intercambiadores de calor de alta temperatura: Cs, K, Hg, Na, Li, Ag

La estructura de mecha para transportar el fluido de trabajo condensado de vuelta desde la segunda sección del contenedor hasta su primera parte puede comprender, por ejemplo, una pantalla de metal en polvo sinterizado.

45 Con el fin de mejorar la transferencia de calor en la región de baja temperatura del intercambiador de calor, una superficie externa del mismo puede estar dotada de una pluralidad de aletas constituidas por, por ejemplo, aletas extruidas, a modo de espiga, pegadas o plegadas. Las aletas pueden tener cualquier forma y configuración adecuada, tal como elíptica, en corte en cruz, recta, etc.

50 La presente invención proporciona además una turbina eólica que comprende una góndola tal como se ha explicado anteriormente.

La invención se describirá ahora adicionalmente haciendo referencia a los dibujos, en los que:

las figuras 1 y 2 ilustran en general realizaciones de un conjunto de intercambiador de calor para un chasis refrigerado por líquido de por ejemplo un generador de turbina eólica dentro de una góndola de turbina eólica;

las figuras 3 y 4 muestran una realización de un chasis refrigerado por líquido de por ejemplo un generador de

turbina eólica que incorpora un conjunto de intercambiador de calor;

la figura 5 ilustra un conjunto de refrigeración en forma a modo de tubo según una realización del segundo conjunto de refrigeración de la presente invención,

5 las figuras 6-7 ilustran una realización adicional de un conjunto de refrigeración a modo de tubo según una realización adicional del segundo conjunto de refrigeración de la presente invención,

la figura 8 muestra una góndola de turbina eólica que comprende varios intercambiadores de calor según la invención,

la figura 9 es un esquema de un intercambiador de calor modular,

10 la figura 10 muestra la dependencia de la resistencia térmica sobre un intercambiador de calor con respecto a la velocidad del viento de enfriamiento,

la figura 11 es un esquema de un intercambiador de calor según la invención dispuesto en una pared de góndola y que comprende una cubierta para aumentar la velocidad del viento local, y

las figuras 12-16 muestran diferentes conjuntos de refrigeración basados en tubo térmico según las realizaciones del segundo conjunto de refrigeración de la presente invención.

15 Las figuras 1 y 2 ilustran dos realizaciones de un conjunto de intercambiador de calor incorporado en un chasis refrigerado por líquido en una góndola de turbina eólica. La realización de la figura 2 comprende un componente termoeléctrico para conseguir un efecto de enfriamiento mejorado, mientras que la realización de la figura 1 no comprende ningún elemento termoeléctrico. El chasis puede alojar en sí mismo un componente de alto rendimiento, tal como el generador, o puede disponerse en la proximidad inmediata de tal componente. Un módulo electrónico de potencia se dispone sobre una superficie interior de la pared del chasis con una placa de circuito impreso (PCB) dispuesta sobre una superficie del módulo electrónico de potencia dirigida hacia el interior del chasis. La PCB comprende componentes generadores de calor. En la figura 1, estos componentes generadores de calor se enfrían mediante un segundo conjunto de refrigeración en forma de un conjunto de tubo térmico y difusor de calor térmicamente conectado a un sumidero de calor. El calor se disipa desde el sumidero de calor a través de las paredes refrigeradas por líquido del chasis por conducción y hacia el interior del chasis por convección y radiación. Una bomba externa hace circular un líquido, tal como agua, a través de las paredes del chasis, enfriándose el líquido en un intercambiador de calor externo.

20

25

30 En la figura 2 un primer conjunto de refrigeración que comprende un elemento termoeléctrico se dispone entre los componentes generadores de calor sobre la PCB y el segundo conjunto de refrigeración (conjunto tubo térmico y difusor de calor), para conseguir así un efecto de enfriamiento mejorado. El segundo conjunto de refrigeración se dispone para refrigerar el elemento termoeléctrico.

35 La figura 3 muestra una vista global de un chasis 50 de convertidor (generador) según los principios ilustrados en la figura 2. La figura 4 muestra un detalle de la figura 3. En las vistas de las figuras 3 y 4, las paredes están ocultas para mayor claridad. Una pared 52 del chasis está dotada de canales para un flujo de un líquido de refrigeración. Una pluralidad de componentes electrónicos de potencia, tales como IGBT 62 (transistores bipolares de puerta aislada) están previstos a lo largo de una pared interior del chasis 50. Un primer conjunto de refrigeración que incluye un elemento termoeléctrico 56 está previsto sobre o en las proximidades de una superficie de los IGBT 62, tal como sobre o cerca de una superficie de componentes generadores de calor sobre PCB de los IGBT. Se apreciará que puede estar prevista una pluralidad de tales elementos termoeléctricos. Un segundo conjunto de refrigeración 100 que incluye por ejemplo un tubo térmico tal como se describe en más detalle a continuación está previsto además para refrigerar el elemento termoeléctrico. El segundo conjunto de refrigeración 100 está conectado a un sumidero de calor 60 a través de un elemento térmicamente conductor 58.

40

45 La figura 5 ilustra el principio de trabajo y una realización de un segundo conjunto de refrigeración 100 según la invención. El conjunto de refrigeración 100 comprende un contenedor 101 sellado que contiene un fluido de trabajo. Una primera parte o sección 102 del contenedor se dispone en la región de alta temperatura 103 cerca de o junto al componente generador de calor o partes que han de enfriarse (no mostradas) mientras que una segunda sección 104 del contenedor se dispone en una región 105 de temperatura inferior. El intercambio de calor a través de la pared del contenedor en la región de alta temperatura 103 hace que el fluido de trabajo se evapore en la primera región o región de evaporación 106 del contenedor tal como se ilustra mediante las flechas 107. Debido a la mayor presión de vapor aquí, una parte del fluido de trabajo vaporizado viaja o se transporta entonces 105 desde la primera región o región de evaporación 106 hasta la denominada segunda región o región de condensación 108 del contenedor. Aquí el fluido de trabajo se condensa 109 liberando su calor de vaporización latente debido al intercambio de calor a través de la pared del contenedor con la región circundante de menor temperatura 105. El fluido de trabajo condensado se transporta entonces de vuelta 110 a la primera región 102 del contenedor en la estructura 111. En la realización de intercambiador de calor en la figura 1 este transporte de fluido se logra mediante el uso de una estructura de mecha 111 revestida sobre al menos una parte de la pared interna 112 del contenedor 101 y en la que el fluido se transporta debido a acciones de capilaridad. La estructura de mecha 108 puede ser por

50

55

ejemplo de una pantalla de metal en polvo sinterizado (pantalla de malla), polvos metálicos sinterizados, acanaladuras de polvo de metal sinterizado y/o desbaste sinterizado. El material de mecha puede ser de cobre y sus aleaciones.

5 En otra realización del intercambiador de calor, el fluido de trabajo condensado también puede transportarse de vuelta a la primera región 106 del contenedor por fuerzas de gravedad, lo que es el caso en el conjunto de refrigeración ilustrado en la figura 6.

10 El contenedor 101 que contiene el fluido de trabajo puede tener una forma de un elemento alargado a modo de tubo tal como se ilustra en figura 1 y el elemento a modo de tubo puede ser por ejemplo tubular, anular, curvado, plano y en bucle, etc. pudiendo así adaptarse a las necesidades específicas que se derivan de las limitaciones geométricas reales en las que el intercambiador de calor va a colocarse. El elemento a modo de tubo puede hacerse con un diámetro de desde 2 mm y por encima y puede hacerse por ejemplo de cobre y sus materiales de aleación. En una realización, la estructura de mecha 111 cubre la totalidad de las superficies de pared de tubo internas (aunque no necesariamente las paredes de extremo) rodeando así por completo o encapsulando una cavidad interna, visto en una vista en sección transversal.

15 Las secciones 102,104 primera (de evaporación) y segunda (de condensación) del contenedor son ventajosamente de un material conductor lo que mejora el intercambio de calor entre los alrededores y el fluido de trabajo. Esto se logra integrando o incorporando las regiones primera y/o segunda del contenedor en una caja o bloque de por ejemplo un material de cobre, aluminio, o algún otro polímero conductor mediante por ejemplo soldadura blanda, soldadura, soldadura fuerte, o usando ajuste a presión con un material de interfaz térmica. El tamaño y las  
20 dimensiones de las diferentes partes de regiones del contenedor deben elegirse basándose en las condiciones de carga y capacidad reales.

25 La sección central del contenedor entre las regiones de evaporación y de condensación es ventajosamente adiabática o está hasta cierto punto termoaislada con el fin de garantizar que el calor procedente del/de los componente(s) generador(es) de calor se transporta por completo o al menos en la medida de lo posible hacia la segunda región de temperatura inferior.

30 Muchos fluidos de trabajo diferente que trabajan de manera óptima en diferentes intervalos de temperatura pueden usarse en el intercambiador de calor, tal como agua (301-473K), metanol (283-403K), etanol (273-403K), amoniaco (213-373K) o acetona. También son posibles combinaciones según las diferentes condiciones carga y funcionamiento. Además, la selección del fluido de trabajo puede realizarse teniendo en cuenta el régimen de viento o el área climática regional.

35 En las realizaciones del conjunto de refrigeración mostradas en vistas en perspectiva en las figuras 6 y 7, el contenedor 101 se dispone en una carcasa 201 en la que el contenedor que contiene el fluido de trabajo adopta la forma de una cámara 202. El calor procedente de los componentes generadores de calor (no mostrados) se intercambia en este caso a través de la(s) placa(s) de base 205 hacia una (figura 7) o dos (figura 6) primeras regiones de evaporación 106 diferentes del contenedor desde las que el fluido de trabajo se evapora condensándose más tarde en la segunda región más fría o región de condensación 108. En este caso, el enfriamiento de la segunda región o región de condensación 108 se mejora mediante la disposición de una pluralidad de aletas 204 sobre la superficie exterior 203 del intercambiador de calor 100. En comparación con un intercambiador de calor convencional en el que el calor procedente de los componentes calientes se conduce a las aletas de enfriamiento 204 a través de un bloque metálico macizo, el uso del fluido de trabajo tal como se da a  
40 conocer en el presente documento aumenta la eficacia y el coeficiente de transferencia de calor del intercambio de calor enormemente al permitir la cámara de vapor con el fluido de trabajo una distribución más uniforme del calor a la totalidad de la superficie de la segunda región o región de condensación 108. En otras palabras, el flujo de calor se vuelve más uniforme.

45 Las aletas de enfriamiento 204 pueden ser de varios tipos tales como por ejemplo espigas, elípticas, cortadas en cruz o rectas y pueden estar extruidas, pegadas, o en una configuración de aleta plegada, etc.

50 La figura 8 ilustra una góndola de turbina eólica 400 que comprende varios componentes generadores de calor 401 dentro de la góndola. Debido a la construcción de los intercambiadores de calor según la presente invención, pueden aplicarse ventajosamente para enfriar una amplia variedad de tamaños de componentes generadores de calor tales como elementos de alto rendimiento tales como por ejemplo generadores 410, cajas de engranajes 402 o transformadores y hasta componentes electrónicos de potencia pequeños 403. Según la invención, el flujo de aire natural 404 sobre las superficies de góndola exteriores puede usarse para disipar el calor procedente de los diferentes componentes generadores de calor 401 colocando las partes que comprenden las regiones de condensación de varios intercambiadores de calor cerca o sobre las superficies exteriores de la góndola. Por  
55 ejemplo, las aletas de enfriamiento 204 podrían colocarse hasta llegar fuera de la góndola, en un lado, o sobre la parte superior de la góndola siempre que resulte apropiado. Como los elementos a modo de tubo que forman el segundo conjunto de refrigeración según la invención pueden tener una longitud considerable, también es posible enfriar componentes colocados a una cierta distancia dentro de la góndola mediante el uso del aire ambiente. Además, las limitaciones geométricas en cuanto al espacio disponible para los intercambiadores de calor también

pueden solventarse más fácilmente mediante el uso de elementos a modo de tubo que, tal como se mencionó anteriormente, no es necesario que sean rectos.

Para mejorar la eficacia del intercambiador de calor aún más, el intercambiador de calor 100 puede estar constituido en una realización de la invención por dos o más módulos de subintercambiadores de calor 501 conectados o combinados construidos en paralelo y en sucesión tal como se esboza en la figura 9. En este caso, el conjunto de refrigeración 100 comprende una pluralidad de aletas 204 dispuestas hacia una superficie exterior en una región de baja temperatura. Las aletas 204 están conectadas a un primer subintercambiador de calor 502 similar a la realización mostrada en las figuras 2 y 3 que comprende una carcasa 503 con un contenedor interior y un fluido de trabajo (no mostrado). Sin embargo, en lugar de conectar los componentes generadores de calor (tal como se ilustra mediante los diferentes recuadros 503) directamente a la sección de evaporación de este primer subintercambiador de calor 502, los componentes generadores de calor 503 se conectan a un panel modular que comprende varios segundos subintercambiadores de calor 504 de formas a modo de tubo, cuyas secciones de condensación 104 están conectadas entonces, a su vez, al primer subintercambiador de calor 501. De este modo se logra que la eficacia global o coeficiente de transferencia de calor del sistema intercambiador de calor 100 aumente en parte ya que los elementos a modo de tubo pueden distribuir el calor de manera más uniforme a una sección de evaporación más grande del primer subintercambiador de calor 502 en comparación con lo que es el caso en las realizaciones mostradas en las figuras 6 y 7 en las que el calor procedente de los componentes que han de enfriarse entra a través de la(s) placa(s) de base 205 con un área menor en comparación. Las denominadas temperaturas de punto caliente que de lo contrario solían ser un problema con los intercambiadores de calor convencionales se reducen mediante el presente documento o incluso se eliminan.

En la figura 10, la resistencia térmica 600 de un intercambiador de calor según la invención se ilustra como una función de la velocidad del viento 601 en la región de baja temperatura. El diagrama muestra cómo la resistencia térmica disminuye a medida que aumentan las velocidades del viento lo que implica que el coeficiente de transferencia de calor y por tanto también la capacidad de transferencia de calor del intercambiador de calor aumente a mayores velocidades de aire. La resistencia térmica es también una función de la disposición de aletas y la dependencia se muestra en la figura para tres tipos diferentes; concretamente para una disposición de aletas elípticas 604, cortadas en cruz 603 y rectas 602.

Este efecto se ha aprovechado para la realización de una góndola con un intercambiador de calor tal como se esboza en la figura 11. En este caso, la parte del intercambiador de calor 100 dispuesta fuera de la pared de góndola 405 puede además cubrirse en parte o apantallarse con una pantalla 406 conformada para mejorar y aumentar el flujo de viento 404 a través de las superficies de enfriamiento (aletas 204) del intercambiador de calor aumentando así su coeficiente de transferencia de calor.

Las figuras 12-16 ilustran diversas realizaciones de intercambiadores de calor según la presente invención. En la figura 12, el intercambiador de calor comprende una pluralidad de elementos a modo de tubo 801 que contienen un fluido de trabajo y una estructura de mecha tal como se describieron anteriormente. Los extremos libres de los elementos a modo de tubo 801 pueden disponerse en, sobre o cerca de un componente generador de calor dentro de la góndola de turbina eólica. Los extremos opuestos de los elementos a modo de tubo 801 están incorporados en una caja, que es solidaria con o está conectada a una pluralidad de aletas 204, dispuestas en una región de temperatura relativamente baja dentro de la góndola o en una superficie exterior de la misma.

En la realización de la figura 13, el intercambiador de calor comprende una pluralidad de elementos a modo de tubo 901. El extremo de los elementos a modo de tubo que va a disponerse en la región de temperatura relativamente alta se incorpora en un elemento de soporte de transmisión de calor 902 común, mientras que los extremos opuestos de los elementos a modo de tubo 901 se incorporan individualmente en cajas con aletas 204.

La figura 14 muestra una realización, en la que los elementos a modo de tubo se incorporan en elementos de soporte de aletas en las regiones de temperatura relativamente alta así como en las regiones de temperatura relativamente baja.

En una realización adicional tal como se muestra en la figura 15, los elementos a modo de tubo 1101 están en un extremo conectados a una primera placa 1102 y en un segundo extremo a una segunda placa 1103. Una de las placas 1102 y 1103 está prevista para estar en la región de temperatura relativamente alta, mientras que la otra de las placas está prevista para estar en la región de temperatura relativamente baja.

La figura 16 ilustra un ejemplo adicional de una realización, en la que los elementos a modo de tubo 1201 están incorporados en elementos de soporte de aletas 1202, 1203, estando un grupo de los elementos de soporte de aletas en la región de temperatura relativamente alta, y estando el otro grupo de elementos de soporte de aletas en la región de temperatura relativamente baja.

**REIVINDICACIONES**

1.       Góndola de turbina eólica, que comprende:
  - una carcasa o chasis (50) dispuesto dentro de la góndola con al menos un componente generador de calor (62) alojado en su interior;
  - 5       - al menos un conjunto de intercambiador de calor para enfriar dicho al menos un componente generador de calor (62) que comprende un primer conjunto de refrigeración que comprende:
    - al menos un elemento termoeléctrico (56) que tiene una primera sección dispuesta en una primera región de temperatura relativamente alta en contacto con el componente generador de calor (62) o en sus proximidades, teniendo además el elemento termoeléctrico (56) una segunda sección dispuesta en una  
10       segunda región de una temperatura relativamente baja en relación con dicha primera región, estando configurado el elemento termoeléctrico para transferir calor desde la primera región de temperatura relativamente alta hasta la segunda región de temperatura relativamente baja con un consumo de energía eléctrica; y comprendiendo el primer conjunto de refrigeración además una fuente de energía eléctrica conectada al elemento termoeléctrico (56);
    - 15       - estando previsto un sistema de refrigeración para enfriar la carcasa o chasis (50) que comprende un circuito de refrigeración cerrado en o sobre la carcasa o chasis (50) que tiene una bomba para hacer circular un fluido de refrigeración en el circuito de refrigeración y un intercambiador de calor de circuito de refrigeración para transferir calor procedente del fluido de refrigeración.
2.       Góndola de turbina eólica según la reivindicación 1, en la que el al menos un conjunto de intercambiador de calor comprende además un segundo conjunto de refrigeración (100) que comprende un contenedor (101) que contiene un fluido de trabajo, y estando el contenedor dispuesto de tal manera que una primera sección (102) del contenedor está en una tercera región (103) de temperatura relativamente alta en contacto con el componente generador de calor o en sus proximidades, y de tal manera que una segunda sección del contenedor (104) está en una cuarta región (105) de temperatura relativamente baja en relación con dicha  
25       tercera región, estando la cuarta región alejada del componente generador de calor; y
  - el fluido de trabajo puede evaporarse en la primera sección del contenedor debido al intercambio de calor con la región de alta temperatura a través de una primera pared de la primera sección del contenedor;
  - el fluido de trabajo evaporado puede transportarse dentro del contenedor (101) desde la primera región del mismo hasta la segunda región y condensarse en la segunda sección del contenedor debido al  
30       intercambio de calor con la región de baja temperatura a través de una segunda pared de la segunda sección del contenedor;
  - el segundo conjunto de refrigeración (100) comprende además una estructura que permite transportar el fluido de trabajo condensado de vuelta desde la segunda sección del contenedor hasta la primera sección del mismo.
3.       Góndola de turbina eólica según la reivindicación 2, en la que el contenedor (101) que contiene dicho fluido de trabajo se dispone para transferir calor procedente del elemento termoeléctrico (56), estando la primera sección del contenedor dispuesta en contacto con o en las proximidades de la segunda sección del elemento termoeléctrico.
4.       Góndola de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el primer conjunto de refrigeración comprende además un sistema de control configurado para controlar el suministro de energía eléctrica al elemento termoeléctrico (56), para controlar así su capacidad de bombeo de calor.
5.       Góndola de turbina eólica según la reivindicación 4, en la que el sistema de control comprende una unidad para determinar un estado de funcionamiento de la turbina eólica, estando el sistema de control configurado para controlar el suministro de energía eléctrica al elemento termoeléctrico (56) en respuesta a dicho estado de funcionamiento.  
45
6.       Góndola de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el al menos un componente generador de calor comprende un generador (410) para convertir energía mecánica de un árbol de rotación de la góndola de turbina eólica en energía eléctrica.
7.       Góndola de turbina eólica según la reivindicación 6, en la que el generador (410) comprende un módulo de control que tiene al menos una placa de circuito impreso (PCB), y en la que el al menos un conjunto de intercambiador de calor se dispone para transferir calor procedente de la al menos una PCB.
8.       Góndola de turbina eólica según la reivindicación 7, en la que el suministro de energía eléctrica al elemento termoeléctrico (56) puede controlarse para mantener una temperatura de superficie de la PCB por debajo de 50 grados Celsius.

9. Góndola de turbina eólica según la reivindicación 2 ó 3, en la que el conjunto de intercambiador de calor comprende además un sumidero de calor térmicamente conectado al elemento termoeléctrico (56) y/o al contenedor (101) que contiene dicho fluido de trabajo, estando el sumidero de calor dispuesto para transferir calor a sus alrededores por transferencia de calor por convección y/o radiación.
- 5 10. Góndola de turbina eólica según la reivindicación 9, en la que el sumidero de calor se dispone en contacto con o en las proximidades de un conducto del circuito de refrigeración cerrado, para así permitir transferir calor desde el sumidero de calor hasta el medio de refrigeración por conducción.
11. Góndola de turbina eólica según cualquier reivindicación anterior en la que la carcasa o chasis aloja componentes electrónicos de potencia en su interior.
- 10 12. Turbina eólica que comprende una góndola de turbina eólica (400) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

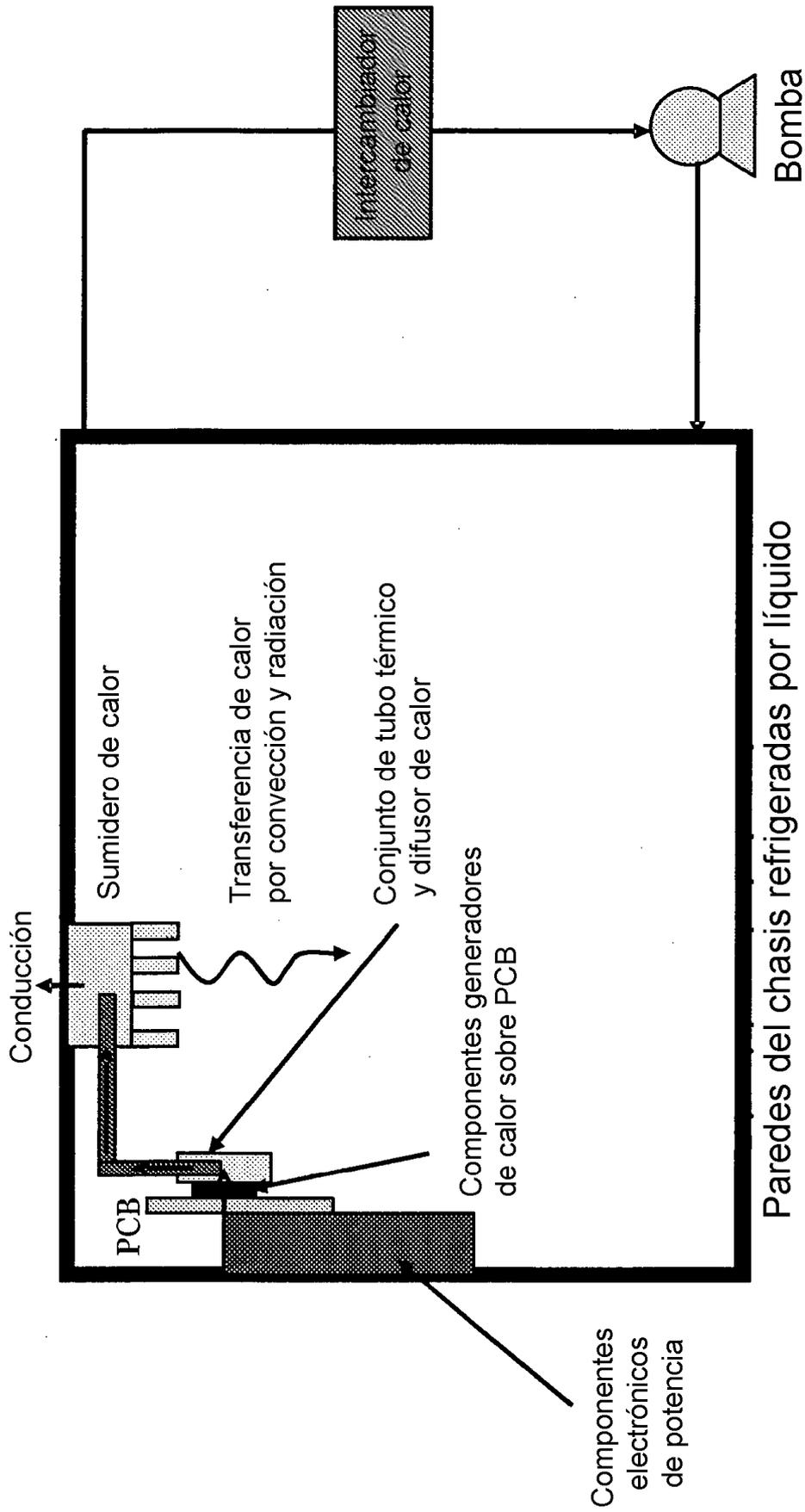


Fig. 1

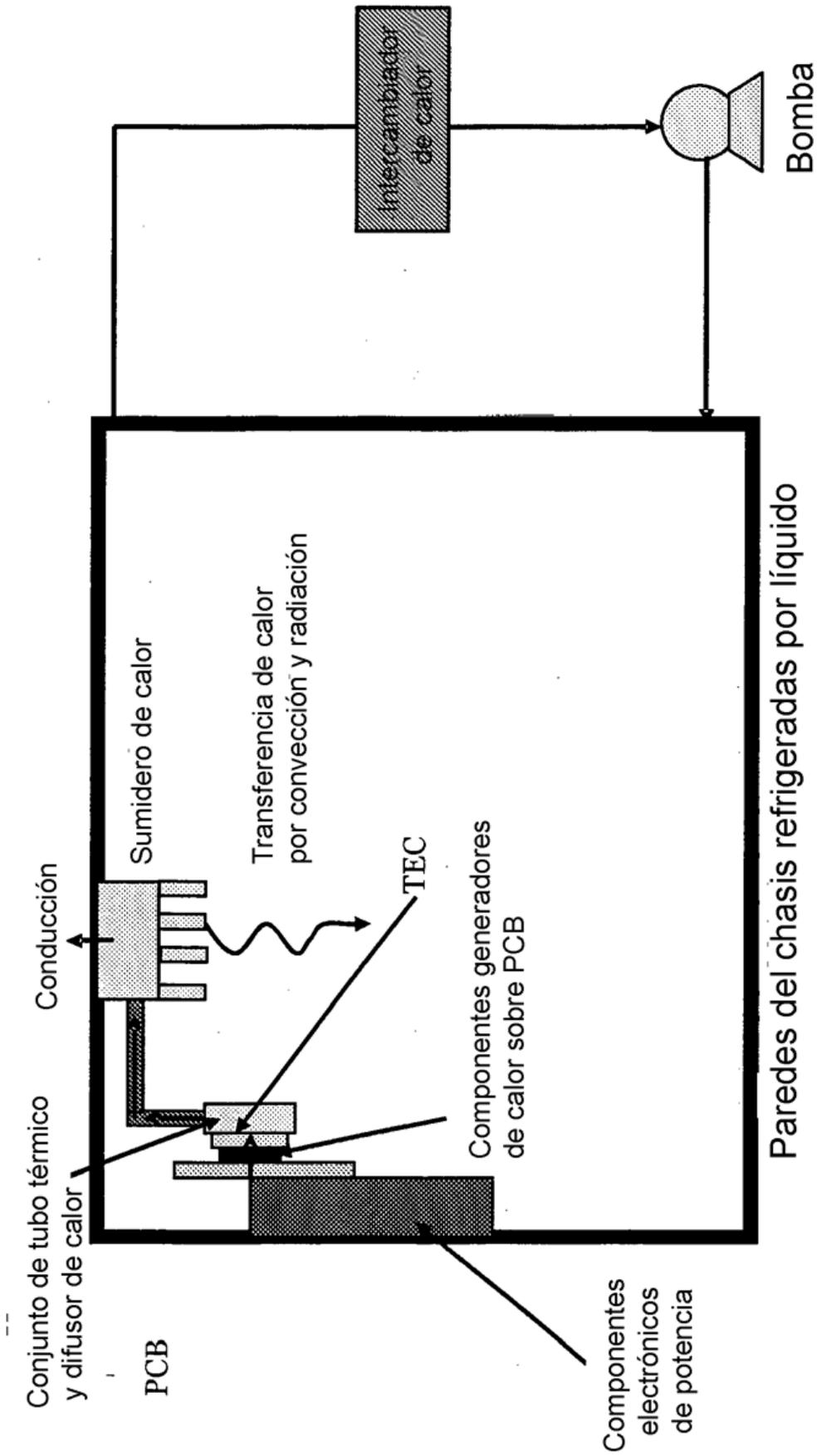


Fig. 2

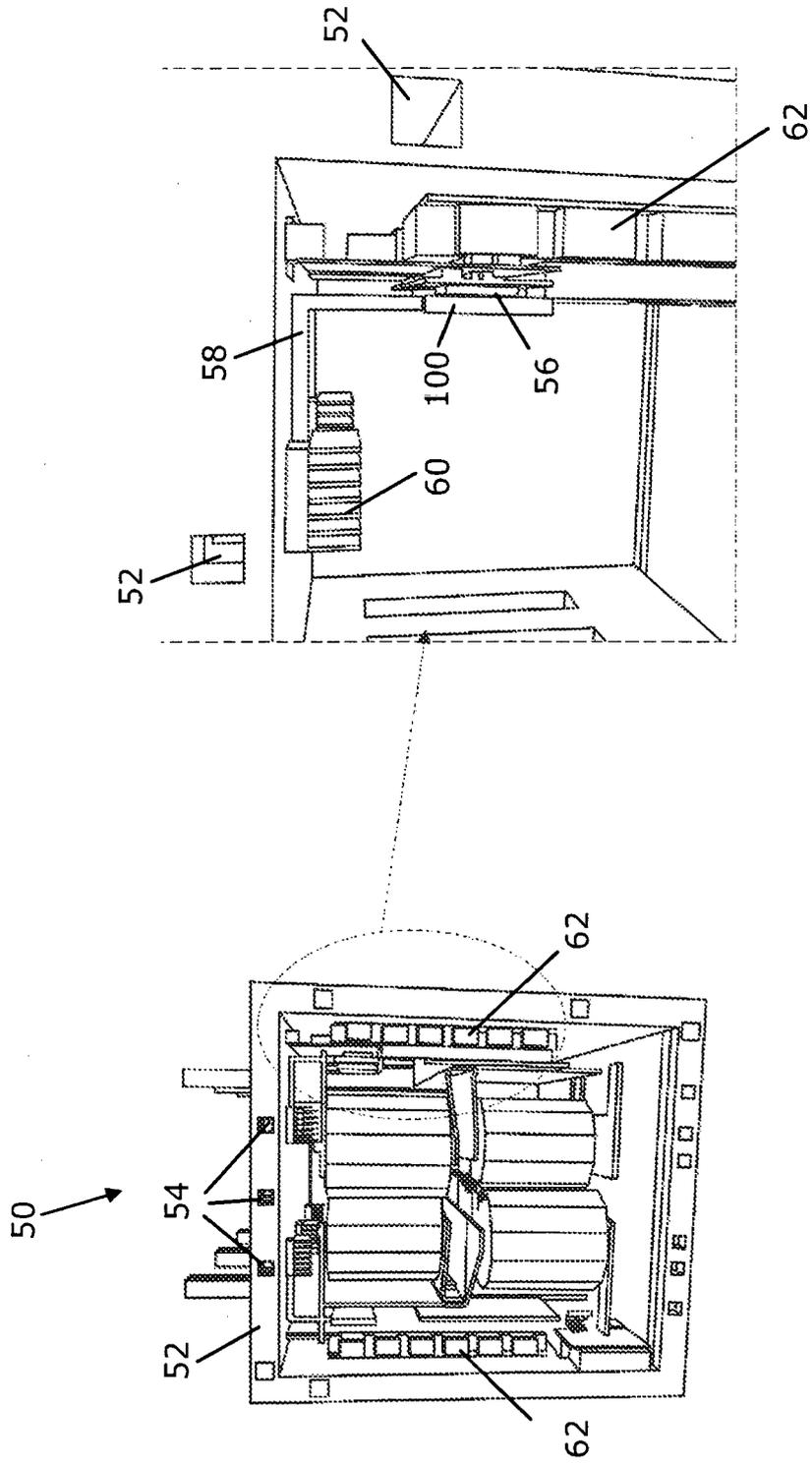


Fig. 4

Fig. 3

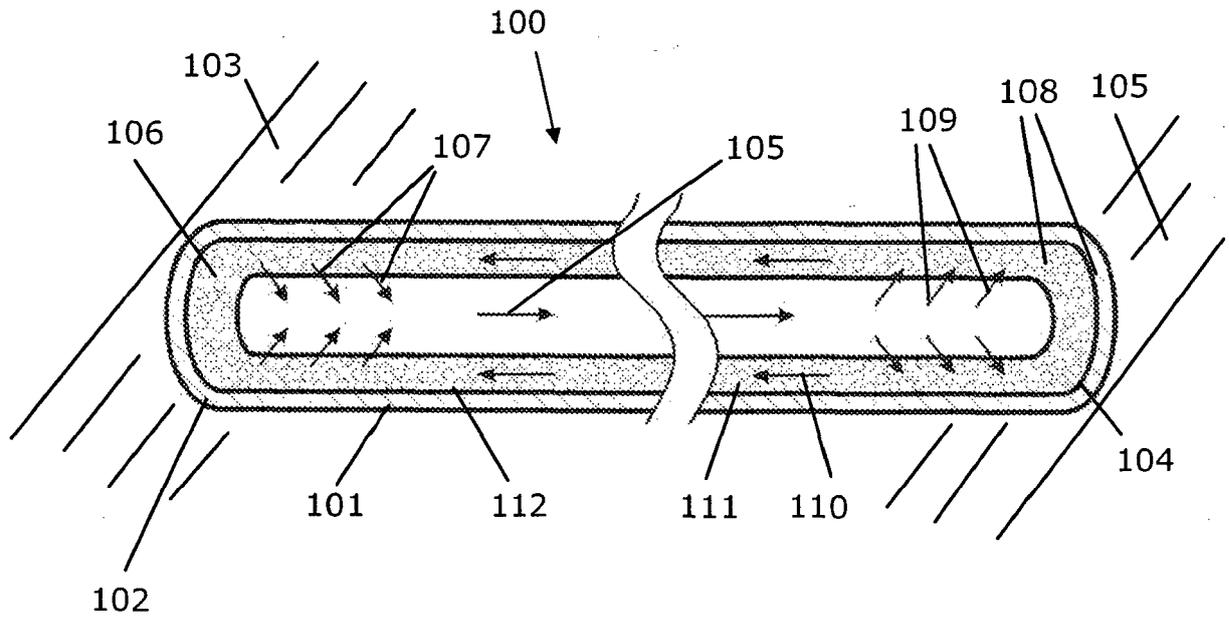


Fig. 5

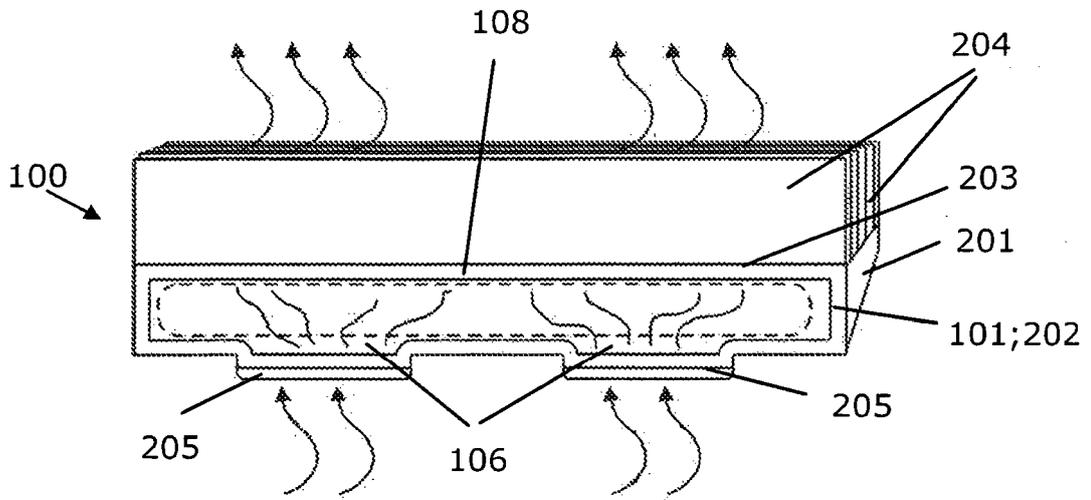


Fig. 6

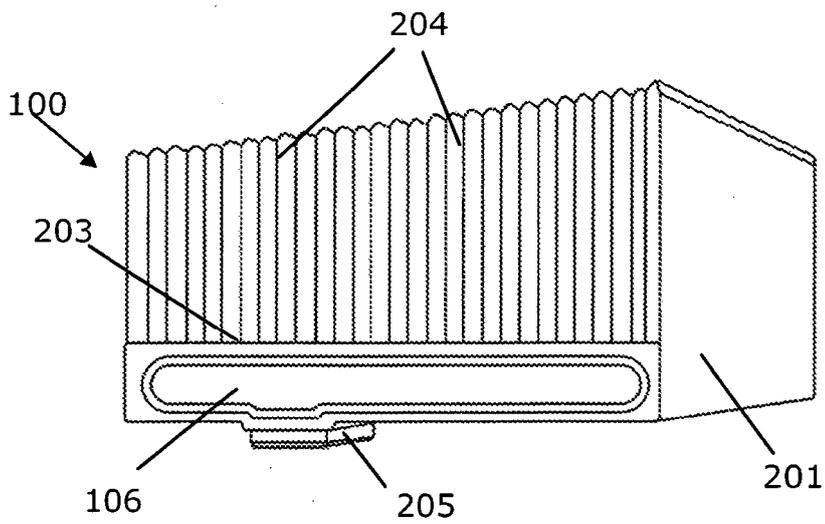


Fig. 7

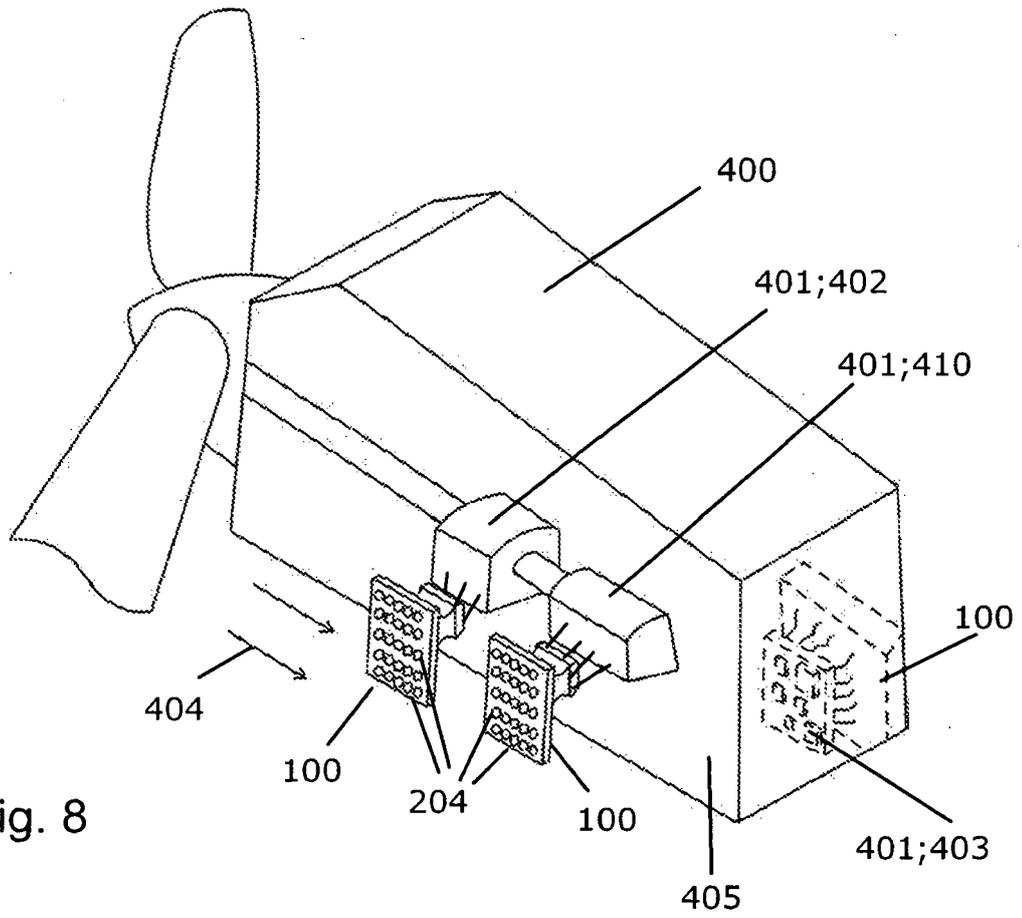


Fig. 8

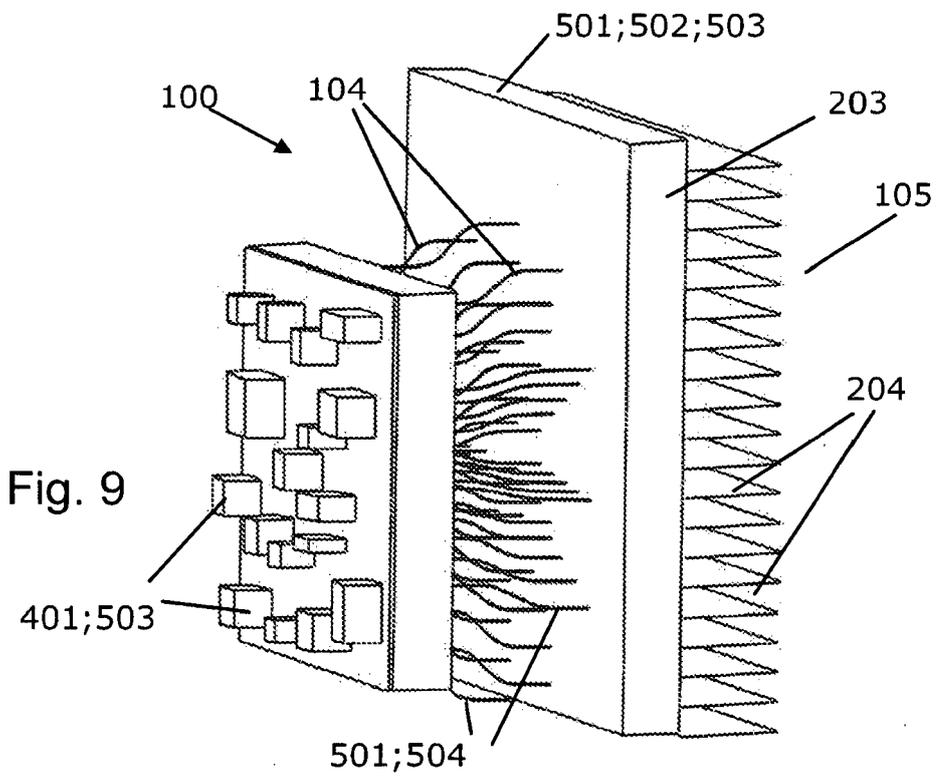


Fig. 9

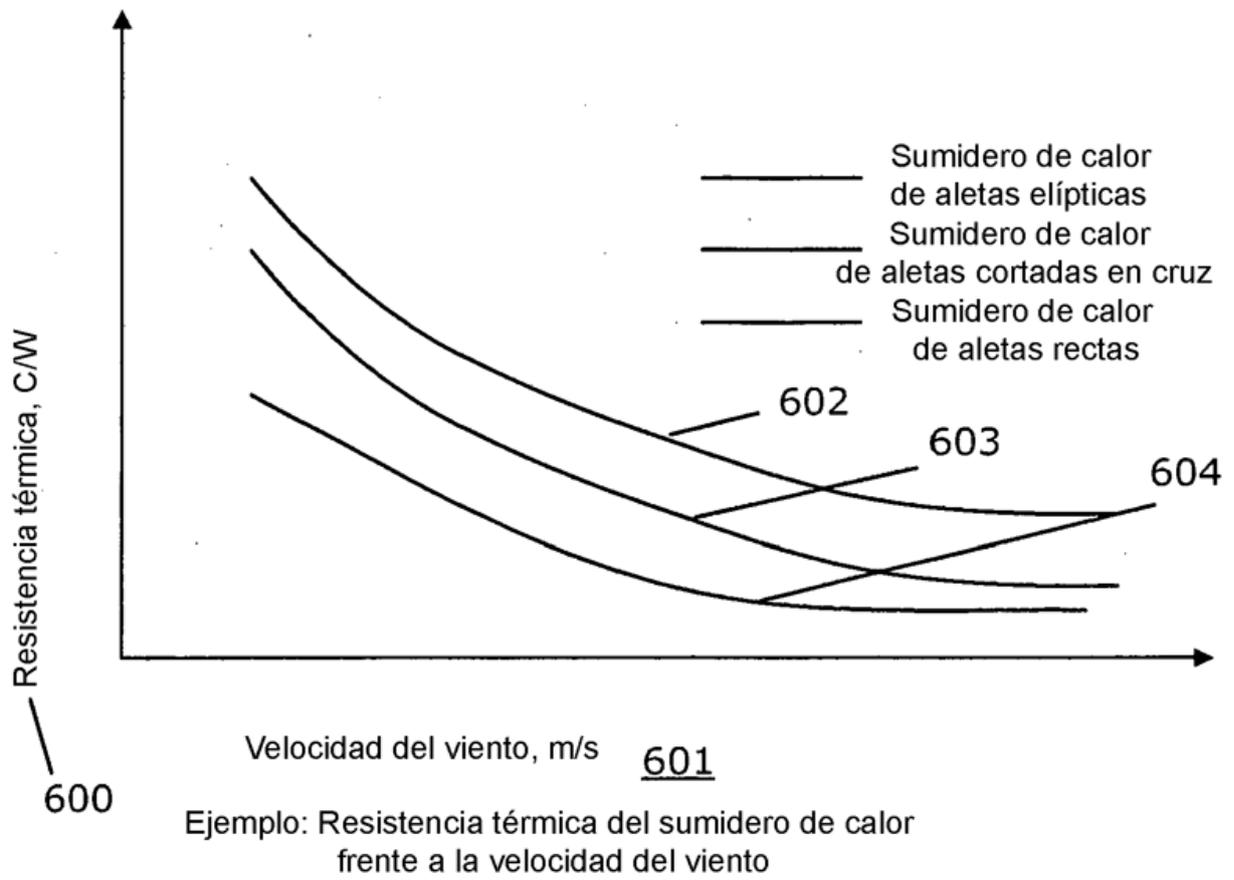


Fig. 10

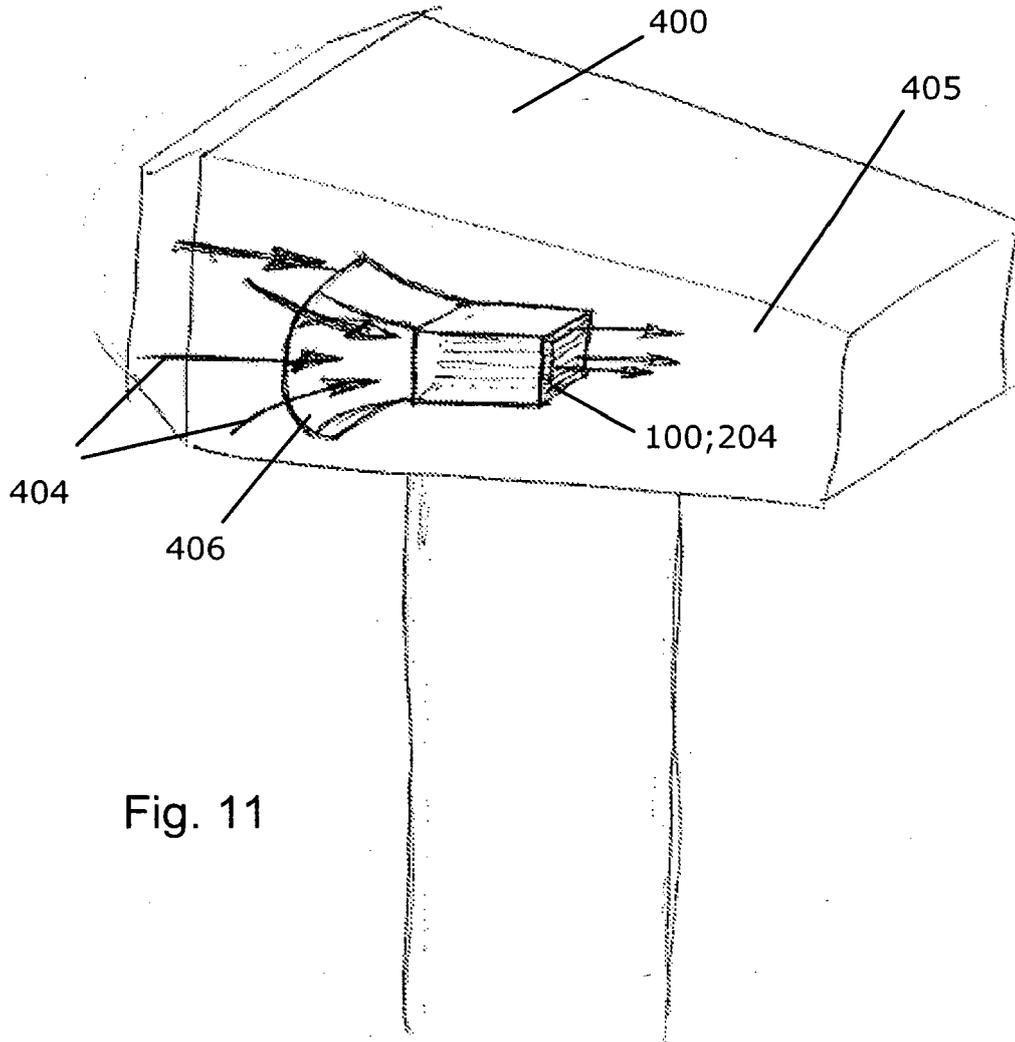


Fig. 11

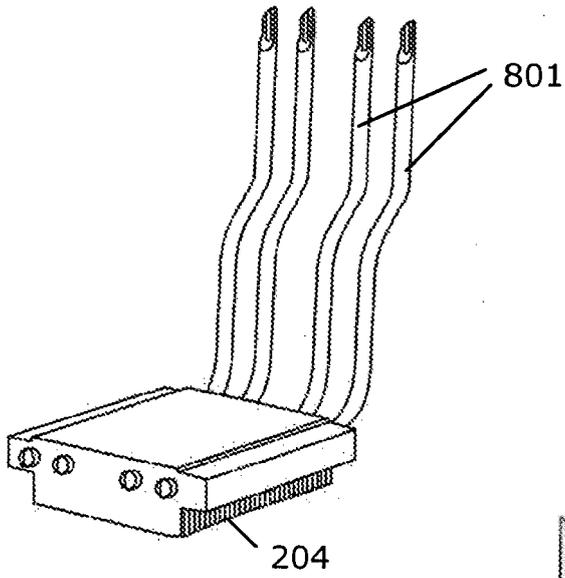


Fig. 12

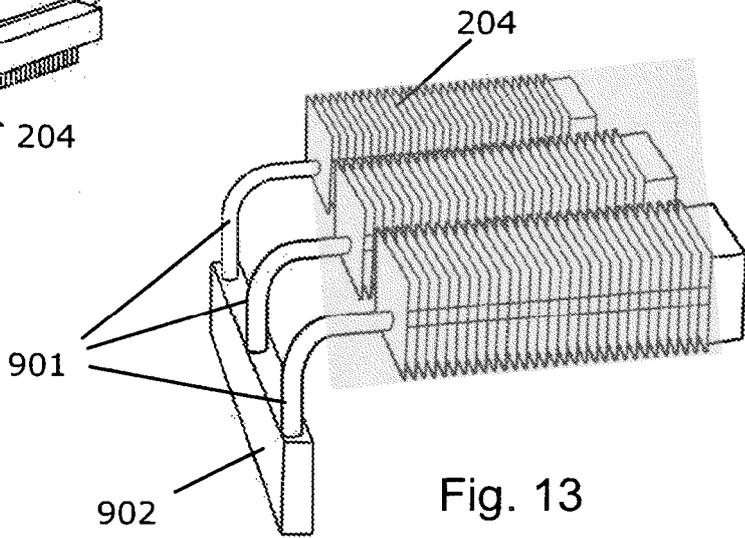


Fig. 13

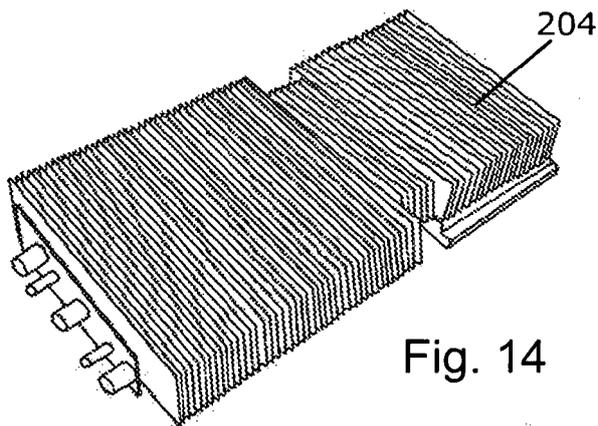


Fig. 14

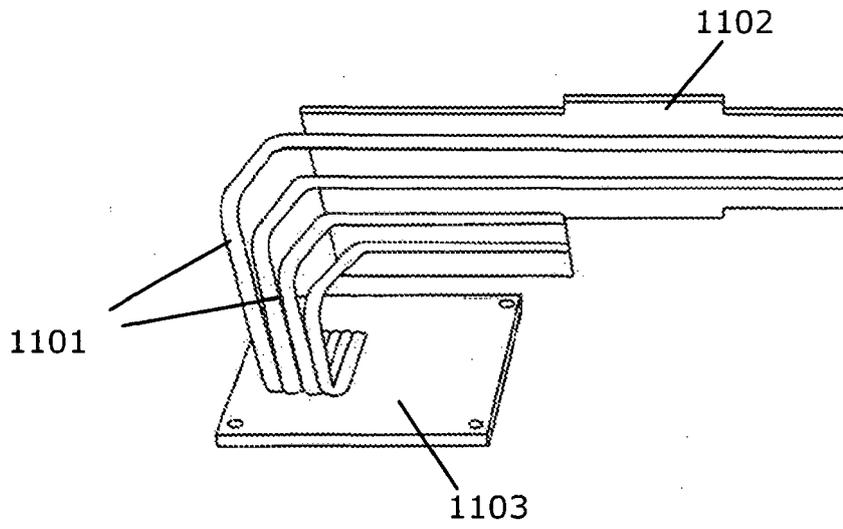


Fig. 15

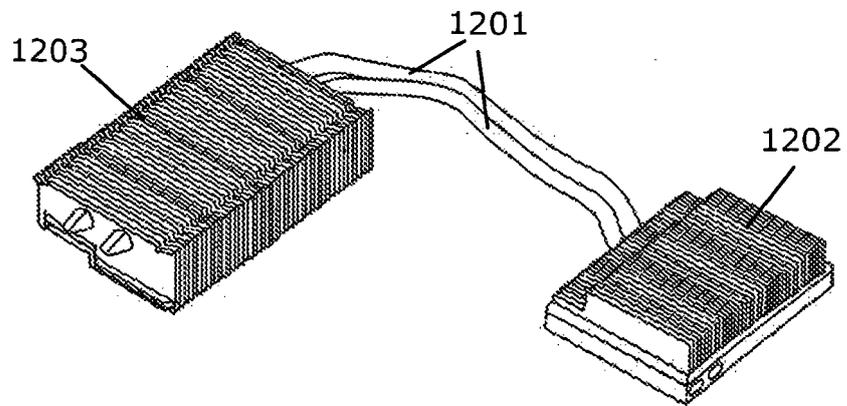


Fig. 16