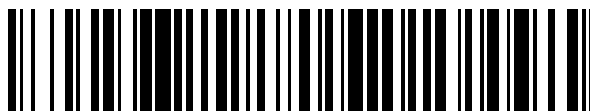


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 711 259**

51 Int. Cl.:

**F03D 80/00** (2006.01)

**F03D 80/80** (2006.01)

**F03D 80/60** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.04.2012** **E 12002600 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.10.2018** **EP 2527650**

54 Título: **Sistema de refrigeración de góndola y de los componentes generadores de calor de una turbina eólica marina**

30 Prioridad:

**19.04.2011 US 201113089822**

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

**30.04.2019**

73 Titular/es:

**ADWEN OFFSHORE, S.L. (100.0%)  
Parque Tecnológico de Bizkaia, Edificio 208  
48170 Zamudio, Bizkaia, ES**

72 Inventor/es:

**SABHAPATHY, PERI**

74 Agente/Representante:

**PADIAL MARTÍNEZ, Ana Belén**

ES 2 711 259 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

Sistema de refrigeración de góndola y de los componentes generadores de calor de una turbina eólica marina

### ANTECEDENTES DE LA INVENCION

#### Campo de la invención

5 La presente invención se refiere en general a sistemas y procedimientos para refrigerar la góndola y los componentes generadores de calor de una turbina eólica marina, con una disposición para calentarlos antes de un arranque en frío. Más particularmente, la presente invención se refiere a un sistema para enfriar el aire dentro de la góndola y para refrigerar los componentes generadores de calor tales como el tren de transmisión, el generador eléctrico, el convertidor y el transformador de una turbina eólica marina. El sistema también se puede usar para calentar el aire dentro de la góndola y/o para calentar uno o más de estos componentes antes de un arranque de turbina en frío.

#### Técnica relacionada

15 Una turbina eólica convierte la energía cinética del viento en energía eléctrica a través de su rotor, tren de transmisión, generador eléctrico y convertidor. Un transformador eléctrico convierte la salida de bajo voltaje del convertidor en una salida de alto voltaje antes de que la salida se envíe a una subestación en un parque eólico. Una góndola de turbina eólica aloja estos componentes mecánicos y eléctricos, a saber, el tren de transmisión, el generador eléctrico, el convertidor y el transformador (que en general se encuentra en la góndola para reducir la pérdida de potencia debido a la transmisión eléctrica de bajo voltaje). La góndola de turbina eólica también aloja los componentes del sistema hidráulico necesarios para el cabeceo de las palas y la desviación de la góndola.

20 Estos componentes generan una cantidad significativa de calor mientras la turbina eólica está funcionando. Para su protección y su funcionamiento eficiente, el calor generado por tales componentes debe ser eliminado continuamente. Esto se hace típicamente haciendo circular un refrigerante a través de los intercambiadores de calor integrados en estos componentes. (ver, por ejemplo, los documentos WO 2008/102184, WO 2010/069954 y WO 01/77526). A continuación, el refrigerante transporta el calor de estos componentes y lo disipa al aire ambiente con la ayuda de radiadores refrigerados por aire montados en el exterior de la góndola. El refrigerante puede ser cualquier fluido que se use típicamente en intercambiadores de calor de baja temperatura, como una mezcla de etilenglicol y agua que no se congela durante el clima frío. El calor generado por el tren de transmisión, y el sistema hidráulico, se disipa en el refrigerante a través de intercambiadores de calor de líquido a líquido en el aceite lubricante y los colectores de fluido hidráulico, respectivamente.

30 Además de disipar el calor en el refrigerante, los componentes de turbina eólica también disipan el calor de sus superficies externas en el aire circundante. Componentes como el transformador disipan el calor principalmente en el aire circundante. Por lo tanto, el aire dentro de la góndola debe ser reemplazado continuamente por aire más fresco (un sistema de flujo de aire abierto) o refrigerado y recirculado (un sistema de flujo de aire cerrado). En una turbina con un sistema de flujo de aire abierto, que se usa típicamente en turbinas en tierra, el aire ambiente en general entra a través de una o más entradas en la parte inferior de la góndola, y el aire más caliente sale al exterior a través de las salidas en la parte superior trasera de la góndola. Los ventiladores de salida ayudan al flujo de aire a través de la góndola y sobre los componentes generadores de calor. Por lo tanto, el aire ambiente se usa típicamente como disipador de calor para refrigerar los componentes generadores de calor de una turbina eólica.

### SUMARIO DE LA INVENCION

40 En una instalación marina, debido a que el agua de mar tiene una capacidad de calor más alta y típicamente está a una temperatura más baja que el aire ambiente durante condiciones climáticas cálidas, es ventajoso utilizar el agua de mar como disipador de calor en lugar del aire ambiente. Esto se puede lograr haciendo circular el refrigerante que transporta el calor de las fuentes de calor en la góndola a través de un intercambiador de calor en la parte inferior de la torre que se enfría con agua de mar. Sin embargo, para capturar la energía máxima del viento, la góndola se desvía continuamente (gira alrededor de un eje vertical) de modo que las palas del rotor estén orientadas hacia la dirección del viento. Esto interfiere con la circulación del refrigerante desde la góndola a cualquier intercambiador de calor en la parte inferior de la torre.

50 El sistema de refrigeración de la presente invención puede resolver este problema de manera efectiva, y utiliza el agua de mar como disipador de calor para disipar el calor generado por los componentes de turbina alojados en la góndola. Además, en un entorno marino, el aire ambiente tiene una alta humedad y lleva gotitas de agua y partículas de sal. Por lo tanto, un sistema de flujo de aire cerrado como el que se describe en la presente invención, donde el calor del aire dentro de la góndola se disipa en el refrigerante a través de un intercambiador de calor de líquido a aire

en la góndola, puede ser más efectivo para prevenir la corrosión de los equipos y cortocircuitos eléctricos que un sistema de flujo de aire abierto que se usa típicamente en tierra.

5 La presente invención de acuerdo con un aspecto proporciona un sistema para enfriar el aire dentro de una góndola y los componentes generadores de calor alojados en la góndola en una turbina eólica marina. Un circuito de refrigeración superior está dispuesto en la góndola. Un depósito de refrigerante está situado en una plataforma justo debajo de la parte inferior de la góndola. El depósito tiene una tapa que gira libremente alrededor del eje vertical del depósito junto con un tubo de entrada y un tubo de salida del circuito de refrigeración superior cuando la góndola se desvía, coincidiendo el eje vertical del depósito con un eje de desviación de la góndola. Un circuito de refrigeración inferior está dispuesto debajo del depósito. El refrigerante se hace circular a través del circuito de refrigeración superior utilizando una bomba dispuesta en la góndola. El circuito de refrigeración superior transporta el calor desde los componentes generadores de calor y desde el aire dentro de la góndola hasta el depósito. El circuito de refrigeración inferior transporta el calor desde el depósito hasta la parte inferior de la torre y disipa el calor en el agua de mar a través de un intercambiador de calor que es refrigerado con agua de mar.

15 La presente invención de acuerdo con otro aspecto proporciona un sistema para enfriar el aire dentro de una góndola y los componentes generadores de calor alojados en la góndola en una turbina eólica marina. Un circuito de refrigeración superior está dispuesto en la góndola y comprende una pluralidad de circuitos de refrigeración independientes, cada uno de los cuales tiene un tubo de entrada y un tubo de salida. Un depósito está dispuesto debajo del circuito de refrigeración superior y tiene una tapa que gira libremente alrededor de un eje vertical del depósito junto con los tubos de entrada y salida del circuito de refrigeración superior a medida que la góndola se desvía, coincidiendo el eje vertical del depósito con un eje de desviación de la góndola. Un circuito de refrigeración inferior está dispuesto debajo del depósito. El refrigerante se hace circular a través del circuito de refrigeración superior mediante una pluralidad de bombas de refrigeración que corresponden respectivamente a los circuitos de refrigeración independientes y que están dispuestas en la góndola. El refrigerante circula a través del circuito de refrigeración inferior utilizando una bomba de refrigerante dispuesta en la parte inferior de la torre. El circuito de refrigeración superior transporta el calor desde los componentes generadores de calor y desde el aire dentro de la góndola hasta el depósito. El circuito de refrigeración inferior transporta el calor desde el depósito hasta la parte inferior de la torre y disipa el calor en el agua de mar a través de un intercambiador de calor que se enfría con agua de mar y una bomba de agua de mar que hace circular agua de mar a través del intercambiador de calor.

25 La presente invención de acuerdo con otro aspecto proporciona un procedimiento para enfriar el aire dentro de una góndola y los componentes generadores de calor alojados en la góndola en una turbina eólica marina, presentando la turbina eólica un circuito de refrigeración superior y un circuito de refrigeración inferior que comparten un depósito dispuesto entre los mismos, presentando el depósito una tapa. El procedimiento incluye las etapas de (1) girar la tapa del depósito libremente alrededor de un eje vertical del depósito junto con los tubos de entrada y salida del circuito de refrigeración superior a medida que la góndola se desvía, coincidiendo el eje vertical del depósito con un eje de desviación de la góndola, (2) hacer circular refrigerante a través del circuito de refrigeración superior, y (3) transportar el calor de los componentes generadores de calor y del aire dentro de la góndola desde el circuito de refrigeración superior a través del depósito y el circuito de refrigeración inferior hasta la parte inferior de la torre y disipar el calor en el agua de mar a través de un intercambiador de calor que es refrigerado con agua de mar.

30 La presente invención de acuerdo con otro aspecto proporciona un sistema para calentar el aire dentro de una góndola y los componentes generadores de calor alojados en la góndola antes de un arranque en frío de una turbina eólica marina. Un circuito de refrigeración superior está dispuesto en la góndola. Un depósito está dispuesto debajo del circuito de refrigeración superior y tiene una tapa que gira libremente alrededor de un eje vertical del depósito junto con los tubos de entrada y salida del circuito de refrigeración superior a medida que la góndola se desvía, coincidiendo el eje vertical del depósito con un eje de desviación de la góndola. Un circuito de refrigeración inferior está dispuesto debajo del depósito. Durante condiciones de clima frío, el agua de mar se utiliza para calentar el refrigerante en el circuito de refrigeración inferior, transportando calor desde el agua de mar al refrigerante en el depósito, en el que el circuito de refrigeración superior transporta el calor a los componentes de turbina eólica en la góndola para calentarlos.

40 Por consiguiente, la presente invención se refiere a sistemas y procedimientos mejorados para refrigerar la góndola y los componentes generadores de calor de una turbina eólica marina con una disposición para calentar estos componentes antes de un arranque en frío. La presente invención puede superar los inconvenientes mencionados anteriormente así como otros inconvenientes de los procedimientos existentes.

45 Otras características y ventajas de la presente invención, así como de la estructura y el funcionamiento de diversos modos de realización de la presente invención, se describen en detalle a continuación con referencia a los dibujos adjuntos.

## BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Las características y ventajas de la presente invención se entenderán más fácilmente a partir de una descripción detallada de los modos de realización a modo de ejemplo tomadas junto con las siguientes figuras:

5 La Fig. 1 muestra un sistema de refrigeración para una turbina eólica marina de acuerdo con un modo de realización de la presente invención.

La Fig. 2 muestra un sistema de refrigeración para una turbina eólica marina de acuerdo con un modo de realización de la presente invención.

La Fig. 2A muestra una versión parcial ampliada de la Fig. 2.

10 La Fig. 3, que incluye las Figs. 3A y 3B, muestra una vista en primer plano del depósito de refrigerante y su tapa que gira libremente de acuerdo con un modo de realización de la presente invención.

La invención se describirá a continuación en relación con ciertos modos de realización a modo de ejemplo; sin embargo, debe quedar claro para los expertos en la materia que pueden realizarse diversas modificaciones, adiciones y omisiones sin apartarse del alcance de las reivindicaciones.

## DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS MODOS DE REALIZACIÓN PREFERENTES

15 En general, el sistema de refrigeración de turbina de un modo de realización de la presente invención comprende dos circuitos de refrigeración, uno superior y otro inferior, que comparten un depósito cilíndrico. El depósito está hueco en el centro y se coloca en una plataforma dentro de la torre y justo debajo de la parte inferior de la góndola. Los ejes verticales del depósito y su tapa coinciden con el eje de desviación de la góndola. Cabe destacar que la tapa del depósito puede girar libremente alrededor de su eje.

20 El refrigerante puede ser cualquier fluido que se use típicamente en intercambiadores de calor de baja temperatura, como una mezcla de etilenglicol y agua que no se congela durante un clima frío. El circuito de refrigeración superior transporta el calor del tren de transmisión, el generador y otros componentes generadores de calor, así como el aire dentro de la góndola, y lo transporta al depósito. El calor del aire dentro de la góndola se disipa al circuito de refrigeración superior a través de un intercambiador de calor de líquido a aire. Después, el circuito de refrigeración inferior transporta el calor desde el depósito hasta la parte inferior de la torre y lo disipa en el agua de mar a través de un intercambiador de calor.

30 La góndola de turbina eólica y la torre están selladas para minimizar la fuga de aire. Además, el aire dentro de las mismas se mantiene a una presión ligeramente superior que el aire ambiente. El sistema es un sistema de flujo de aire cerrado, excepto para una pequeña cantidad de aire ambiente tratado para gotitas de agua, contenido de sal y humedad que se introduce en la torre en la parte inferior para compensar cualquier fuga de aire.

35 El sentido del flujo de calor en los circuitos de refrigeración puede invertirse, si es necesario, como antes de un arranque en frío de la turbina. Durante condiciones de clima frío severo, el agua de mar, que está más caliente que el aire ambiente, puede usarse para calentar el refrigerante en el circuito de refrigeración inferior y así transportar el calor del agua de mar al refrigerante en el depósito. Después, el circuito de refrigeración superior transporta el calor al tren de transmisión y otros componentes de la góndola y los calienta. Esto puede reducir el tiempo necesario para un arranque en frío de la turbina. El refrigerante se puede calentar adicionalmente en cualquiera de los circuitos de refrigeración por medios eléctricos o por otros medios, como quemar un combustible fósil para acelerar el arranque en frío de la turbina.

40 A medida que la góndola se desvía para dirigir las palas del rotor hacia la dirección del viento, los tubos de entrada y salida del circuito de refrigeración superior giran libremente dentro del depósito junto con la tapa del depósito. El espacio hueco abierto en el centro del depósito proporciona una trayectoria de acceso para las líneas eléctricas, etc., entre la góndola y la torre. Dado que el agua de mar se utiliza como disipador de calor, y parte del sistema de refrigeración de la presente invención se une a la torre en su parte inferior, el sistema de la presente invención puede reducir el tamaño y el peso total de la góndola.

45 A continuación se describen ejemplos más detallados de modos de realización a modo de ejemplo de sistemas y procedimientos mejorados de la invención para refrigerar la góndola y los componentes generadores de calor de la turbina eólica marina y calentarlos antes de un arranque en frío. Por supuesto, debe entenderse que la invención no está limitada a los ejemplos mostrados y descritos, y que, por supuesto, se pueden hacer varias modificaciones que están dentro del espíritu y alcance de la invención.

La Fig. 1 muestra un sistema de refrigeración 10 para una turbina eólica marina de acuerdo con un modo de realización de la presente invención. El sistema 10 comprende dos circuitos de refrigeración, un circuito de refrigeración superior 12 y un circuito de refrigeración inferior 14, que comparten un depósito cilíndrico 16. El depósito 16 está hueco en el centro y está unido a una plataforma dentro de la torre 18 justo debajo de la parte inferior de la góndola 20. Los ejes verticales del depósito y su tapa coinciden con el eje de desviación de la góndola. Cabe destacar que la tapa de depósito 22 puede girar libremente alrededor de su eje. Como se señaló anteriormente, el refrigerante puede ser cualquier fluido que se use típicamente en intercambiadores de calor de baja temperatura, como una mezcla de etilenglicol y agua que no se congela durante el clima frío.

La góndola está diseñada para desviarse casi sobre el eje vertical de la torre, de modo que las palas estén orientadas en la dirección del viento. La góndola puede girar típicamente de manera alterna dos revoluciones completas aproximadamente en cualquier sentido (en el sentido de las agujas del reloj o en sentido contrario a las agujas del reloj mirando hacia arriba desde la turbina). Si se llevara el refrigerante a la parte inferior de la torre, se enfriase y se devolviera a la góndola sin un dispositivo tal como un depósito con una tapa giratoria como se propone en esta invención, los tubos de refrigerante interferirían con la desviación de la góndola. Incluso si se usaran tubos flexibles para el flujo de refrigerante, la desviación de la góndola causaría que los tubos se enrollaran y desenrollaran constantemente, lo cual podría ocasionar un fallo del tubo. Además, los tubos flexibles pueden no ser capaces de manejar la presión estática del refrigerante debido a la altura significativa de la góndola desde la parte inferior de la torre.

El circuito de refrigeración superior 12 transporta el calor de los componentes generadores de calor, por ejemplo, el tren de transmisión 24, el generador eléctrico 26, el convertidor 28, el colector de fluido hidráulico (no mostrado) y el transformador 32, así como del aire en el interior de la góndola 20, y vierte el calor en el depósito 16. El calor generado por el tren de transmisión 24 y por el sistema hidráulico 30 se disipa en el refrigerante a través de intercambiadores de calor de líquido a líquido en el aceite lubricante y los colectores de fluido hidráulico, respectivamente.

El refrigerante circula a través del circuito de refrigeración superior 12 mediante una o más bombas de refrigerante 36. El calor del aire dentro de la góndola 20 se disipa en el refrigerante a través del intercambiador de calor de aire a líquido 34. Uno o más sopladores ayudan a dirigir el aire más frío que sale de este intercambiador de calor 34 hacia las superficies externas del tren de transmisión 24, el generador 26, el convertidor 28 y el transformador 32, refrigerando así estos componentes desde el exterior.

Dos modos de realización se describen en el presente documento para el circuito de refrigeración superior. En un modo de realización, como se muestra en la Fig. 1, el circuito de refrigeración superior utiliza solamente una bomba de refrigerante 36, y una entrada y una salida al depósito 16. En la Fig. 1, el tubo de entrada para el circuito de refrigeración superior 12 está etiquetado como A, el tubo de salida para el circuito de refrigeración superior 12 está etiquetado como B, el tubo de entrada para el circuito de refrigeración inferior 14 está etiquetado como C y el tubo de salida para el circuito de refrigeración inferior 14 está etiquetado como D. Después de la bomba 36, el flujo de refrigerante se ramifica y fluye a través de los intercambiadores de calor en los diferentes componentes generadores de calor y a través del intercambiador de calor de líquido a aire 34. El refrigerante más caliente sale de estas ramificaciones y vuelve a unirse antes de fluir hacia el depósito 16. Los caudales de refrigerante a través de las diferentes ramificaciones del circuito pueden controlarse mediante dispositivos de restricción de flujo (por ejemplo, válvulas hidráulicas controladas electrónicamente).

Así, en la Fig. 1, el circuito de refrigeración superior 12 contiene un circuito de flujo con ramificaciones para los diferentes componentes generadores de calor en la góndola 20. El flujo en cada una de estas ramificaciones se puede ajustar utilizando dispositivos de restricción de flujo (no mostrados en la figura). El circuito de refrigeración superior 12 lleva el calor desde la góndola 20 hasta el depósito 16. El circuito de refrigeración inferior 14 lleva entonces el calor desde el depósito 16 hasta la parte inferior de la torre 18 y lo disipa en el agua de mar a través de un intercambiador de calor 38.

En otro modo de realización, como se muestra mediante el sistema 11 de la Fig. 2, el circuito de refrigeración superior es una colección de múltiples circuitos de refrigeración independientes. Cada uno de estos circuitos tiene una bomba de refrigerante dedicada 36a-d, una entrada dedicada y una salida dedicada al depósito 16, y transporta el calor de uno o más componentes generadores de calor al depósito 16. Por lo tanto, el calor de los componentes generadores de calor en la góndola 20 y el aire dentro de la góndola 20 se eliminan mediante el circuito de refrigeración superior 12 y se introducen en el depósito de refrigerante 16. El caudal de refrigerante en cada uno de los circuitos se controla de forma independiente y, por lo tanto, la temperatura máxima del componente generador de calor particular en ese circuito de refrigeración.

El circuito de refrigeración inferior 14 transporta el calor desde el depósito 16 hasta la parte inferior de la torre 18 y disipa el calor en el agua de mar a través de un intercambiador de calor de líquido a líquido 38 en la parte inferior de la torre. La bomba de refrigerante 40 en la parte inferior de la torre hace circular el refrigerante en el circuito de refrigeración inferior 14. Una bomba de agua de mar 42 hace circular agua de mar fría a través del intercambiador de calor en un circuito de flujo abierto. El refrigerante expulsa el calor al agua de mar fría en el intercambiador de calor 38. La bomba 40 ayuda a hacer circular el refrigerante en el circuito de refrigeración inferior (lleva el refrigerante caliente desde el depósito al intercambiador de calor 38 y devuelve el refrigerante frío al depósito). La bomba 42 ayuda a llevar el agua de mar fresca y fría al intercambiador de calor 38 y lleva el agua de mar caliente de vuelta al mar.

Por lo tanto, la Fig. 2 muestra un sistema de refrigeración para una turbina eólica marina de acuerdo con otro modo de realización de la presente invención. El circuito de refrigeración superior 12 contiene circuitos de flujo independientes para cada uno de los componentes generadores de calor en la góndola 20. El circuito de refrigeración superior 12 lleva el calor de estos componentes al depósito 16. Después, el circuito de refrigeración inferior 14 transporta el calor desde el depósito 16 hasta la parte inferior de la torre 18 y lo disipa en el agua de mar a través de un intercambiador de calor 28. En la Fig. 2, los tubos de entrada para el circuito de refrigeración superior 12 están etiquetados como A, los tubos de salida para el circuito de refrigeración superior 12 están etiquetados como B, el tubo de entrada para el circuito de refrigeración inferior 14 está etiquetado como C y el tubo de salida para el circuito de refrigeración inferior 14 está etiquetado como D.

La Fig. 2A muestra una versión parcial ampliada de la Fig. 2. En la Fig. 2A, los tubos de entrada del circuito de refrigeración superior 12, que conectan el depósito 16 a las bombas, están etiquetados como 1, 2, 3 y 4. Específicamente, el tubo de entrada para el generador 26 está etiquetado como 1, el tubo de entrada para la caja de engranajes 24 está etiquetado como 2, el tubo de entrada para el intercambiador de calor 34 está etiquetado como 3 y el tubo de entrada para el convertidor 28 y el sistema hidráulico 30 está etiquetado como 4. También en la Fig. 2A, los tubos de salida para el circuito de refrigeración superior 12 al interior del depósito 16 están etiquetados como a, b, c, y d. Específicamente, el tubo de salida para el generador 26 está etiquetado como a, el tubo de salida para la caja de engranajes 24 está etiquetado como b, el tubo de salida para el intercambiador de calor 34 está etiquetado como c y el tubo de salida para el convertidor 28 y el sistema hidráulico 30 está etiquetado como d.

Se observa que los ejes verticales del depósito 16 y su tapa 22 coinciden con el eje de desviación de góndola 21. La tapa de depósito 22 también puede girar libremente alrededor de su eje. Cuando la góndola 20 se desvía para dirigir las palas de rotor 13 hacia la dirección del viento, los tubos de entrada y salida del circuito de refrigeración superior 12 giran libremente dentro del depósito 16 junto con la tapa de depósito 22. Además, las entradas y salidas de refrigerante en el depósito 16 pueden ubicarse juiciosamente de manera que la salida de refrigerante del circuito de refrigeración inferior 14 esté más cerca de la entrada de refrigerante del circuito de refrigeración superior 12, y la salida de refrigerante del circuito de refrigeración superior 12 esté más cerca de la entrada de refrigerante del circuito de refrigeración inferior 14. Esto garantiza que el circuito de refrigeración superior lleve el refrigerante frío a los componentes generadores de calor en la góndola y que el circuito de refrigeración inferior lleve el refrigerante caliente a la parte inferior de la torre para expulsar el calor al agua de mar.

Como se señaló anteriormente, el espacio hueco abierto en el centro del depósito 16 proporciona una trayectoria de acceso para las líneas eléctricas, etc., entre la góndola 20 y la torre 18. Dado que el agua de mar se utiliza como disipador de calor y la mayoría de los componentes que ayudan a disipar el calor generado por la turbina están unidos a la torre 18 en su parte inferior, el sistema de la presente invención puede reducir el tamaño y el peso total de la góndola.

La góndola de turbina eólica 20 y la torre 18 están selladas para minimizar la fuga de aire. Además, el aire dentro de las mismas se mantiene a una presión ligeramente superior que el aire ambiente. Es un sistema de flujo de aire cerrado, excepto para una pequeña cantidad de aire ambiente tratado para gotitas de agua, contenido de sal y humedad que se introduce en la torre 18 en la parte inferior para compensar cualquier fuga de aire (no mostrado en las figuras).

Cabe destacar que el sentido del flujo de calor en los circuitos de refrigeración puede invertirse, si es necesario, como antes de un arranque en frío de la turbina. Durante condiciones de clima frío severo, el agua de mar, que está más caliente que el aire ambiente, puede usarse para calentar el refrigerante en el circuito de refrigeración inferior 14 y así transportar el calor del agua de mar al refrigerante en el depósito 16. Después, el circuito de refrigeración superior transporta el calor al tren de transmisión 24 y otros componentes de la góndola 20 y los calienta. Esto puede reducir el tiempo necesario para un arranque en frío de la turbina. El refrigerante se puede calentar adicionalmente en cualquiera de los circuitos de refrigeración 12, 14 mediante medios eléctricos u otros para acelerar el proceso de calentamiento de la turbina antes de un arranque en frío.

- 5 Como se señaló anteriormente, el calor generado por el tren de transmisión 24 y por los componentes hidráulicos 30 se transfiere al refrigerante en el circuito de refrigeración superior a través de intercambiadores de calor de líquido a líquido en los colectores de aceite lubricante y de fluido hidráulico, respectivamente, y se transporta al depósito de refrigerante 16. De forma alternativa, el aceite lubricante (que refrigera el tren de transmisión) y el fluido utilizado en el sistema hidráulico para el cabeceo de las paletas y la desviación de la góndola pueden enfriarse haciéndolos circular a través de intercambiadores de calor de líquido a líquido independientes (no mostrados en las figuras) que están sumergidos verticalmente en el refrigerante del depósito. El único requisito en este caso es que estos intercambiadores de calor tengan una forma tal que puedan girar libremente dentro del depósito 16 cuando la góndola 20 se desvíe.
- 10 La Fig. 3 muestra una vista en primer plano del depósito de refrigerante 16 y de su tapa 22 que gira libremente. Los tubos de entrada y salida de refrigerante del circuito de refrigeración superior 12 giran libremente dentro del depósito 16 a media que la góndola 20 se desvía para dirigir las palas 13 hacia la dirección del viento. En la Fig. 3, el tubo de entrada para el circuito de refrigeración superior 12 está etiquetado como A, el tubo de salida para el circuito de refrigeración superior 12 está etiquetado como B, el tubo de entrada para el circuito de refrigeración inferior 14 está etiquetado como C y el tubo de salida para el circuito de refrigeración inferior 14 está etiquetado como D. Se observa que el eje de simetría 23 del depósito 16 es casi coincidente con el eje de desviación de góndola 21.
- 15 El sistema de refrigeración de turbina como el mostrado en la Fig. 1 es tal que el refrigerante en el circuito de refrigeración inferior 14 se enfría en un intercambiador de calor de líquido a líquido 38 mediante un sistema de agua de mar de flujo abierto. De forma alternativa, el refrigerante en el circuito de refrigeración inferior 14 puede refrigerarse mediante un intercambiador de calor que se sumerge directamente en el agua de mar (no mostrado). En este último caso, lo más probable es que se necesite un intercambiador de calor más grande debido al menor coeficiente de transferencia de calor en el lado del agua de mar. Además, se necesitan disposiciones para garantizar que no se produzca ningún crecimiento marino en el intercambiador de calor sumergido en el agua de mar.
- 20 Tanto en las turbinas eólicas marinas como en tierra, también se puede usar un radiador refrigerado por aire en la parte inferior de la torre para enfriar el refrigerante caliente en el circuito de refrigeración inferior. Una de las principales ventajas de utilizar un radiador refrigerado por aire cerca de la parte inferior de la torre es reducir el tamaño y el peso de la góndola. De forma alternativa, el circuito de refrigeración inferior también se puede conectar a un sistema de refrigeración y calefacción geotérmico.
- 25 Aunque diversos modos de realización de la presente invención se han descrito anteriormente, debe entenderse que se han presentado a modo de ejemplo y no de limitación. Será evidente para los expertos en la(s) técnica(s) relacionada(s) que se pueden realizar diversos cambios en la forma y los detalles sin apartarse del espíritu y alcance de la presente invención. Por lo tanto, la presente invención no debe limitarse mediante ninguno de los modos de realización a modo de ejemplo descritos anteriormente, sino que debe definirse únicamente de acuerdo con las siguientes reivindicaciones y sus equivalencias.
- 30 Además, debe entenderse que las figuras ilustradas en los anexos, que resaltan la funcionalidad y las ventajas de la presente invención, se presentan solamente a modo de ejemplo.
- 35

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema para refrigerar el aire dentro de una góndola y los componentes generadores de calor alojados en la góndola de una turbina eólica marina, que comprende:
  - un circuito de refrigeración superior (12) en la góndola (20);
  - 5 un depósito (16) dispuesto debajo del circuito de refrigeración superior (12) y que tiene una tapa (22) que gira libremente alrededor de un eje vertical del depósito (16) junto con un tubo de entrada (B) y un tubo de salida (D) del circuito de refrigeración superior (12) a medida que la góndola (20) se desvía, coincidiendo el eje vertical del depósito (16) con un eje de desviación de la góndola (20); y
  - un circuito de refrigeración inferior (14) dispuesto debajo del depósito (16),
  - 10 en el que
  - el refrigerante circula a través del circuito de refrigeración superior (12) utilizando una o más bombas de refrigeración (36, 36a-36d) dispuestas en la góndola (20),
  - el circuito de refrigeración superior (12) transporta calor desde los componentes generadores de calor y desde el aire dentro de la góndola (20) hasta el depósito (16), y
  - 15 el circuito de refrigeración inferior (14) transporta calor desde el depósito (16) hasta la parte inferior de la torre de turbina eólica y disipa el calor hacia el agua de mar a través de un intercambiador de calor (28) que es refrigerado con agua de mar.
2. El sistema según la reivindicación 1, que comprende además otro intercambiador de calor (34) dispuesto dentro de la góndola para disipar el calor del aire dentro de la góndola en el refrigerante.
- 20 3. El sistema según la reivindicación 1, en el que el centro del depósito (16) es hueco.
4. El sistema según la reivindicación 1, en el que la góndola (20) y la torre (18) están selladas para minimizar las fugas de aire, y el aire dentro de la góndola (20) y la torre (18) se mantiene a una presión ligeramente mayor que el aire ambiente.
5. El sistema según la reivindicación 1, que comprende además un intercambiador de calor refrigerado con agua de mar (38) dispuesto en la parte inferior de la torre (18) para enfriar el refrigerante en el circuito de refrigeración inferior (14).
- 25 6. El sistema según la reivindicación 1, en el que, en condiciones de clima frío, el sentido del flujo de calor en los circuitos de refrigeración superior e inferior (12, 14) se invierte y el agua de mar se utiliza para calentar el refrigerante en el circuito de refrigeración inferior (12), transportando calor del agua de mar al refrigerante en el depósito (16), en el que el circuito de refrigeración superior (12) transporta el calor a los componentes generadores de calor para calentarlos antes de un arranque en frío de la turbina.
- 30 7. El sistema según la reivindicación 1, en el que:
  - el circuito de refrigeración superior (12) comprende una pluralidad de circuitos de refrigeración independientes, cada uno de los cuales tiene un tubo de entrada y un tubo de salida; el refrigerante circula a través del circuito de refrigeración superior (12) utilizando una pluralidad de bombas de refrigeración (36a-36d) que corresponden respectivamente a los circuitos de refrigeración independientes y que están dispuestas entre la góndola (20) y el circuito de refrigeración superior (12),
  - 35 el circuito de refrigeración inferior (114) comprende una bomba de agua de mar (42) que hace circular agua de mar a través del intercambiador de calor (38) del circuito de refrigeración inferior (14).
- 40 8. Un procedimiento para enfriar el aire dentro de una góndola y los componentes generadores de calor alojados en la góndola (20) en una turbina eólica marina, presentando la turbina eólica un circuito de refrigeración superior (12) y un circuito de refrigeración inferior (14) que comparten un depósito (16) dispuesto entre los mismos, presentando el depósito (16) una tapa (22), comprendiendo el procedimiento las etapas de:
  - 45 girar la tapa (22) del depósito (16) libremente alrededor de un eje vertical del depósito (16) junto con los tubos de entrada y salida (C, D) del circuito de refrigeración superior (12) a medida que la góndola (20) se desvía, coincidiendo el eje vertical del depósito (16) con un eje de desviación de la góndola (20);



hacer circular refrigerante a través del circuito de refrigeración superior (12); y

transportar calor de los componentes generadores de calor y del aire dentro de la góndola (12) desde el circuito de refrigeración superior (12) a través del depósito (16) y el circuito de refrigeración inferior (14) hasta la parte inferior de la carcasa de la torre de la turbina eólica y disipar el calor en el agua de mar a través de un intercambiador de calor (38) que se refrigera con agua de mar.

5

**9.** El procedimiento según la reivindicación 8, en el que dicha etapa de circulación incluye hacer circular el refrigerante a través del circuito de refrigeración superior (12) usando una bomba de refrigeración (36) dispuesta entre la góndola (20) y el circuito de refrigeración superior (12).

10

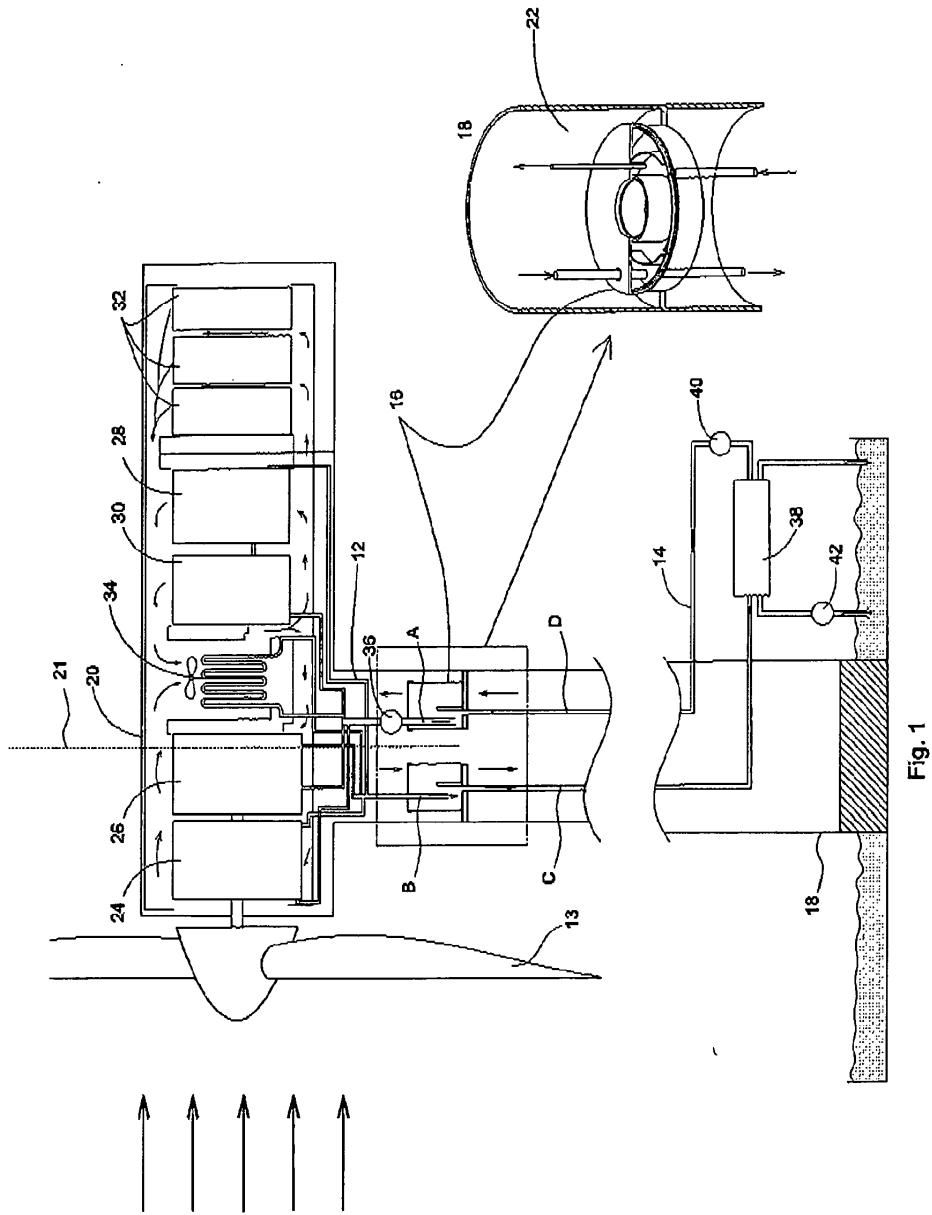
**10.** El procedimiento según la reivindicación 8, en el que dicha etapa de circulación incluye hacer circular el refrigerante a través del circuito de refrigeración superior (12) utilizando una pluralidad de bombas de refrigeración (36a-36d) correspondientes respectivamente a los tubos de entrada y salida (C, D) del circuito de refrigeración superior (12) y estando dispuestas entre la góndola (20) y el circuito de refrigeración superior (12).

15

**11.** El procedimiento según la reivindicación 8, que comprende además la etapa de hacer circular el refrigerante en el circuito de refrigeración inferior (14) usando una bomba de refrigerante (4) dispuesta en la parte inferior de la torre (18).

20

**12.** El procedimiento según la reivindicación 8, que comprende además las etapas de, durante condiciones de clima frío, invertir el sentido del flujo de calor en los circuitos de refrigeración superior e inferior (12, 14) utilizando el agua de mar para calentar el refrigerante en el circuito de refrigeración inferior (14), transportar calor del agua de mar al refrigerante en el depósito (16) y transportar el calor desde el depósito (16) a través del circuito de refrigeración superior (12) y a los componentes generadores de calor para calentarlos antes de un arranque en frío de la turbina.



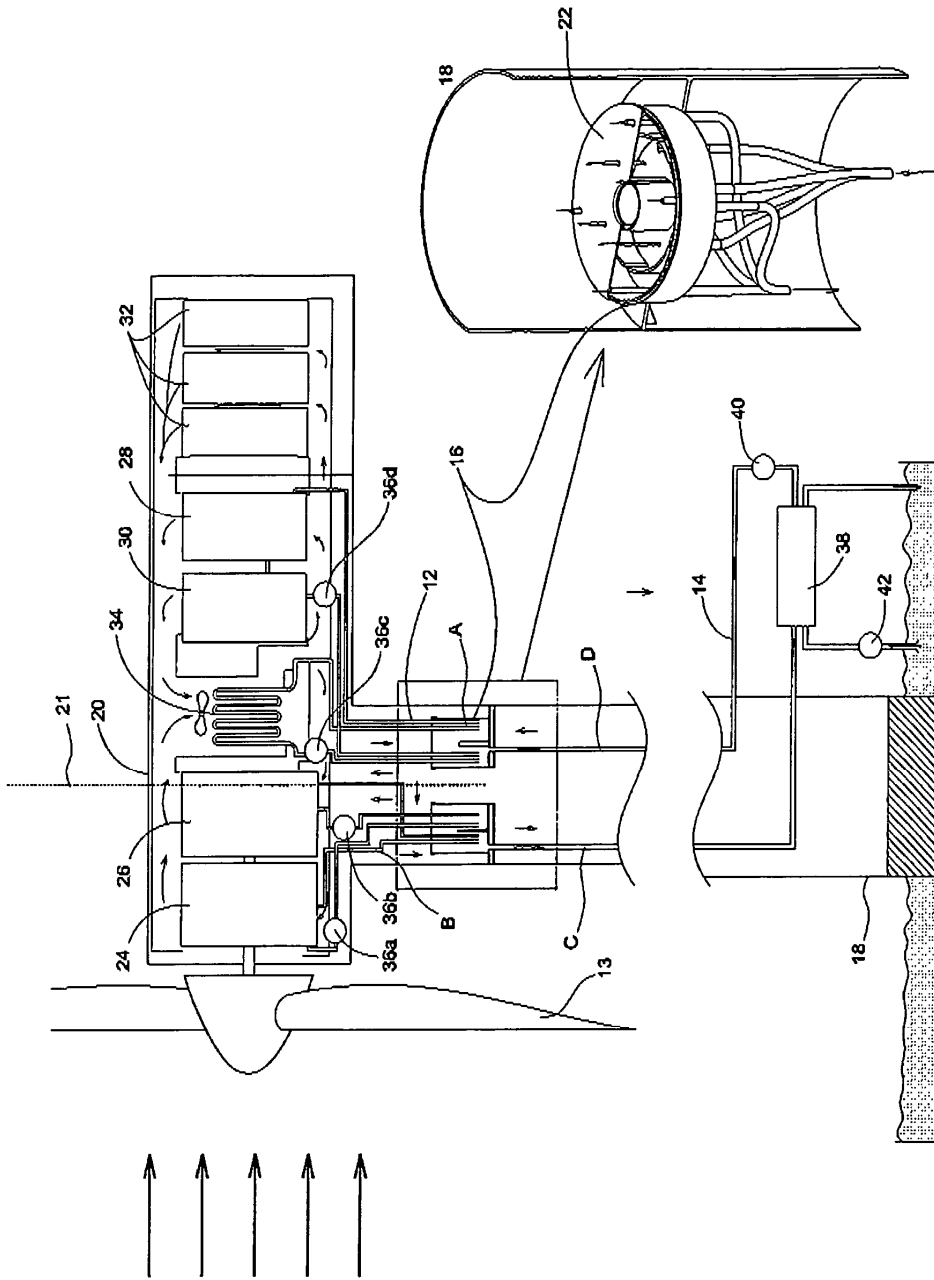


Fig. 2

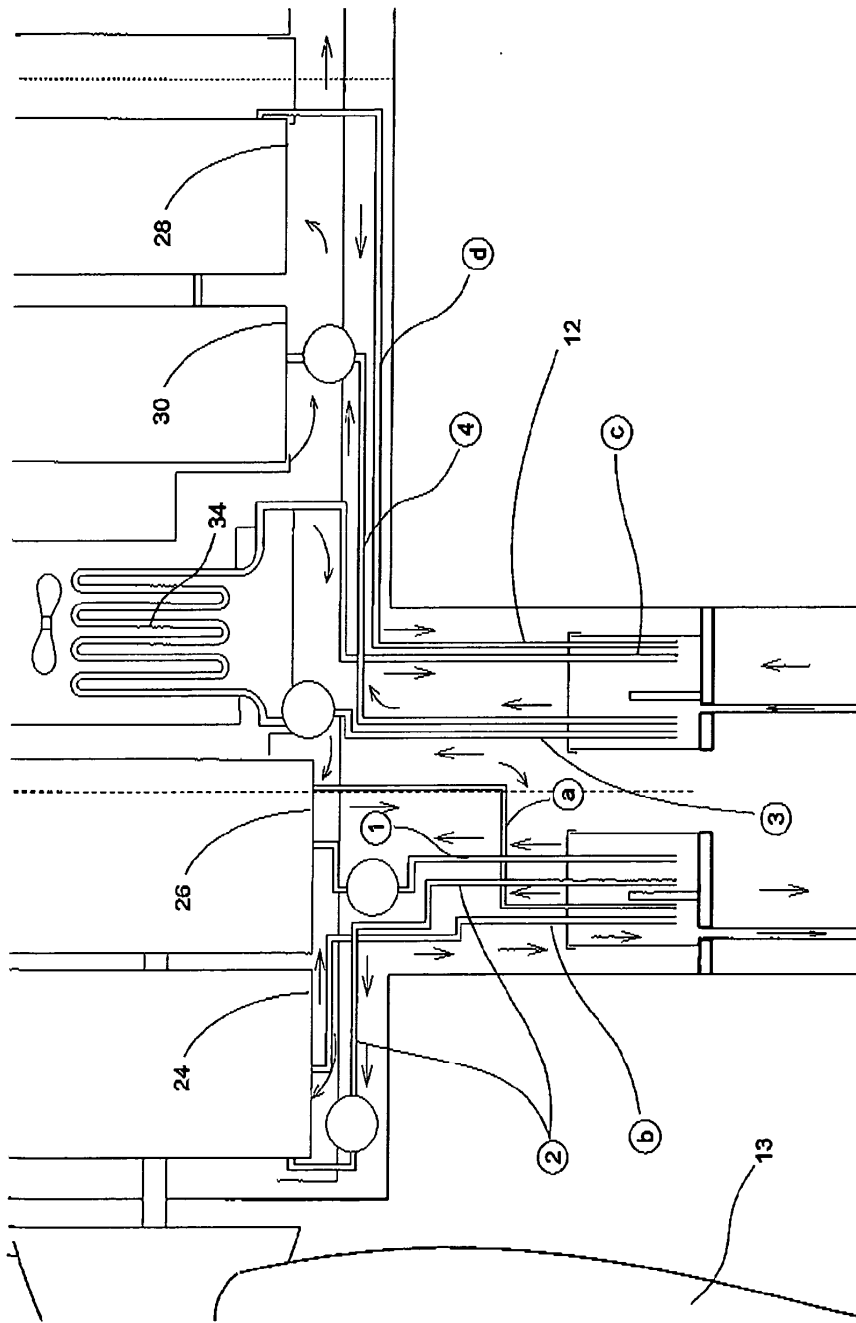


Fig. 2a

