

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 412 272**

51 Int. Cl.:

**F03D 11/00** (2006.01)

**F03D 9/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.09.2010 E 10175284 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.04.2013 EP 2426353**

54 Título: **Sistema de refrigeración para una disposición costa afuera**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**10.07.2013**

73 Titular/es:

**ABB AG (100.0%)  
Kallstadter Strasse 1  
68309 Mannheim, DE**

72 Inventor/es:

**STARK, GÜNTHER y  
HALFMANN, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

**ES 2 412 272 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 para una disposición costa afuera

5 La invención se refiere a un sistema de refrigeración para una disposición costa afuera (offshore), con un espacio interior que está delimitado por una pared de cubierta diseñada por lo menos por secciones con pared doble, en donde se puede inundar con agua por lo menos una cavidad formada por secciones entre la respectiva pared de cubierta exterior e interior, con por lo menos un circuito cerrado de refrigerante que comprende por lo menos un primer intercambiador de calor para recibir una potencia calorífica producida en el espacio interior y por lo menos un  
10 segundo intercambiador de calor para descargar la potencia calorífica recibida.

Es bien sabido que las energías renovables ocupan un papel cada vez mayor en el suministro de energía eléctrica. La energía eólica junto con la energía solar, por ejemplo, es un pilar fundamental de las energías renovables. Los parques eólicos costa afuera han demostrado ser posibilidad prometedoras para el futuro para aumentar, ventajosamente, la cuota de las energías renovables en las redes de suministro de energía.  
15

Para este fin se instala a una distancia, por ejemplo, de varios kilómetros a más de 100 kilómetros de una costa una pluralidad de turbinas de viento, en donde cada turbina de viento está dispuesta generalmente sobre un cimiento o zócalo. Dependiendo de la composición geográfica, el mar tiene una profundidad desde algunos metros hasta más de 60 m. El método de construcción del cimiento está limitado a una profundidad del agua de aproximadamente 40 m, lo que es también la profundidad máxima del agua, por ejemplo, en las regiones del Mar del Norte. Para asegurar un funcionamiento correcto de las respectivas turbinas de viento o rotores eólicos, los mismos se deben disponer a una distancia horizontal respectiva de 300 m - 1000 m.  
20

Tales parques eólicos comprenden una pluralidad de turbinas de viento individuales, por ejemplo, de 40 a más de 100, que pueden presentar, respectivamente, una potencia máxima de hasta 6,5 MW. Con el fin de poder alimentar la potencia eléctrica generada por las turbinas de viento de una manera controlada a la red colectora eléctrica, se necesita una subestación central, en donde se realiza tanto una interconexión eléctrica de las turbinas de viento individuales como una transformación a un nivel de tensión apropiado, habitualmente más elevado. También existe la posibilidad de rectificar la tensión generada mediante componentes electrónicos de potencia, para transmitir así la potencia eléctrica dentro de lo posible con pérdidas de transmisión mínimas a través de un cable submarino desde el parque eólico costa afuera hasta una estación de alimentación a la red situada en tierra.  
25  
30

Los cables submarinos son una manera muy respetuosa con el medio ambiente para transportar la potencia eléctrica a través de una sección oceánica o marina, pero los mismos presentan una capacitancia eléctrica tan alta que para la tensión alterna, dado el caso, solamente son adecuados para cubrir distancias más bien cortas. La rectificación de la tensión necesaria para un uso de los cables submarinos con pocas pérdidas se realiza a través de elementos semiconductores que sufren pérdidas y por lo tanto producen calor residual. Los componentes electrónicos de potencia también son imprescindibles para el control coordinado de la descarga recíproca de la energía eléctrica producida, respectivamente, por las turbinas de viento. Con una potencia máxima instalada de 100 MW, por ejemplo, y un porcentaje de pérdida de sólo el 1%, se puede producir así una potencia de pérdida en forma de calor residual de 1 MW y más, que se debe desviar continuamente.  
35  
40

La descarga térmica en las disposiciones costa afuera se realiza fundamentalmente a través de intercambiadores de calor hacia el aire exterior o a través de la descarga térmica hacia el agua oceánica o marina. En el último caso, esto se hace mediante la succión de agua marina fría al interior de un sistema de refrigeración de tipo tubular abierto, en donde los tubos se encuentran preferiblemente en contacto directo con los componentes a refrigerar, de modo que el agua marina durante el proceso de refrigeración recibe el calor residual a derivar y es conducida de vuelta al mar en estado calentado (véase, por ejemplo, el documento DE 10324228A).  
45  
50

Sin embargo, la desventaja de esto —especialmente en el campo de las turbinas eólicas costa afuera— es que a través de la abertura de succión se aspiran algas y otras impurezas indeseadas que pueden obstruir, bajo ciertas circunstancias, la abertura de entrada y, alrededor de la salida para el agua de refrigeración calentada, se forma incrustación o similares que debe eliminarse en una operación de mantenimiento regular. Además, el agua salada del mar es relativamente agresiva, de modo que también los tubos del sistema de refrigeración abierto necesitan una configuración y un mantenimiento correspondiente.  
55

A partir de este estado de la técnica, el objetivo de la invención es proporcionar un sistema de refrigeración mejorado para una disposición costa afuera.  
60

Este objetivo se logra mediante un sistema de refrigeración para una disposición costa afuera del tipo mencionado al principio. Este está caracterizado por que el segundo intercambiador de calor está dispuesto al menos parcialmente en la por lo menos una cavidad inundable.

65 La invención asume que una subestación está dispuesta por debajo de la superficie del agua en un casco hermético al agua cerca del fondo del mar, por ejemplo, directamente sobre el fondo del mar o también hundido por lo menos

parcialmente en el mismo. Esto ofrece una pluralidad de ventajas, por ejemplo, que los cables de energía eléctrica a colocar en forma de estrella desde la subestación hasta las turbinas de viento individuales pueden llevarse directamente sobre el fondo del mar y no tienen que descenderse primero hasta el fondo del mar desde una subestación dispuesta por encima de la superficie del agua.

5 Un casco semejante presenta preferiblemente varias cavidades inundables que están diseñadas de tal manera que el casco puede ser llevado flotando hacia el sitio de operación con la subestación premontada con cavidades o tanques de lastre no inundados. Una vez allí, se inundan las cavidades o los tanques de lastre, de modo que el casco se hunde sobre el fondo del mar, en donde entonces es anclado firmemente. El casco debe diseñarse  
10 preferiblemente por completo con paredes dobles para realizar así también mayor seguridad contra un daño de una pared de cubierta. Las cavidades formadas entre las paredes de la pared doble pueden realizarse de manera conveniente como tanques de lastre.

15 La idea básica de la invención consiste ahora en utilizar, en lugar de un circuito de refrigeración abierto, un circuito de refrigeración secundario cerrado y disponer el segundo intercambiador de calor que debe descargar el calor residual al entorno más frío, no en el agua abierta, sino en un tanque de lastre o una cavidad inundable. Esto ofrece una serie de ventajas, por ejemplo, un aumento significativo de la seguridad de la tripulación de tal subestación bajo el agua, siempre que la misma se encuentre en ese momento a bordo, por ejemplo, para fines de mantenimiento. De acuerdo con la invención, una fuga en el circuito de refrigeración lleva, en el peor de los casos, solo a un drenaje del  
20 contenido de agua de un tanque de lastre inundado hacia el espacio interior del casco, mientras que el casco estaría inundado por completo en muy poco tiempo en una disposición convencional con un circuito de refrigeración abierto.

25 Ventajosamente se impide también la formación de incrustación o incluso, por ejemplo, de bancos de mejillones, por ejemplo, en el forro exterior de la estación del casco, porque no existe ningún sitio central en absoluto para la salida del agua de refrigeración calentada que favorecería esto. Además, se reduce significativamente el riesgo de corrosión de los tubos del sistema de refrigeración, debido a que el agua presente en las cavidades o tanques de lastre inundados por lo general no se intercambia. Por lo tanto, no se suministra continuamente agua fresca rica en oxígeno, de modo que el agua en las cavidades tiene sólo una cantidad limitada de sustancias agresivas. Además, el sistema de refrigeración secundario cerrado puede llenarse con un refrigerante o agente frigorífico particularmente  
30 apropiado, por lo que se puede incrementar la potencia frigorífica. Ventajosamente se evita también el flujo de agua marina agresiva a través de los tubos del sistema de refrigeración.

35 Sin embargo, debido a la gran superficie de contacto que tienen los tanques de lastre o las cavidades inundables a través de la pared de cubierta exterior con el agua marina o el fondo del mar, hacia donde se va a descargar finalmente el calor, se garantiza una buena disipación del calor. Un casco presenta –según el diseño– una superficie de base de algunos 100 m<sup>2</sup> y en esta área amplia tiene una altura, por ejemplo, de 10 m - 20 m, lo que resulta en una superficie correspondientemente alta de las paredes laterales.

40 En una configuración preferida del sistema de refrigeración de acuerdo con la invención, el primer intercambiador de calor está previsto para recibir una potencia calorífica residual de una subestación dispuesta en el espacio interior. Esto significa en particular que, de ser necesario, se produce una ramificación del circuito de refrigeración hacia los componentes generadores de calor residual, es decir, por ejemplo, hacia los componentes electrónicos de potencia existentes, sin embargo, también transformadores, reactores y generadores diesel. De esta manera se incrementa ventajosamente el efecto de refrigeración. Sin embargo, también puede ser útil prever varios sistemas de  
45 refrigeración diferentes, a fin de reducir la longitud de tubo necesaria para el circuito secundario de refrigeración. A través de varios sistemas independientes de refrigeración se puede crear también una redundancia o un exceso de redundancia, por lo que aumenta la fiabilidad a prueba de fallos. Se sobrentiende que el sistema de refrigeración de acuerdo con la invención es apropiado para todos los tipos de fuentes de calor a enfriar.

50 En una disposición preferida, la pared de cubierta es tan pronunciada que el espacio interno, sin que el mismo sea inundado, puede disponerse por lo menos en gran parte por debajo de un nivel de agua en las aguas. A fin de garantizar un fácil acceso a la subestación, así como para el reemplazo de piezas de recambio de mayor tamaño, es útil si está previsto un acceso ubicado por encima de la superficie del agua con un diámetro correspondiente, similar a la torre de un submarino. Esto ofrece la ventaja de que en las capas superiores del agua, en las que se producen  
55 particularmente olas, está presente una superficie de ataque tan reducida como sea posible, lo que en última instancia también tiene como consecuencia ventajas en cuanto al mantenimiento de la estructura o del casco. En consecuencia y de manera sobrentendida, todas las áreas de la pared de la cubierta que están sumergidas en el agua deben diseñarse correspondientemente de forma impermeable al agua, en donde también resulta muy conveniente una posibilidad de cierre en la zona por encima de la superficie del agua.

60 Preferiblemente, la por lo menos una cavidad inundable es un tanque de lastre que de todos modos debe proveerse para los fines de transporte de la estación de casco. Ventajosamente durante la instalación y el desmantelamiento del equipo no existe la necesidad de grúas para carga pesada.

65 Se puede incrementar la potencia frigorífica del sistema de refrigeración gracias a que el segundo intercambiador de calor comprende tubos intercambiadores de calor dispuestos en forma de meandro y/o helicoidal que están

5 dispuestos en la por lo menos una cavidad inundable. Por ello se aumenta, a través de una superficie de contacto ampliada, el transporte de calor desde el circuito de refrigeración cerrado secundario a la cavidad inundada. En forma análoga se incrementa el transporte de calor desde la cavidad inundada hacia el agua circundante por el hecho de que en la pared de cubierta exterior está prevista por lo menos una aleta de refrigeración que se proyecta hacia dentro de la por lo menos una cavidad inundable.

10 El sistema de refrigeración, de acuerdo con la invención, puede estar configurado de tal manera que el segundo intercambiador de calor está dispuesto con un desplazamiento vertical por encima del primer intercambiador de calor. En este caso, con un aumento de la temperatura en el espacio interior en comparación con el agua en la por lo menos una cavidad inundada se produce una circulación natural del refrigerante, porque el refrigerante calentado que fluye desde el primer intercambiador de calor presenta una densidad menor que el refrigerante enfriado que fluye desde el segundo intercambiador de calor. Ventajosamente, en este caso se puede omitir una bomba.

15 Otras posibilidades ventajosas de configuración se pueden obtener de las otras reivindicaciones dependientes.

Haciendo referencia a los ejemplos de realización representados en los dibujos se describirá en detalle la invención, otras formas de realización y otras ventajas.

Muestran:

20 la Fig. 1 una estructura esquemática de un ejemplo de un sistema de refrigeración y  
la Fig. 2 una vista en sección a través de una disposición costa afuera con un sistema de refrigeración.

25 La figura 1 muestra una estructura esquemática 10 de un ejemplo de un sistema de refrigeración. Un espacio interior 12 está rodeado por una pared de cubierta que en la zona derecha de la imagen está realizada con pared doble, es decir, por una pared de cubierta interior 14 y una pared de cubierta exterior 16. La cavidad 18 formada entre la pared de cubierta interior 14 y la exterior 16 está sellada herméticamente en sus regiones superior e inferior por paredes de delimitación correspondientes, en donde, sin embargo, están previstos medios no mostrados en el dibujo para la inundación y el vaciado de la cavidad 18. La provisión de una pluralidad de cavidades selladas herméticamente entre sí facilita el manejo durante el transporte flotante. Además, se incrementa adicionalmente la seguridad.

30 El sistema de refrigeración completo 10 se debe asumir como rodeado de agua, en donde la cavidad interna 18 también está inundada con agua, solamente el espacio interior 12 debe ser considerado como lleno de aire. En su centro a modo de ejemplo está prevista una subestación 32 que presenta, por ejemplo, junto con componentes de conmutación y transformadores, una pluralidad de otros componentes que generan una potencia calorífica 26 durante la operación de la subestación, por ejemplo componentes electrónicos de potencia. Esta subestación 32 calienta un primer intercambiador de calor 22 que forma parte de un circuito de refrigeración cerrado 20, por el cual se transporta la potencia calorífica por medio de un refrigerante fluido hacia el segundo intercambiador de calor 24. Preferiblemente, el primer intercambiador de calor 22 se ramifica a los sitios en la subestación en los que se produce una generación localizada de calor. En este ejemplo se proveen tubos intercambiadores de calor 34 en forma de meandro con el fin de aumentar la superficie de contacto. Como refrigerante que fluye a través del circuito de refrigeración 20, por ejemplo, el agua es una posibilidad viable, pero también es concebible el uso de refrigerantes, ya que se trata de un sistema cerrado. No se ha ilustrado una bomba que se requiere habitualmente para hacer circular el refrigerante, pero se debe considerar como existente. Sin embargo, dependiendo del dimensionado del sistema también son concebibles sistemas sin bombas que trabajan sólo a través de convección por gravedad. Para este fin, el segundo intercambiador de calor debe disponerse por encima del primer intercambiador de calor, en donde se sobreentiende que es posible un desplazamiento horizontal entre ellos.

50 El segundo intercambiador de calor 24 está dispuesto de acuerdo con la invención en la cavidad inundada 18 y emite una potencia calorífica 28 desde los tubos intercambiadores de calor 36 dispuestos en forma de meandro, a través de los cuales fluye el refrigerante calentado, hacia el agua en la cavidad 18. Esto reduce la temperatura del refrigerante, en donde después de salir del segundo intercambiador de calor 24 a través del sistema de refrigeración cerrado 20 fluye de regreso al primer intercambiador de calor 22, en donde entonces se vuelve a calentar. Ventajosamente, esto evita un flujo de agua del mar a través del primer intercambiador de calor.

55 Para mejorar la descarga 30 de la potencia calorífica 28 recibida por el agua de la cavidad inundada 18 hacia el agua del entorno se proveen aletas de refrigeración 38 proyectadas hacia dentro de la cavidad 18.

60 La figura 2 muestra una vista en sección 40 a través de una disposición costa afuera con un sistema de refrigeración que está dispuesta en unas aguas o el mar 62 sobre el fondo del mar o de las aguas 66. El contorno de un casco forma un espacio interior 42 que presenta aproximadamente la forma de un embudo invertido. La pared de cubierta del casco está configurada con pared doble, como se indica con las referencias 44, 46, 48, en donde están formadas varias cavidades inundables 50, 52 que en este ejemplo también deben asumirse como realmente inundadas. Con cavidades o cámaras de lastre 50, 52 no inundadas, el casco es capaz de flotar y puede ser llevado fácilmente a otro lugar de destino, mientras que las cavidades 50, 52 siempre están inundadas en el estado anclado del casco como se ilustra en la figura, sobre el fondo del mar o de las aguas 66. En la parte superior está indicada una cavidad no

inundable 60. En esta sección, la configuración de paredes dobles sirve solamente para aumentar la seguridad contra daños desde el exterior, por ejemplo contra una colisión con un barco.

5 Está indicado un sistema de refrigeración cerrado 54 que comprende un primer intercambiador de calor 56 dispuesto en el espacio interior 42 y un segundo intercambiador de calor dispuesto en la primera cavidad inundada 50. El principio de funcionamiento del sistema de refrigeración ya se ha explicado anteriormente. El espacio interior 42 presenta inicialmente cerca del fondo del mar 66 una región con varios espacios formados por paredes intermedias y techos falsos 68, por ejemplo para la disposición de una subestación no ilustrada o también para los alojamientos de la tripulación. La región superior, claramente estrechada, se extiende por encima de la superficie del agua 64 y sirve de acceso a la subestación sumergida en el agua.

Lista de referencias

10	Estructura esquemática de un ejemplo de un sistema de refrigeración
15	12 Espacio interior
	14 Pared de cubierta interior
20	16 Pared de cubierta exterior
	18 Cavidad inundable
	20 Circuito de refrigerante cerrado
25	22 Primer intercambiador de calor
	24 Segundo intercambiador de calor
30	26 Potencia calorífica producida en el espacio interior
	28 Potencia calorífica descargada en la primera cavidad
	30 Potencia calorífica descargada al entorno
35	32 Subestación dispuesta en el espacio interior
	34 Tubos intercambiadores de calor en forma de meandro
40	36 Tubos intercambiadores de calor dispuestos helicoidalmente
	38 Aletas de refrigeración proyectadas hacia dentro de la cavidad
45	40 Vista en sección a través de una disposición costa afuera con un sistema de refrigeración
	42 Espacio interior
	44 Pared de cubierta
50	46 Pared de cubierta interior
	48 Pared de cubierta exterior
	50 Primera cavidad inundable
55	52 Segunda cavidad inundable
	54 Sistema de refrigeración cerrado
60	56 Primer intercambiador de calor
	58 Segundo intercambiador de calor
	60 Cavidad no inundable
65	62 Aguas

64	Nivel del agua
66	Fondo de las aguas
5 68	Paredes intermedias / techos falsos

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Sistema de refrigeración para una disposición costa afuera (40), con un espacio interior (12, 42) que está delimitado por una pared de cubierta (14, 16, 44, 46, 48) diseñada por lo menos por secciones con pared doble, en donde se puede inundar con agua por lo menos una cavidad (18, 50, 52) formada por secciones entre la respectiva pared de cubierta exterior (16, 48) e interior (14, 46), con por lo menos un circuito cerrado de refrigerante (20, 54) que comprende por lo menos un primer intercambiador de calor (22, 56) para recibir una potencia calorífica (26) producida en el espacio interior (12, 42) y por lo menos un segundo intercambiador de calor (24, 58) para descargar la potencia calorífica recibida (28), **caracterizado por que** el segundo intercambiador de calor (24, 58) está  
10 dispuesto al menos parcialmente en la por lo menos una cavidad inundable (18, 50, 52).
- 15 2. Sistema de refrigeración de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el primer intercambiador de calor (22, 56) está previsto para recibir una potencia calorífica residual (26) de una subestación (32) dispuesta en el espacio interior (12, 42).
- 20 3. Sistema de refrigeración de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** la pared de cubierta (14, 16, 44, 46, 48) es tan pronunciada que el espacio interior (12, 42), sin que el mismo sea inundado, puede disponerse por lo menos en gran parte por debajo de un nivel de agua (64) en unas aguas (62).
- 25 4. Sistema de refrigeración de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** la por lo menos una cavidad inundable (18, 50, 52) es un tanque de lastre.
5. Sistema de refrigeración de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** el segundo intercambiador de calor (24, 58) comprende tubos intercambiadores de calor dispuestos en forma de meandro (36) y/o helicoidal que están dispuestos en la por lo menos una cavidad inundable (18, 50, 52).
- 30 6. Sistema de refrigeración de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** en la pared de cubierta exterior (16, 48) está provista por lo menos una aleta de refrigeración (38) que se proyecta hacia dentro de la por lo menos una cavidad inundable (18, 50, 52).
- 35 7. Sistema de refrigeración de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** el segundo intercambiador de calor (24, 58) está dispuesto con un desplazamiento vertical por encima del primer intercambiador de calor (24, 58), de modo que se produce una circulación natural del refrigerante.
8. Sistema de refrigeración de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** el mismo está dispuesto en gran parte por debajo de un nivel de agua (64) en unas aguas (62) y la por lo menos una cavidad inundable (18, 50, 52) está inundada con agua.

