



①9



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①1 Número de publicación: **2 271 161**

⑤1 Int. Cl.:
B64D 13/06 (2006.01)
F25B 9/00 (2006.01)

①2

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑧6 Número de solicitud europea: **02016706 .0**
⑧6 Fecha de presentación : **25.07.2002**
⑧7 Número de publicación de la solicitud: **1279594**
⑧7 Fecha de publicación de la solicitud: **29.01.2003**

⑤4 Título: **Sistema de refrigeración por aire ciclado.**

③0 Prioridad: **27.07.2001 GB 0118292**

④5 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.04.2007

④5 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.04.2007

⑦3 Titular/es:
Honeywell Normalair-Garrett (Holdings) Limited
Westland Works
Yeovil, Somerset BA20 2YD, GB

⑦2 Inventor/es: **Clarke, John Alistair y**
Sampson, Bernard Francis

⑦4 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 271 161 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 por aire ciclado.

Descripción de la invención

La presente invención se relaciona con un sistema de refrigeración por aire ciclado y más particular, pero no exclusivamente, con un sistema de refrigeración por aire ciclado para uso en el enfriamiento de una carga de calor tal como la producida en una nave aérea por la operación de equipo aeronáutico y/o equipo de radar u otros aparatos operados eléctricamente, y/o carga de calor producida en una cubierta tripulación, i.e. para aire acondicionado.

El aire acondicionado por aire ciclado es ampliamente utilizado en las aeronaves con el fin de proveer aire acondicionado al tiempo que se aprovecha el suministro de aire presurizado originado en los motores de la nave y que se conoce como aire de sangrado. Sin embargo en las modernas naves de alta eficiencia, por ejemplo, los motores se diseñan para que sean cada vez más eficientes en el consumo de combustible y como consecuencia se dispone de un menor suministro de aire de sangrado para sistemas auxiliares como uno de refrigeración por aire ciclado. Por consiguiente, en tal sistema de refrigeración por aire ciclado existe un requerimiento de reducir la dependencia en el aire de sangrado del motor como fuente de aire presurizado.

En EP-A-0940336 está descrito un sistema de refrigeración de aire por bucle abierto en el cual el aire ambiental es primero comprimido y luego enfriado en un intercambiador de calor antes de ser nuevamente expandido y enfriado sobre una turbina y utilizado para enfriar un refrigerante. El aire expandido se usa como refrigerante en el intercambiador de calor.

De acuerdo a un primer aspecto de la invención, proveemos un sistema de refrigeración de aire ciclado para enfriar una primera carga de calor y una segunda carga de calor de acuerdo a la reivindicación 1.

Utilizando un sistema de refrigeración por aire ciclado de acuerdo a la invención, para el enfriamiento de las cargas primera y segunda de calor en una nave aérea, la dependencia del aire de sangrado de los motores como fuente de aire presurizado puede ser reducida, a la vez que se puede proveer un sistema de energía simple pero a la vez efectivo y eficiente.

El compresor puede incluir primer y segundo escalón, cada escalón del compresor incluye una rueda, y el intercambiador de calor primario puede ser posicionado entre el primer y segundo escalón del compresor de tal manera que el aire de la primera carga que es enfriado por el aire de la segunda carga de calor sea pre-comprimido por el primer escalón del compresor.

En un diseño, las ruedas del compresor son movidas por un motor eléctrico común y así las ruedas del compresor pueden montarse en un eje transmisor común. En otro diseño, se pueden proveer motores eléctricos individuales que muevan las ruedas del primer y segundo escalón del compresor.

El sistema puede incluir un ventilador que ayude en el enfriamiento del aire presurizado antes de alimentarlo al aparato de expansión.

Para mejorar aún más la eficiencia del sistema de la invención, la energía recuperada del suministro de aire presurizado en el aparato de expansión puede ser utilizada para proveer energía para hacer funcionar por lo menos uno de los motores eléctricos que mueva el compresor y el ventilador. Por ejemplo, la energía

recuperada puede ser utilizada para mover un generador de poder que haga funcionar por lo menos a uno de los dos, el compresor o el ventilador.

El sistema de enfriamiento puede, en una modalidad, ser un sistema de bucle parcialmente cerrado, en el cual, al menos algo del aire que ha sido utilizado para el enfriamiento de la carga de calor, pueda ser recirculado subsecuentemente a un compresor para re-presurización. En tal disposición, se requeriría un suministro auxiliar de aire presurizado para compensar pérdidas de aire del sistema.

Tal aire presurizado auxiliar puede pre-enfriarse antes de ser mezclado con aire re-presurizado del compresor, por ejemplo en un intercambiador de calor de pre-enfriamiento en el cual el aire auxiliar pueda ser pre-refrigerado por intercambio de calor con un refrigerante que es aire. Por ejemplo, donde el sistema es provisto en una nave aérea el refrigerante puede ser aire dinámico, esto es, aire que es inducido a fluir por el intercambiador de calor gracias al movimiento de la nave a través del aire, y/o aire a temperatura ambiente.

En una aeronave tal suministro de aire presurizado puede ser aire de sangrado del motor. Sin embargo, solo una cantidad relativamente pequeña de aire de sangrado se requeriría para tales propósitos de compensar pérdidas y, en consecuencia, el requerimiento de reducir la dependencia del aire de sangrado como fuente de aire presurizado puede aún ser satisfecha.

Ya sea que el suministro de aire presurizado auxiliar sea aire de sangrado del motor u otra fuente de aire presurizado, preferiblemente el aire auxiliar y el aire reciclado re-presurizado del compresor son mezclados y enfriados antes de la expansión y refrigerados en el aparato de expansión, por ejemplo, enfriando el aire reciclado y auxiliar en un intercambiador de calor secundario. El calor en el aire auxiliar y en el aire reciclado puede ser intercambiado con un refrigerante en el intercambiador de calor secundario, tal refrigerante incluye aire, por ejemplo aire dinámico y/o aire a temperatura ambiente. El aire refrigerante puede ser inducido a fluir a través del intercambiador de calor secundario mediante el ventilador donde sea operativo o donde el sistema sea en una aeronave, mediante el movimiento de la nave a través del aire.

La invención ha sido desarrollada en particular pero no exclusivamente para proveer enfriamiento de primera y segunda cargas de calor en una aeronave. Así la carga de calor puede incluir primera carga de calor producida, por ejemplo, por un aparato operado eléctricamente tal como equipo aeronáutico y/o equipo de radar en una aeronave y una segunda carga de calor producida en una cubierta de cabina o de pasajeros.

Donde la carga de calor incluye una carga de calor producida en una cubierta de tripulación o de pasajeros, se puede dar disponibilidad de un suministro de aire caliente a la cubierta de pasajeros o de tripulación cuando se requiere calentamiento de la cubierta, por ejemplo, aire caliente comprimido del compresor. Más aún, un separador de agua puede ser provisto para separar agua del aire expandido y enfriado en el aparato de expansión. Dicha agua puede ser utilizada para ayudar en el enfriamiento del aire presurizado antes de la expansión y enfriamiento en el aparato de expansión. Por ejemplo, esta agua puede ser rociada sobre el refrigerante de aire en el intercambiador de calor secundario en el caso de que lo haya para mejo-

rar la eficiencia de refrigeración en el intercambiador de calor secundario.

El compresor puede ser operado eléctricamente mediante un motor, y el sistema puede incluir adicionalmente al menos un ventilador para ayudar en el enfriamiento del aire presurizado antes de alimentar el aire presurizado al aparato de expansión, y un generador de poder para generar energía para ayudar en la operación del compresor o de un ventilador, el ventilador y/o generador de energía siendo alimentados por energía recuperada del suministro de aire presurizado en el aparato de expansión.

A continuación se describirán modalidades de la invención con referencia a los dibujos anexos en los cuales:

La Figura 1 es una vista esquemática de una primera modalidad de un sistema de refrigeración por aire ciclado de acuerdo al primer aspecto de la invención; y

La Figura 1A es una vista ilustrativa de parte del aparato de la Figura 1 pero modificado;

La Figura 2 es una vista esquemática de una primera modalidad de un sistema de refrigeración por aire ciclado de acuerdo al tercer aspecto de la invención;

La Figura 2A es una vista ilustrativa de parte del aparato de la Figura 1 o Figura 2 pero modificada.

Haciendo referencia primero a la figura 1, se muestra esquemáticamente un sistema de refrigeración por aire ciclado 10 de acuerdo con la invención. El sistema 10 es para uso en una aeronave, para enfriamiento de una carga de calor que incluye una primera carga de calor 11 que es la producida por la operación de aparatos eléctricos tales como equipos aeronáuticos y/o de radar solo como ejemplo, los cuales generan substancial calor cuando están en operación, y una segunda carga de calor 12 que es la producida en una cubierta de tripulación y/o de pasajeros en la aeronave.

El equipo aeronáutico/radar puede estar contenido en un pod u otra cubierta 11 a la cual se le suministra aire refrigerante con el fin de enfriar el equipo, y el aire refrigerante puede ser suministrado a la cubierta de tripulación 12 por el sistema 10 en uso para mantener fría la tripulación. También, como se describe adelante, hay un suministro de aire caliente que puede estar disponible para la cubierta de la tripulación 12, y así la temperatura en la cubierta de la tripulación puede mantenerse dentro de los límites aceptables en condiciones de ambiente caliente o frío.

En este ejemplo, el sistema 10 es un sistema parcialmente cerrado en cuanto que al menos parte del aire usado para enfriamiento es aire reciclado por el sistema. El aire que ha sido utilizado para refrigeración de al menos el equipo aeronáutico/radar 11 es alimentado a un compresor 14. El compresor 14 es un compresor de dos escalones, cada escalón incluye una rueda 15 ó 16 movida, cada una, por un motor eléctrico 15a, 16a. Los motores eléctricos 15a y 16a pueden ser de la misma o diferente capacidad según se requiera para permitir alcanzar un nivel requerido de presurización por los respectivos escalones.

El aire que es comprimido por la rueda del compresor 15 en el primer escalón del compresor ganará calor como resultado de ser comprimido y en esta modalidad es enfriado antes de ser alimentado al segundo escalón del compresor para compresión adicional por la segunda rueda 16 del compresor.

Este enfriamiento entre el primer y segundo escalón del compresor se logra en un intercambiador de calor primario 18 donde el calor en el aire comprimido es intercambiado a un refrigerante, que en este ejemplo, es aire que ha sido utilizado para refrigerar la carga de calor de la cubierta de la tripulación 12. Se apreciará que el aire que ha sido utilizado para refrigeración de la cubierta de la tripulación 12 puede ser substancialmente más frío que el aire que ha sido usado para refrigerar el equipo aeronáutico/radar 11 y luego comprimido en el primer escalón del compresor, al menos usualmente. En otro ejemplo, o al menos bajo condiciones de operación, el aire que ha sido usado para refrigerar el equipo aeronáutico/radar 11 puede ser más frío que el aire de refrigeración de la cubierta de la tripulación. Así, como se describe en mayor detalle más adelante, una válvula de cambio de régimen 79 puede ser incluida para reversar los flujos de aire del equipo 11 y cubierta 12, de tal manera que en el evento de que el aire de la cubierta 12 sea más caliente que el aire del equipo 11, el aire del equipo pueda ser usado como refrigerante en el intercambiador de calor 18 para enfriar el aire de la cubierta 12. En otro ejemplo, una proporción de uno o ambos flujos de aire de las respectivas cargas de calor 11 y 12 pueden ser usados para refrigerar el resto, o al menos una proporción del aire remanente de las cargas térmicas 11 y 12.

El intercambiador de calor primario 18 puede ser, un tan llamado, intercambiador de calor de flujo cruzado tal como se dibuja, o cualquier otro intercambiador de calor que permita al calor ser intercambiado al refrigerante. Luego de ser usado como refrigerante en el intercambiador de calor primario 18, el aire que ha sido utilizado para enfriar la primera carga de calor 11 i.e. el equipo aeronáutico y radar, es agotado en este sistema ejemplo parcialmente cerrado, tal como se indica en 19.

El aire comprimido, ahora frío, es entonces alimentado desde el intercambiador de calor primario 18 a la segunda rueda 16 del segundo escalón del compresor 14 para compresión adicional. Dicha compresión adicional nuevamente va a resultar en calentamiento del aire.

Por virtud del aire refrigerante que es agotado en el escape 19 luego de pasar a través del intercambiador de calor primario 18 parte del aire se pierde del sistema 10. Para compensar esta pérdida de aire hay provisto un suministro auxiliar de aire presurizado 20. Cuando la aeronave está en vuelo y su(s) motor(es) está(n) operando normalmente, aire de alta presión puede sangrar desde el motor para proveer el suministro adicional como se indica en el gráfico en 21. Cuando la aeronave está en tierra con su(s) motor(se) detenidos, un suministro auxiliar de aire presurizado puede ser provisto mediante una unidad de poder basada en tierra como se indica en 22 en los dibujos.

Particularmente en el caso de que el aire auxiliar presurizado sea aire sangrado del motor, este suministro puede estar caliente y requerir entonces un preenfriamiento antes de ser introducido al sistema de refrigeración 10. Esto se puede lograr usando un intercambiador de calor de pre-refrigerante 25 en el cual el aire caliente puede intercambiar calor con un refrigerante que en este ejemplo es aire dinámico, es decir, aire que ha sido forzado a través de un intercambiador de calor pre-refrigerante 25 debido al movimiento de la nave a través del aire. Nuevamente el intercam-

biador de calor pre-refrigerante 25 puede ser de flujo cruzado o de otro tipo.

Cuando la aeronave está en tierra y no hay disponibilidad de aire dinámico, la unidad de base en tierra 22 puede suministrar aire auxiliar que es lo suficientemente frío para ser introducido al sistema 10.

El aire caliente reciclado del compresor 14 y el aire auxiliar del suministro 20 son mezclados y alimentados juntos a un aparato de expansión 30. Sin embargo, preferiblemente, antes de pasar al aparato de expansión 30, la mezcla de aire auxiliar y reciclado es enfriada, por ejemplo pasando a través de un intercambiador de calor secundario 32 donde nuevamente el calor puede ser intercambiado con un refrigerante, que en el presente ejemplo es nuevamente aire dinámico o aire a temperatura ambiente.

Como se indica en las líneas punteadas, si se desea, el intercambiador de calor primario 18 entre el primer y segundo escalón del compresor, puede estar localizado adyacente al intercambiador de calor secundario 32 de tal manera que el refrigerante para el intercambiador de calor primario 18 sea aire dinámico, en lugar de o adicional a, aire que ha sido utilizado para enfriar la cubierta de la tripulación 12. Así la modalidad de la figura 1 puede ser adaptada donde la carga de calor que va a ser refrigerada por el sistema 10 no incluye una cubierta de tripulación 12 o donde no es deseable usar el aire que ha sido empleado para refrigerar la cubierta de la tripulación 12 como refrigerante en el intercambiador de calor primario 18.

En cualquier evento, si se desea, el intercambiador de calor 18 puede incluir dos o más escalones en paralelo o en serie, por ejemplo, un escalón posicionado como se indica por líneas completas en los dibujos y el otro como se indica, también en el dibujo, por las líneas punteadas, o en otro sitio si se desea.

Para ayudar en la refrigeración de la mezcla de aire reciclada y auxiliar en el segundo intercambiador de calor 32, se puede rociar agua en el aire dinámico tal como se indica como 33, siendo el suministro de agua obtenido como se indicará después, y también para ayudar con la refrigeración, particularmente a bajas velocidades de aire o cuando la aeronave esté en tierra, se utiliza un ventilador 35 para inducir el aire dinámico a través del intercambiador de calor secundario 32 (y el intercambiador de calor primario 18 si está posicionado como se indica mediante las líneas punteadas en el flujo de aire dinámico).

El aire que ha sido refrigerado en el intercambiador de calor secundario 32 estará aún tibio. El aire tibio del intercambiador de calor secundario 32 es entonces alimentado al aparato de expansión 30 que incluye una turbina de expansión 38. Allí el aire es substancialmente enfriado y puede ser utilizado para refrigeración como se describe más adelante.

En el ejemplo mostrado en la figura 1, el ventilador 35 para inducción del aire dinámico a través del intercambiador de calor secundario 32, para que ayude así a la refrigeración, está montado sobre un eje 39 movido mecánicamente por la energía recuperada del aire comprimido a medida que el aire comprimido se expande sobre la turbina 38. La turbina 38 y el ventilador 35 pueden ser montados en un eje común 39, aunque preferiblemente se provee un embrague para permitir desconectar el ventilador 35. Sin embargo cualquier otro dispositivo de transmisión que permita a la turbina 38 mover mecánicamente al ventilador 35 puede proveerse.

Adicional o alternatively a hacer funcionar un ventilador 35, la energía recuperada del aire comprimido caliente, a medida que este se expande y enfría, puede por el contrario ser usado, por ejemplo para mover un generador eléctrico 34 como se indica esquemáticamente en la figura 1 en líneas punteadas, y como se muestra más claramente en la figura 1a. La electricidad generada puede ser almacenada por ejemplo en una batería, o utilizada inmediatamente como una fuente para asistir en el movimiento del motor o motores eléctricos 15^a y 16a del compresor 14, o para cualquier otro propósito que requiera de un suministro de energía eléctrica. Si se desea, en lugar de una conexión mecánica entre la turbina 38 y el ventilador 35, la turbina 38 puede mover el generador 34 que puede entonces proveer un suministro de energía eléctrica a un motor 35a para el funcionamiento del ventilador 35, como se indica en la figura 1a.

Se contempla que en el primer modo de operación, por ej., cuando la aeronave está en tierra o al menos a bajas velocidades tales que la operación del ventilador 35 es deseable para inducir aire dinámico a través del intercambiador de calor secundario 32, un embrague mecánico o eléctrico puede ser operado para permitir al ventilador 35 ser movido mecánicamente o por el motor 35a. A mayores velocidades del aire, cuando es innecesario inducir el aire dinámico a fluir con la ayuda del ventilador 35, el embrague puede ser desconectado, y el generador 34 conectado o la salida eléctrica del generador 34 desviada del motor del ventilador 35a, para ayudar en potenciar al motor o motores 15a, 16a del compresor 14, en un segundo modo de operación.

Si se desea, particularmente donde el intercambiador de calor secundario 32 es eficiente refrigerando, el agua puede separarse del aire. Así, si es necesario, se puede proveer un separador de agua a alta presión 40 entre el intercambiador de calor secundario 18 y el aparato de expansión 30, y la así separada agua puede ser utilizada para ser rociada sobre la corriente de aire dinámico en 33 para ayudar en la refrigeración en el intercambiador de calor secundario 32.

Se puede proveer una válvula de control de temperatura de tres vías 41 que se puede controlar a través de un controlador 75 (descrito en más detalle más adelante) dependiente, por ejemplo, de la temperatura del aire refrigerado y expandido registrada por ej., mediante un sensor de temperatura, tal como se indica en 43, a lo largo del flujo en el aparato de expansión 30. La válvula de tres vías 41 puede permitir el mezclado del aire frío del aparato de expansión 30, con una proporción de aire caliente tomada corriente arriba del flujo del intercambiador de calor secundario 32 alimentado por un bucle de alternancia 36, y una proporción de aire tibio del intercambiador de calor secundario 32 vía un bucle de alternancia adicional 42, con el fin de lograr una temperatura deseada para la refrigeración del aire, independientemente de las condiciones prevalecientes.

El aire refrigerado y expandido del aparato de expansión 30, más cualquier aire del de alternancia, puede ser usado para cualquier propósito de refrigeración. Como se indica en la figura 1, un líquido, tal como aceite hidráulico, puede ser enfriado en un intercambiador de calor de carga líquida 45 donde al menos una porción del aire de refrigeración puede hacer contacto térmico con el aceite para remover calor del aceite, pero cualquier otro líquido o fluido de cual-

quier sistema aeronáutico puede ser refrigerado, como por ejemplo una mezcla de glicol/agua que puede ser usada para refrigeración suplementaria de cualquier aparato operado por electricidad.

Cualquier agua separada del aire en el aparato de expansión 30 puede ser removida mediante un separador de agua a baja presión como se indica en 47, y dicha agua removida puede ser usada nuevamente para rociar en 33 el aire dinámico que fluye a través del intercambiador de calor secundario 32.

El aire de refrigeración puede ser utilizado entonces para su propósito primario en la refrigeración de equipo aeronáutico/radar 11 y de la cubierta de la tripulación 12, antes de ser reciclado, al menos en parte, como se describió anteriormente.

Las que siguen son características adicionales del sistema.

Válvulas de una vía 50 y 51 son provistas para prevenir el contraflujo del aire auxiliar desde el sistema 10 hacia el suministro de aire auxiliar del motor 21 de la unidad de suministro de poder basada en tierra 22 respectivamente.

Para hacer disponible a la cubierta de la tripulación 12 un suministro de aire caliente que pueda ser mezclado con aire frío según se necesite para alcanzar una temperatura deseada en la cubierta de tripulación 12, se provee un bucle de retroalimentación 49 para una proporción de aire caliente del compresor 14 a una entrada 55 a la cubierta de tripulación. Una válvula de control de temperatura 56 puede ser provista para controlar la cantidad de aire caliente que va a ser introducido a la entrada 55, dependiendo de la respuesta del sensor de temperatura de la cubierta de tripulación 58. Igualmente, para mantener la presión de la cubierta de tripulación 12 dentro de límites aceptables, se provee una válvula de presión de cabina 59 en una salida 60 para el aire que ha sido utilizado para enfriar la cubierta de tripulación 12 y una válvula de ecualización de presión 59a es provista en un bucle de alternancia 59b. Así, a medida que la aeronave asciende o desciende, la válvula de presión de la cabina 59 y la válvula de ecualización 59a pueden controlar el flujo de aire, hacia y fuera de la cubierta de tripulación 12 preservando de esta manera un rango de presión deseado en la cubierta 12.

En este ejemplo, un controlador 75 recibe varias señales A a D de los sensores 76, 77, 78 y 43 en el sistema y emite señales E, F y G a las válvulas 41, 79 y 80 y señales de salida X y Y a los motores 16a y 15a que hacen mover las ruedas 16 y 15. El control opera las válvulas 41, 79 y 80 y los motores 16a y 15a según un algoritmo acorde a las condiciones prevalentes tales como altura de la nave y temperatura ambiente.

Así una proporción deseada de aire caliente puede conducirse mediante alternancia a la turbina de expansión 38 abriendo una válvula alternancia 41 como se describió anteriormente, para alcanzar unas condiciones deseadas de temperatura/presión del aire de refrigeración para alimentar a las cargas de calor 11 y 12.

Los flujos de aire de las dos cargas de calor 11 y 12 pueden ser intercambiadas o mezcladas de tal manera que un flujo de aire deseado, a una temperatura deseada, pueda ser provisto para uso como refrigerante en el intercambiador de calor primario mientras que, por ejemplo, se mantenga la temperatura del aire en la cubierta de tripulación 12 dentro de límites aceptables,

mediante un control 75 que opere apropiadamente la válvula de cambio 79.

Donde el intercambiador de calor primario 18 incluye un escalón localizado en el flujo de aire dinámico como se indica con las líneas punteadas, la proporción de aire pre-comprimido alimentada a ese escalón del intercambiador de calor primario, puede ser variada por el controlador 75 que opera la válvula 80, con el fin de permitir que un suministro deseado de aire precomprimido y parcialmente refrigerado sea alimentado al segundo escalón del compresor 16. El controlador puede operar también la válvula de ecualización 59a en el bucle de alternancia 59b y recibir así una señal del sensor 58.

Para variar la cantidad de pre-compresión y compresión total del aire reciclado, los motores 15a y 16a que mueven las ruedas 15 y 16 del compresor pueden ser accionados a diferentes velocidades por el controlador 75.

Así el sistema 10 puede ser controlado en su operación para proveer condiciones estables i.e., temperatura de las dos cargas de calor 11 y 12 a lo largo de condiciones operacionales y prevalentes que varían ampliamente.

Varias modificaciones son posibles sin alejarse del objetivo de la invención. Por ejemplo, la carga de calor que va a ser refrigerada puede ser solo una, o alternativa a una primera carga de calor generada por equipo aeronáutico/radar 11 u otro aparato eléctrico y una segunda carga de calor de una cubierta de tripulación 12. Tal sistema de refrigeración puede ser usado en aeronaves no tripuladas para la refrigeración de aparatos operados por electricidad o para otros propósitos de refrigeración.

El sistema de bucle parcialmente cerrado 10 descrito hasta el momento permite la introducción en el sistema 10 de un volumen de aire fresco (auxiliar) para compensar la pérdida de aire del escape 19. Para una aeronave no tripulada, dicho aire fresco, por ej., para respirar en una cubierta de tripulación 12, no sería necesario y en consonancia el sistema 10 puede ser un sistema bucle completamente cerrado. En este caso, para proveer refrigeración para el intercambiador de calor primario 18, el intercambiador de calor necesitaría estar posicionado por ej., como se describió anteriormente, en un ducto de aire dinámico, por ej., adyacente al intercambiador de calor 32.

En lugar de ser un sistema bucle 10 cerrado o parcialmente cerrado, el sistema 10 puede ser un sistema bucle abierto, por ejemplo como se describe con referencia a las figuras 2 y 2a más adelante.

En la figura 2 las partes similares a las indicadas en la figura 1 se indican mediante los mismos numerales de referencia.

En esta modalidad, un suministro de aire ambiental 70 se introduce en el compresor 14 que, nuevamente, tiene primer y segundo escalón de compresor, cada escalón de compresor incluye una rueda 15, 16 movida por su respectivo motor 15a, 16a.

El aire es refrigerado entre el primer y segundo escalón del compresor en un intercambiador de calor primario 18, antes de ser alimentado a un intercambiador de calor secundario 32, y de aquí al aparato de expansión 30.

El refrigerante del intercambiador de calor primario 18 es nuevamente aire que ha sido empleado para enfriar la carga de calor, pero en esta modalidad de bucle abierto, todo el aire que ha sido usado para re-

frigeración es descargado, a través de un escape 19, a la atmósfera sin que nada de él sea reciclado.

En este ejemplo, se puede ver que la carga de calor incluye, en paralelo, no solo equipo aeronáutico/radar 11 y una cubierta de tripulación 12, sino también una carga de calor líquida 45a, aunque la carga de calor líquida es pre-refrigerada en un intercambiador de calor de carga de calor líquida 45 que está en serie con las otras cargas de calor 11, 12, 45a.

En la figura 2a, se muestra un compresor modificado 14, en el cual se provee un solo motor 14a para

hacer funcionar las ruedas 15 y 16 de ambos escalones del compresor, las ruedas 15 y 16 están montadas en un solo eje 14b. Nuevamente, aunque el aire que es comprimido y calentado en el primer escalón del compresor por la primera rueda 15, es enfriado en un intercambiador de calor primario 18 antes de ser comprimido adicionalmente por la segunda rueda del segundo escalón del compresor.

La modalidad con un solo motor 14a descrita con referencia a la figura 2a puede ser aplicada a la modalidad de la figura 1 si se desea.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de refrigeración por aire ciclado (10) para enfriamiento de una primera carga de calor (11) y una segunda carga de calor (12), el sistema (10) incluye un compresor (15, 16) para presurizar aire en el sistema (10) y un aparato de expansión (30) para expandir y enfriar aire para uso en refrigeración, y donde al menos una proporción del aire utilizado para refrigerar la primera carga de calor (11) es reciclada al compresor (15, 16) y al menos una proporción del aire utilizado para refrigerar la segunda carga de calor (12) se emplea como refrigerante en un intercambiador de calor primario (18) para enfriar el aire de la primera carga de calor (11) antes de que el aire de la primera carga de calor (11) sea expandido en el aparato de expansión (30) y **caracterizado** en que el aparato de expansión (30) permite al aire comprimido por el compresor (15, 16) expandirse y enfriarse para ser usado en la refrigeración de cada una de las cargas de calor primera y segunda y en que el compresor incluye escalones primero (15) y segundo (16), y el intercambiador de calor primario (18) está posicionado entre el primer y segundo escalón del compresor (15, 16) de tal manera que el aire de la primer carga de calor (11), el cual es enfriado por el aire de la segunda carga de calor (12), sea pre-comprimido por el primer escalón del compresor (15).

2. Un sistema de acuerdo a la reivindicación 1 **caracterizado** en que la energía recuperada del suministro de aire presurizado en el aparato de expansión (30) es utilizada para proveer poder para mover al menos un motor eléctrico (15a, 16a) para hacer funcionar el compresor (15, 16), o un ventilador (35) que ayude en la refrigeración del aire presurizado antes de alimentar el aire presurizado al aparato de expansión (30).

3. Un sistema acorde a cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado** en que el sistema de refrigeración (10) es un sistema bucle cerrado al menos parcialmente, en el cual al menos algo del aire que ha sido utilizado para refrigerar al menos la primera carga de calor (11) es subsecuentemente reciclado al compresor (15, 16) para re-presurización, y un suministro de aire presurizado auxiliar (20) se provee para compensar cualquier pérdida de aire del sistema (10).

4. Un sistema acorde a la reivindicación 3 **caracterizado** en que el aire presurizado auxiliar (20) es pre-refrigerado antes de ser mezclado con aire re-presurizado del compresor en un intercambiador de calor de pre-refrigeración (25), en el cual el aire auxiliar y el aire re-presurizado y reciclado del compresor (15, 16) son mezclados y refrigerados antes de la expansión y refrigeración en el aparato de expansión (30) en un intercambiador de calor secundario (32).

5. Un sistema acorde a cualquiera de las anteriores reivindicaciones **caracterizado** en que el sistema de refrigeración de aire ciclado (10) en uso, provee refrigeración a las cargas de calor primera y segunda en una aeronave.

6. Un sistema acorde a la reivindicación 5 **caracterizado** en que la primer carga de calor (11) es producida por un aparato operado eléctricamente en una aeronave y la segunda carga de calor (12) es producida en una cubierta de tripulación o de pasajeros.

7. Un sistema acorde a la reivindicación 6 **caracterizado** en que un suministro de aire caliente (49) está disponible para la cubierta de tripulación o de pasajeros (12) cuando se requiere calentar la cubierta (12), y se provee el suministro de aire caliente (49) desde el compresor (15, 16).

8. Un sistema acorde a cualquiera de las anteriores reivindicaciones **caracterizado** en que se provee un separador de agua (40) para separar agua del aire expandido y refrigerado en el aparato de expansión (30), el agua separada del aire expandido y refrigerado en el aparato de expansión (30) se emplea para ayudar a refrigerar el aire presurizado antes de la expansión y refrigeración en el aparato de expansión (30).

9. Un sistema (10) acorde a cualquiera de las anteriores reivindicaciones **caracterizado** en que el compresor (11, 12) es movido eléctricamente mediante un motor (15a, 16a), y el sistema (10) adicionalmente incluye, al menos un ventilador (35) para ayudar en la refrigeración del aire presurizado antes de alimentar el aire presurizado al aparato de expansión (30), y un generador de energía (14a) para generar energía para ayudar a mover el compresor (15, 16) o el ventilador (35), el ventilador (35) y/o el generador de energía son movidos por energía recuperada del suministro de aire presurizado en el aparato de expansión (30).



