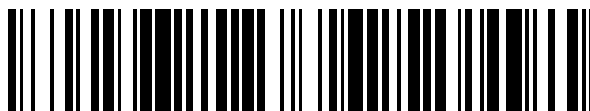


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 375 684**

51 Int. Cl.:

B64F 1/36

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08844703 .2**

96 Fecha de presentación: **24.10.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2217499**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **18.08.2010**

54 Título: **SISTEMA DE CONTROL DE AIRE ACONDICIONADO AJUSTABLE PARA UN CARRO DE EQUIPO UNIVERSAL DE SOPORTE EN TIERRA PARA AVIONES.**

30 Prioridad:
31.10.2007 US 984142 P
31.10.2007 US 984155 P
14.03.2008 US 36756 P
13.10.2008 US 250503

73 Titular/es:
**ILLINOIS TOOL WORKS INC.
3600 WEST LAKE AVENUE
GLENVIEW, IL 60026, US**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
05.03.2012

72 Inventor/es:
**MANN III, James W.;
MONTMINY, Jeffrey E.;
NEWELL, Benjamin E. y
NEWELL, Ty A.**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
05.03.2012

74 Agente: **Lehmann Novo, Isabel**

ES 2 375 684 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 control de aire acondicionado ajustable para un carro de equipo universal de soporte en tierra para aviones

Antecedentes de la invención

5 1. Campo de la invención

La presente invención se refiere, en general, al campo de los carros de equipo de soporte en tierra para aviones y, más particularmente, a un sistema de control de aire acondicionado ajustable aeronáutico para un carro de equipo de soporte en tierra para aviones.

2. Descripción de la técnica relacionada

10 Cuando un avión está en tierra con sus motores de conectados, el avión es típicamente incapaz de proporcionar potencia para sus sistemas eléctricos y aire refrigerado para sus sistemas de aire acondicionado; y algunos aviones son también incapaces de proporcionar refrigerante líquido para algunos componentes electrónicos críticos (o "aviónica"). Es habitual conectar tal avión en tierra a un sistema de equipo de soporte en tierra para aviones. Tal sistema puede tener sus componentes montados en un carro de equipo móvil que se designa como carro de equipo de soporte en tierra para aviones y que puede estar aparcado, localizado o montado de manera convenientemente próximo a un avión que requiere soporte en tierra. Tal carro contiene típicamente un acondicionador de aire que puede proporcionar aire acondicionado y refrigerado a un avión además de un convertidor de potencia eléctrica que puede transformar potencia tomada desde una red de potencia local de tensión adecuada (AC o DC) y frecuencia requerida por el avión. Tal carro de equipo de soporte en tierra para aviones puede contener también un motor diesel conectado a un generador eléctrico que permite al carro proporcionar tanto aire acondicionado como también potencia eléctrica a un avión sin conexión a la red de potencia local. Y si un avión requiere una fuente de líquido refrigerado para su electrónica, algunos carros pueden incluir también una fuente de refrigerante líquido.

En el pasado, particularmente con respecto a aviones militares, tales carros de equipo de soporte en tierra han sido diseñados habitualmente para cumplir las necesidades específicas de un tipo o clase particular individual de avión. Por lo tanto, un carro diseñado para soportar los requerimientos y necesidades específicos de un primer tipo o clase de avión no se puede utilizar para soportar los requerimientos y necesidades específicos diferentes de otros tipos o clases de aviones. Diferentes aviones pueden requerir típicamente diferentes presiones o volúmenes de aire refrigerado, cantidades diferentes de potencia eléctrica, diferentes niveles de tensión eléctrica, y diferentes frecuencias eléctricas (o corriente continua). Y diferentes aviones pueden requerir típicamente diferentes presiones y volúmenes de líquido refrigerado para uso en la refrigeración de la electrónica a bordo. De acuerdo con ello, cada aeropuerto debe estar provisto con tantos tipos diferentes de carros de equipo de soporte en tierra como tipos o clases diferentes de aviones pueden aterrizar y despegar en cada aeropuerto o base militar. Se plantean problemas cuando llegan a un lugar específico más aviones de un tipo particular que carros de equipo de soporte en tierra existen adecuadamente diseñados para satisfacer las necesidades de ese tipo o clase particular de avión.

35 Para ser más específicos, algunos aviones requieren que su equipo de soporte en tierra proporcione un caudal de aire considerablemente mayor a presiones más altas que otros aviones que tienen interiores similares. Algunos aviones requieren ajustar su potencia eléctrica a 115 voltios de corriente alterna (A. C.) que alterna, o fluye hacia delante y hacia atrás 400 veces por segundo (115 voltios, 400 Hz A. C.). Otros aviones requieren 270 voltios de corriente continua (270 voltios, D. C.) que no fluyen hacia delante y hacia atrás. Todavía otros aviones requieren una fuente de 28 voltios de corriente continua (28 voltios, D. C.). Y los aviones también difieren en la cantidad de potencia eléctrica que consumen.

Algunos aviones, particularmente aviones de caza reactores, necesitan una fuente adicional de refrigeración desde su equipo de soporte en tierra en forma de un refrigerante líquido que se aplica a los llamados sistemas de aviónica, que incluyen electrónica y sistemas de radar. Este líquido es típicamente una polialfaolefina, o PAO, refrigerante fluido o líquido de transporte de calor. Este fluido es impulsado por una bomba a través de uno o más intercambiadores de calor dentro del avión que refrigeran el líquido utilizando aire de refrigeración que está presente siempre que la propulsión de turbo ventilados del avión está en funcionamiento. El líquido refrigerado es conducido entonces a través de la aviónica.

45 Cuando un motor de avión de este tipo no está en funcionamiento, el fluido PAO debe ser refrigerado de alguna otra manera para prevenir que la aviónica se caliente en exceso. Una manera de realizar esto consiste en incluir en el equipo de soporte en tierra del avión una bomba de PAO y un mecanismo para refrigerar el fluido de transporte de calor de PAO. Una pareja de mangueras pueden conectar el sistema de fluido PAO del avión al equipo de soporte en tierra, y se establece un flujo circular entre el avión y el equipo de soporte en tierra, de manera que el fluido PAO fluye fuera de la aviónica en el avión hasta el equipo de soporte en tierra, donde la bomba impulsa el fluido a través de alguna forma de mecanismo de intercambio de calor para refrigerar el fluido, que circula entonces de retorno al avión y a la aviónica. Puesto que los requerimientos de la temperatura y la presión y el volumen del flujo de fluido de

PAO pueden variar desde un tipo o clase de avión al siguiente, el sistema de refrigeración de PAO diseñado para satisfacer las necesidades específicas de refrigeración de PAO de un avión no satisfarán necesariamente las necesidades algo diferentes de otro tipo o clase de avión.

5 Como un ejemplo de una disposición de carro de avión que proporcionar aire acondicionado y acondicionamiento eléctrico para un avión, la solicitud de patente PCT N° PCT/US2006/043312 (Intl. Pub. N° WO 2007/061622 A1 publicada el 31 de Mayo de 2007) describe un carro de soporte en tierra para aviones que tiene un diseño modular de sus componentes de acondicionamiento eléctrico. Este carro proporciona aire acondicionado y conversión de potencia eléctrica así como servicios opcionales de generación de potencia eléctrica a aviones. La figura 5 revela que el carro descrito en esta solicitud de patente puede recibir módulos intercambiables de conversión de potencia modulares. De esta manera, un módulo 72, que genera potencia A. C. trifásica de 115 voltios 400 Hz, puede ser retirado y sustituido por un módulo 78, que genera 270 voltios de potencia D. C. La figura 6 ilustra que este carro puede aceptar un módulo 92, que genera 28 voltios de potencia eléctrica D. C.

15 La figura 2 de la solicitud de patente PCT anterior ilustra una disposición típica de los componentes mecánicos de un sistema dual de aire acondicionado dentro de un carro de equipo de soporte en tierra de avión 14. Los componentes mecánicos del acondicionador de aire están distribuidos a través de toda la longitud del carro 14. Dos conjuntos de bobinas de condensador 34 están posicionadas en un extremo del carro 14; y el espesor de las bobinas 34 y su carcasa, junto con el espesor de los ventiladores de refrigeración asociados, ocupan aproximadamente una quinta parte de la longitud total del carro. Un filtro y una bobina de evaporación 30 de aguas arriba y una bobina de evaporación 40 de aguas abajo y una conexión de salida 42 (a la que se puede conectar un conducto que conduce hasta un avión) están posicionados en el otro extremo del carro 14, ocupando algo menos que una quinta parte de la longitud total del carro. Un ventilador de soplante 32, una cámara de sobrepresión de descarga 38 y dos compresores 36 se muestran posicionados en la porción central del carro 14. Estos componentes mecánicos del sistema de aire acondicionado no están confinados dentro de un módulo rectangular dentro de una porción del volumen del carro 14 – estos componentes están distribuidos a través de todo el carro 14 y, por lo tanto, no pueden ser retirados de manera conveniente fuera del carro para servicio técnico o para uso fuera del carro 14. Otros componentes del carro, tales como un motor diesel 54 y un generador 56 (mostrados en la figura 4 de la solicitud PCT) y una unidad de conversión de potencia eléctrica 72 (mostrada en la figura 5 de la solicitud PCT) están colocados apretados entre los componentes de aire acondicionado, donde existe espacio. Esta intermezcla de compones no de aire acondicionado con componentes de aire acondicionado complica en gran medida el servicio técnico de todos los componentes, puesto que todos están amontonados en el mismo espacio apretado. Un operador de servicio que trabaja en los compresores o soplantes de aire acondicionado puede encontrar que el motor diesel 54 y el generador 56 están en la vía de acceso a estos componentes, por ejemplo.

35 Los sistemas de aire acondicionado de dicho sistema de equipo de soporte en tierra convencional están diseñados también para proporcionar un volumen particular de aire refrigerado a una temperatura y presión particulares a un tipo o clase particular de avión. Si tal sistema tiene su aire de refrigeración conducido a algún otro tipo o clase de avión, circulará aire excesivo o escaso desde el sistema de aire acondicionado y esto romperá el equilibrio del sistema de aire acondicionado, provocando que el aire sea refrigerado en una medida excesiva o escasa y provocando posiblemente la formación de hielo en los evaporadores internos o causando daños en el avión. Y la presión y la temperatura proporcionadas pueden no ser adecuadas para algún otro tipo o clase de avión. De la misma manera, los sistemas eléctricos pueden no ser capaces de satisfacer las necesidades de diferentes tipos o clases de aviones, y el sistema de refrigeración líquido PAO puede no estar adecuadamente equilibrado cuando se utiliza para refrigerar la aviónica de diferentes tipos o clases de aviones.

Sumario de la invención

45 La invención se refiere a un sistema de aire acondicionado que se conecta de forma separable a un puerto de un avión. Un conducto de aire conecta una entrada de aire y un filtro a un acoplamiento que está adaptado para ser conectado a un extremo de un conducto de aire o manguera, cuyo otro extremo está adaptado para ser conectado a un puerto de un avión. Un soplante de velocidad variable en el conducto de aire tiene su velocidad modificada por un controlador para regular la presión suministrada a un avión. Este controlador recibe como entradas la presión detectada por un sensor de presión conectado al conducto de aire adyacente al acoplamiento para detectar la presión del aire que pasa dentro del avión y también una presión de referencia que puede ser variada para satisfacer los requerimientos de diferentes tipos o clases de avión. Cada uno del primero y el segundo acondicionador de aire incluyen un conducto de refrigerante circular que canaliza el refrigerante a través de un compresor, un condensador, una válvula de expansión, y un evaporador. Los evaporadores están posicionados en el conducto de aire con el evaporador del primer acondicionador de aire precediendo al soplante y el evaporador del segundo acondicionador de aire siguiendo al soplante en el conducto de aire. Un ventilador de refrigeración del condensador impulsa aire a través de los dos condensadores y es controlado por un controlador sensible a una o más presiones o temperaturas medidas en uno de los conductos de aire o refrigerante o en el aire circundante.

Una forma de realización de la invención incluye en al menos un acondicionado de aire un circuito de refrigerante que deriva el condensador y la válvula de expansión y que incluye una válvula de derivación de escape del

compresor controlada por un controlador que recibe una señal desde un sensor de temperatura conectado al conducto de aire aguas abajo del evaporador del acondicionador de aire y que recibe también un valor de la temperatura de referencia. Otra forma de realización incluye en al menos un acondicionador de aire una válvula del regulador de la presión del evaporador en el conducto de refrigerante aguas arriba del compresor controlado por un
 5
 consolador que recibe una señales de un sensor de temperatura conectado al conducto de refrigerante aguas abajo del evaporador y que recibe también un valor de la temperatura de referencia. Todavía otra forma de realización incluye en al menos un acondicionador de aire unos sensores de temperatura que muestrean temperaturas del refrigerante aguas arriba y aguas abajo del evaporador y que suministran estas temperaturas a un controlador que regula la válvula de expansión del evaporador para mantener el evaporador húmedo. Otra forma de realización
 10
 incluye en al menos un acondicionador de aire un sub-refrigerador de línea de aspiración, que comprende un intercambiador de calor que acopla el conducto de refrigerante de aguas arriba de la válvula de expansión del evaporador al conducto de refrigerante.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista isométrica de una forma de realización de un carro de equipo de soporte en tierra universal para aviones, que tiene un diseño modular.
 15

La figura 2 es una vista isométrica del carro mostrado en la figura 1 con el motor diesel y una porción de módulo de generador que forma la porción trasera del carro mostrada separada del resto del carro.

La figura 3 es una vista isométrica de un módulo de conversión eléctrica del carro mostrado en la figura 1 para ilustrar cómo se puede deslizar hacia fuera y hacia un lado del carro para fines de mantenimiento y cómo se puede
 20
 sustituir por un módulo diferente.

La figura 4 es una vista en perspectiva de un módulo de aire acondicionado de dos fases, que está montado sobre la porción delantera del carro mostrada en la figura 1, estando mostrado el módulo de aire acondicionado con sus dos puertas de soporte de la bobina de condensador de microcanales giradas abiertas para mostrar su detalles estructurales internos.

La figura 5 es un diagrama esquemático que ilustra la trayectoria de flujo a medida que fluye a través del módulo de aire acondicionado de dos fases mostrado en la figura 4.
 25

La figura 6 es un diagrama esquemático que ilustra las trayectorias de circulación de refrigerante dentro de la primera unidad de acondicionamiento de aire o de “pre-refrigeración” dentro del módulo de aire acondicionado de dos fases mostrado en la figura 4, y que muestra también un intercambiador de calor que transfiere calor desde un sistema de refrigeración de PAO separado (no mostrado) hasta el refrigerante dentro de esta primera unidad de aire
 30
 acondicionado.

La figura 7 es un diagrama esquemático que ilustra las trayectorias de circulación de refrigerante dentro de la segunda unidad de aire acondicionado o de “post-refrigeración” dentro del módulo de aire acondicionado de dos fases mostrado en la figura 4.

La figura 8 es un diagrama esquemático de un sistema de refrigeración PAO dentro del módulo de aire acondicionado mostrado en la figura 4 que transfiere calor desde un avión hasta una primera unidad de aire acondicionado o de “pre-refrigeración” dentro del módulo de aire acondicionado de dos fases mostrado en la figura 4.
 35

La figura 9 muestra una vista en perspectiva despiezada ordenada de cuatro bobinas de evaporador de aletas de placas ensambladas en una matriz cuadrada, montada dentro de un bastidor rectangular, y fijadas a un conducto configurado en forma de canal que transporta aire acondicionado a la tubería externa que conduce hasta un avión.
 40

La figura 10 presenta una vista en perspectiva del conjunto de bobinas de evaporador de aletas de placas mostradas en la figura 9, montadas entre dos conductos configurados en forma de canal que distribuyen el aire que debe refrigerarse de manera uniforme a través de la superficie de las bobinas de evaporador de aletas de placas.

La figura 11 presenta una vista en perspectiva de una unidad de condensador de micro-canales del tipo utilizado en parejas y montada sobre las dos puertas del módulo acondicionador de aire de dos fases mostrado en la figura 4.
 45

La figura 12 representa una vista parcialmente en sección, tomada a lo largo de las líneas A-A en la figura 10, de una unidad de condensador de micro-canales que ilustra detalles interiores de los canales de aire.

La figura 13 es un diagrama de bloques que ilustra el bus de transporte de señales y el modo en el que interconecta el módulo de generación de potencia, dos módulos convertidores de potencia, y el módulo de aire acondicionado de dos fases con un módulo de control que incluye una pantalla de visualización con ocho botones pulsadores y un procesador universal de control y diagnóstico.
 50

La figura 14 es un diagrama de flujo combinado y un diagrama de estado que ilustra los procedimientos normales de arranque y funcionamiento del sistema general y que ilustra también los estados de calentamiento, alarma y desconexión

5 La figura 15 es un diagrama esquemático simplificado (que combina elementos tomados de las figuras 5, 6, 7 y 8) que ilustran el flujo de aire y las trayectorias de circulación de refrigerante en las unidades de aire acondicionado de pre-refrigeración y post-refrigeración y también en el sistema de refrigeración con PAO, y que identifica, en particular, los ocho bucles de control de realimentación y los controladores que controlan el funcionamiento de estos sistemas y también las temperaturas y presiones y los ajustes de referencia que proporcionan señales de entrada a estos controladores.

10 La figura 16 es un diagrama de estado que ilustra el funcionamiento de los compresores dentro de las dos unidades de aire acondicionado.

La figura 17 es un diagrama de flujo que ilustra cómo el funcionamiento del ventilador de soplante que sopla aire a través de las dos unidades de aire acondicionado y dentro del avión es controlado de forma automática a través del uso de un accionamiento de frecuencia variable para el motor que acciona el ventilador de soplante.

15 La figura 18 es un diagrama esquemático que muestra la conexión de los compresores, el ventilador de refrigeración de condensador de dos velocidades y el accionamiento de frecuencia variable del ventilador de soplante, a la fuente trifásica de 380 a 500 voltios, 50 a 60 Hz de potencia eléctrica y que muestra también señales de control para los compresores, ventilador de refrigeración y ventilador de soplante.

20 La figura 19 ilustra y designa todas las señales significativas del estado del sistema (temperatura, presiones, etc.) que entran en el procesador de aire acondicionado y de PAO, y que ilustra también todas las señales significativas de on/off y de control de salida de 0 a 10 voltios, que ese procesador genera para controlar todos los procesos de aire acondicionado, permitiendo de esta manera al sistema de aire acondicionado responder de manera flexible y adecuada a condiciones de carga muy variables que pueden ser causadas por diferentes tipos o clases de aviones.

25 La figura 20 presenta un diagrama de bloques de todos los menús y submenús que pueden ser visualizados sobre la superficie de la pantalla de visualización del módulo de control, junto con las trayectorias de navegación que estos menús y submenús.

La figura 21 presenta una vista del menú principal.

La figura 22 presenta una vista de un menú de ayuda que aparece cuando se selecciona el elemento de "Ayuda" en el menú principal mostrado en la figura 21.

30 La figura 23 presenta una vista de un menú que aparece cuando se selecciona el avión "T-50 Golden Eagle" en el menú principal mostrado en la figura 21.

La figura 24 presenta una vista de un menú de ayuda que aparece cuando se selecciona el elemento de "Ayuda" en el menú de "T-50 Golden Eagle" mostrado en la figura 23.

35 La figura 25 representa una vista de un menú de mantenimiento que aparece cuando se selecciona el elemento de "Mantenimiento" en el menú principal mostrado en la figura 21.

La figura 26 presenta una vista de un menú de registro de datos desplazable y una ventana de visualización que aparece cuando se selecciona el elemento de "Pantalla de registro de datos" en el menú de mantenimiento mostrado en la figura 25.

40 La figura 27 ilustra una vista de valores de estado de una unidad de aire acondicionado del pre-refrigeración que aparece cuando se selecciona el elemento de "Mantenimiento A/C" en el menú de mantenimiento mostrado en la figura 25.

45 La figura 28 ilustra una vista de una de dos pantallas de estado del actuador y estado de relé que aparecen cuando se selecciona el elemento de "Pantalla de estado de relé" en el menú de mantenimiento mostrado en la figura 25 – los valores visualizados corresponden a las señales de control de salida más importantes generadas por el procesador de aire acondicionado y de PAO mostrado en la figura 19.

La figura 29 presenta una vista isométrica despiezada ordenada de la pantalla de visualización del módulo de control, que ilustra que la pantalla está cubierta por recubrimiento metálico que sirve como una pantalla de bloqueo de ondas de radio frecuencia.

Descripción detallada de la invención

50 La descripción detallada que sigue está dividida en dos secciones. La Sección A presenta una introducción al

entorno de la presente invención, que se refiere al diseño de un sistema de control de aire acondicionado ajustable para un carro de equipo de soporte en tierra universal modular para aviones (figuras 1 a 3). La Sección B presenta una descripción detallada del sistema de control de aire acondicionado en el contexto del sistema completo de aire acondicionado de soporte en tierra, que incluye detalles mecánicos internos del sistema (figuras 1 a 4, 9 a 12, y 29), detalles del flujo de aire (figura 5), detalles de las trayectorias de flujo de refrigerante y de refrigerante PAO (figuras 6 a 8), detalles del sistema electrónico de control (figuras 13 a 19) y detalles del sistema de representación y de interacción humana (figuras 20 a 28). El centro de la presente invención es el sistema de control de aire acondicionado (descrito en una forma algo simplificada en la figura 15, con varios detalles descritos en muchas de las otras figuras).

10 **A. Carro de equipo de soporte modular y universal de apoyo en tierra para aviones**

Los carros de equipo de soporte en tierra para aviones son carros de ruedas remolcables o dispositivos montados fijamente (de forma permanente o temporal) que proporcionan aire acondicionado, refrigeración líquida para el equipo de aviónica, y servicios de conversión y generación de potencia eléctrica a aviones, cuyos motores están desconectados. Si estos carros debieran ser transportados por aviones militares u otros aviones a aeropuertos y bases militares en todo el mundo, entonces sería conveniente y ventajoso que este equipo ni fuera de tamaño mayor que una plataforma de transporte de equipo militar estándar. Sin embargo, muchos carros de este tipo no se ajustan a una plataforma de carga estándar, y esto reduce el número de equipo de soporte en tierra que está disponible en el campo. Tradicionalmente, tales carros de equipo de soporte en tierra están diseñados a medida – proporcionan tales servicios solamente a un tipo o clase de avión. Por lo tanto, deben preverse diferentes carros para cada tipo diferente de avión. Además, tradicionalmente los componentes de aire acondicionado montados en tales carros son tan voluminosos que ocupan toda la zona del carro, haciendo necesario intercalar componentes de conversión de potencia eléctrica y otros componentes donde existe espacio y, por lo tanto, haciendo extremadamente complicado el servicio técnico o la sustitución de las componentes montados en el carro.

La presente invención se incorpora en un carro de equipo de soporte en tierra universal para aviones – universal en el sentido de que está diseñado para satisfacer las necesidades variables de una variedad de tipos o clases de aviones, en lugar de precisamente un tipo o clase. Este carro de equipo de soporte en tierra es también modular – sus componentes son módulos rectangulares que se pueden separar y retirar fácilmente desde el carro para servicio técnico o sustitución. Los módulos se pueden utilizar también independientemente del carro y los módulos que no son necesarios para un tipo particular de avión pueden ser retirados fácilmente y utilizados en otro lugar, permaneciendo de forma autónoma, de una manera altamente flexible. Tal carro 10 y varios de sus módulos – un módulo de generación de potencia eléctrica 14, un módulo de conversión de potencia eléctrica 20, y un módulo dual de aire acondicionado 400 (que proporciona también refrigeración líquida con PAO) – se ilustran en forma simplificada en las figuras 1 a 3. (Dibujos mucho más detallados de estos componentes se incluyen en esta solicitud y también en las solicitudes relacionadas citadas anteriormente).

En uso, el carro 10 está montado cerca o próximo a un avión (no mostrado) por un tractor o camión adecuado (no mostrado). Un operador conecta una cámara de impulsión de aire acondicionado o conducto de aire 26 desde el módulo dual de aire acondicionado 400 a un puerto de entrada de aire refrigerado (no mostrado) en el avión. Y si el avión tiene instalaciones de aviónica u otros componentes electrónicos que requieren un suministro de refrigerante líquido, entonces el operador conecta también una pareja de conductos de refrigerante líquido PAO 28 desde el módulo de aire acondicionado 400 hasta una pareja de puertos de PAO en el avión. El operador utiliza entonces un cable de potencia eléctrica adecuado (no mostrado) para conectar un puerto o receptáculo de salida de potencia eléctrica (no mostrado en las figuras 1 a 3) en el módulo de conversión de potencia eléctrica 20 hasta un puerto o cable adaptado en el avión. Para satisfacer las necesidades variables de diferentes tipos de aviones, pueden existir hasta dos módulos de conversión de potencia eléctrica 20 en el carro 10, un primer módulo 20 que tiene un puerto de salida de potencia de 115 voltios, 400 Hz AC y también un puerto de salida de potencia separado de 270 voltios DC, y un segundo módulo 1308 (figura 13) que tiene un puerto de salida de potencia de 28 voltios DC (uno o el otro de estos módulos 20 ó 1308 puede ser retirado del carro 10).

A continuación, con referencia a la figura 13, el operador pulsa el botón de “Arranque” 1316 en el panel frontal de un módulo de control 22 que tiene una pantalla de representación 24 que entonces visualiza un menú principal tal como el mostrado en la figura 21. Si el avión es un T-50 Golden Eagle, el operador pulsa uno de los cuatro botones pulsadores 1304 que está adyacente a la etiqueta “T-50 Golden Eagle” en este menú (figura 21) y entonces el operador pulsa uno de los cuatro botones pulsadores 1302 que están adyacentes a la etiqueta “Arranque” en el menú “T-50” que aparece entonces (figura 23). En respuesta, todos los módulos se reconfiguran por sí mismos de forma automática según sea necesario para prestar servicio a este tipo específico de avión con aire acondicionado de la presión y volumen adecuados de aire, con potencia eléctrica de tipo adecuado, tensión y frecuencia y con refrigerante líquido (si es necesario). Si el operador selecciona el tipo erróneo de avión, la mediciones de la presión y del caudal de aire pueden detectar esto y desconectar el sistema, iluminando una luz de estado en color 1314 para señalar un error y visualizar un mensaje de error adecuado en el panel de control 24 para el operador. El sistema se detiene cuando el operador pulsa el botón pulsador de “Parada” 1318 en la parte frontal del control 22 o un botón pulsador 1302 ó 1304 que está adyacente a la etiqueta de “Parada” en uno de los menús de la pantalla de

visualización 24.

5 Un carro de equipo de soporte en tierra universal para aviones está diseñado para proporcionar soporte flexible para las necesidades de muchos tipos o clases diferentes de aviones que tienen necesidades variables de soporte de aire acondicionado y de refrigeración líquida y de potencia eléctrica. La presente invención puede proporcionar diferentes presiones y volúmenes de aire refrigerado y de líquido refrigerado a diferentes aviones, y puede proporcionar diferentes tipos y cantidades de potencia eléctrica a diferentes aviones. También proporciona un panel de control integrado simplificado, en el que el personal de servicio del avión puede seleccionar simplemente el tipo de avión que debe ser asistido y puede tener los diferentes dispositivos en el carro configurados de forma automática para optimizar el soporte para ese tipo particular de avión.

10 Un carro de equipo de soporte de apoyo en tierra modular para aviones es uno en el que cada uno de los diferentes sistemas de soporte proporcionados por el carro están configurados en módulos rectangulares robustos, compactos, opcionalmente protegidos contra EMI, que se pueden retirar fácilmente, asistir, sustituir y utilizar de forma separada autónoma fuera del carro y sus otros componentes modulares.

15 En el carro 10, por ejemplo, un módulo de aire acondicionado 400 de dos fases contiene todos los componentes del aire acondicionado del carro 10, incluyendo un sistema de refrigeración líquida de PAO. Un módulo convertidor de potencia eléctrica 20 contiene los componentes de conversión de potencia del carro 10, incluyendo un suministro de D. C. de 270 voltios y un suministro de A. C. de 115 voltios 400 Hz; y el módulo 20 puede ser sustituido o suplementado con otro módulo 1308 (figura 13) que incluye un suministro de D. C. de 28 voltios, proporcionando hasta tres tipos diferentes de conversión de potencia eléctrica de acuerdo con las necesidades específicas de diferentes tipos y clases de aviones.

20 Un módulo de suministro de potencia 14 contiene un motor diesel y un generador para producir potencia eléctrica de 60 ciclos, trifásica, de 460 voltios cuando el carro no puede ser enganchado de manera conveniente a un suministro trifásico de 360 a 500 voltios, de 50 ó 60 ciclos A. C. proporcionado por la red de potencia local. El módulo de suministro de potencia 14 está confinado en un extremo del carro 10 y puede ser desenganchado del carro 10, como se ilustra en la figura 2.

25 Cualquiera o todos los otros módulos 14, 20, 400 y 1308 pueden ser equipados opcionalmente con un transformador interno (no mostrado) que transforma la potencia eléctrica de alta tensión de entrada hacia abajo hasta 120 voltios o 240 voltios a 50 Hz o 60 Hz y alimenta esta tensión baja a salidas estándar protegidas contra el medio ambiente (no mostradas) que se pueden utilizar para proporcionar potencia a herramientas manuales y a equipo de iluminación eléctrico y similares, con protección de pérdida a masa proporcionada también a estas aplicaciones.

30 Como se ilustra en la figura 13, un módulo de control 22 está montado en el carro 10 por encima del módulo convertidor de potencia 20. El módulo de control 22 tiene sobre su panel frontal una pareja de botones pulsadores de arranque y parada 1316 y 1318, luces de estado de color 1314, y una pantalla de visualización 24 que tiene conjuntos de cuatro botones pulsadores 1302 y 1304 adyacentes posicionados a los lados izquierdo y derecho de la pantalla de visualización 24. Cuando se conecta, la pantalla de visualización 24 presenta una representación del menú principal, mostrado en la figura 21, que permite al personal de mantenimiento del avión seleccionar el tipo de avión que debe ser asistido pulsando uno de los botones pulsadores 1302 y 1304 adyacentes. Una representación del menú principal, mostrado en la figura 25, permite al personal de servicio visualizar y (en algunos casos) alterar el estado del módulo de aire acondicionado y de PAO 400, los módulos convertidores de potencia eléctrica 20 y 1308, y el módulo de suministro de potencia 14. Como se ilustra de forma esquemática en la figura 13, todos los módulos 14, 20, 22, 400 y 1308 están interconectados juntos de forma automática por una red 1312 cuando están instalados en el carro 10. Además, cada uno de los módulos 14, 20, 22, 400 y 1308 está equipado con una conexión a la red (no mostrada) que puede estar conectada a un ordenador portátil externo (no mostrado) que puede servir entonces como el módulo de control y visualizar todos los demás módulos, con clicks de ratón sobre los menús mostrados en las figuras 20 a 28 en sustitución de las pulsaciones de los botones pulsadores 1302 y 1304.

35 El carro 10 está montado opcionalmente sobre conjuntos de camión de eje y dos ruedas 18 y 19. En el espacio sobre el carro 10 entre el módulo de generación de potencia 14 y el módulo de aire acondicionado 400 de dos fases, uno o ambos módulos convertidores de potencia eléctrica 20 y 1308 se pueden deslizar a su posición y de pueden fijar al carro 10, como se ilustra en las figuras 2 y 3. (si ambos están instalados, pueden estar sobre lados opuestos del carro, como se muestra o pueden estar instalados uno sobre el otro).

40 Si el módulo de generación de potencia 14 no es requerido para una tarea particular de soporte del avión, el módulo 14 y el conjunto de camión de eje y dos ruedas 19 cerca del módulo 14 se pueden separar completamente del resto del carro 10, como se ilustra en la figura 2, y retirado se puede utilizar totalmente separado en cualquier lugar, donde se requiera una fuente portátil de potencia trifásica de 460 voltios, de 60 Hz. Como se ilustra en las figuras 2 y 3, los módulos convertidores de potencia eléctrica 20 y 1308 se pueden deslizar fuera sobre vías y bloquear en posición para dar al personal de servicio acceso conveniente para prestar servicio a estos módulos 20 y 1308 y sus componentes eléctricos y electrónicos internos. Se pueden retirar también para reparación o para uso en cualquier

lugar como convertidores de potencia autónomos o pueden ser sustituidos con diferentes módulos convertidores de potencia que generan diferentes tensiones y frecuencias, según sean necesarias para prestar servicio a diferentes aviones.

B. Sistema de aire acondicionado y de refrigeración de líquido de PAO de dos fases

5 El sistema de aire acondicionado y de refrigeración de líquido de PAO de dos fases que se describe a continuación tiene muchos atributos valiosos. Entre otros: puede conseguir un arranque del aire acondicionado en 30 segundos en lugar de muchos minutos que se requieren para arrancar acondicionadores de aire de equipo de soporte en tiene convencionales para aviones, debido al control estrecho que se ejerce sobre todos los aspectos del sistema y la carga del sistema de refrigeración inherentemente baja reduciendo al mínimo el volumen interno del sistema de refrigeración (ver la figura 15 y el material descriptivo que la compañía presentado a continuación). Puesto que los algoritmos de control digital pueden ser variados de forma dinámica por el procesador 1900 para adaptarse a condiciones poco habituales, el acondicionador de aire puede funcionar todavía incluso si muchos sensores y controladores están inoperativas en base a la memoria de operaciones pasadas que se pueden basar en condiciones de predicción en lugar de lecturas reales de los sensores para proporciona runa guía al control. Ya como se explicará, un operador indica en un menú (figura 18) qué tipo o clase de avión debe ser asistido. Si cuando el acondicionador de aire ha sido arrancado inicialmente a una velocidad del soplante más baja que velocidad final del soplante, las mediciones de la presión y del caudal de aire tomadas por los sensores de medición de la temperatura, la presión y el consumo de potencia no corresponden a la selección del tipo o clase de avión, el acondicionador de aire se puede desconectar y emitir al operador un mensaje de alarma adecuado en el sentido de que muy probablemente ha sido seleccionado el tipo erróneo de avión. A continuación se indican otros ejemplos de atributos del sistema. Una interfaz de usuario mejorada se presenta en un apéndice a esta solicitud, en la que se añaden botones de arranque y parada y lámparas de colores a la pantalla para mejorar su utilidad y los menús están adaptados de manera correspondiente.

Volviendo ahora a las figuras 4 a 12, se muestran los detalles mecánicos internos y detalles de las trayectorias de flujo de fluido del módulo de aire acondicionado a dos fases 400. El módulo 400 contiene dos fases de aire acondicionado – un acondicionador de aire de pre-refrigeración 520 (mostrado en las figuras 5 y 6) y un acondicionador de aire de post-refrigeración 522 (mostrado en las figuras 5 y 7). El flujo de aire a lo largo de una trayectoria 500 a través de las dos fases de acondicionadores de aire 520 y 522 se describen en la figura 5. El flujo de refrigerante a través de las dos fases de acondicionadores de aire 520 y 522 se ilustra en la figura 6 (acondicionador de aire de pre-refrigeración 520) y en la figura 7 (acondicionador de aire de post-refrigeración 522). El acondicionador de aire de pre-refrigeración 520 tiene asociado con él un sistema de refrigerante líquido de PAO 700. La figura 8 ilustra el flujo de refrigerante líquido de la aviónica a través de este sistema de refrigerante líquido de PAO 700 y entre el sistema 700 y la aviónica 825 dentro de un avión 823. Los detalles mecánicos de cada una de las matrices de evaporadores de aletas de placas del acondicionador de aire se ilustran en las figuras 9 y 10, y los detalles mecánicos de cada una de las bobinas de condensador de micro-canales del acondicionador de aire se ilustran en las figuras 11 y 12.

La figura 4 presenta una vista en perspectiva del módulo de aire acondicionado de dos fases 400 como se ve desde su lado trasero 402, donde se muestra que el conducto de aire 26 que transporta aire acondicionado hasta el avión (no mostrado) se extiende hacia la derecha (en las figuras 1 y 2, el conducto de aire 26 se extiende hacia la izquierda). El lado 402 es de manera correspondiente el lado del módulo 400 que no está adyacente a los módulos convertidores de potencia eléctrica 20 y 1308 y el módulo de control 22 cuando todos estos módulos 400, 20, 22 y 1308 están montados sobre el carro 10, como se muestra en la figura 1. De acuerdo con ello, el lado trasero 402 del módulo 400 está siempre accesible para el servicio técnico del módulo 400 y no está bloqueado por la presencia de los otros módulos.

Una puerta de láminas 404 articulada se muestra girada abierta desde el lado trasero 402 (figura 4) del módulo 400, y esta puerta permite al personal de servicio acceso directo a todos los componentes de aire acondicionado y de PAO dentro del módulo 400 para procedimientos de servicio y de mantenimiento, pero no se dejaría abierta durante el funcionamiento. Una segunda puerta de láminas 408 articulada se muestra girada hacia arriba desde el lado superior del módulo 400. Esta puerta 408 permite al personal de servicio el acceso a los componentes del sistema de PAO 700, que están montados detrás de la parte superior del módulo 400.

Cada una de las dos puertas de láminas 404 y 408 soporta una pareja de bobinas de condensador 406 y 410 del acondicionador de aire fino de microcanales, los detalles de cuyas bobinas se muestran en las figuras 11 y 12 (descritas a continuación). Cada pareja de dos bobinas de condensador 406 y 410 está asociada con uno respectivo de las dos fases de acondicionadores de aire 520 y 522 montadas dentro del módulo de aire acondicionado 400. Un ventilador de condensador 414 de dos velocidades sopla aire fuera de un pórtico de ventilador 418 sobre un lado 416 del módulo de aire acondicionado 400 – el lado que no está conectado por el conducto de aire 26 al avión. Cuando las dos puertas 404 y 408 están cerradas, el ventilador de condensador 414 aspira aire a través de las parejas de bobinas de condensador 406 y 410 de micro-canales, enfriando el refrigerante dentro de las dos bobinas de condensador 406 y 410. El ventilador 414 sopla el aire calentado por el paso a través de las dos bobinas de

condensador 406 y 410 fuera del pórtico de ventilador 418 sobre el lado 416 del carro 10 lejos de donde estaría normalmente el personal de servicio que mira la pantalla de visualización 24 o que conecta el conducto de aire 26 o los conductos de refrigerante líquido de PAO 28. Con referencia a las figuras 15 a 18, el ventilador 414 tiene señales de control del ventilador de baja velocidad 415 y de alta velocidad 417, que son generadas por un controlador 1518 que está ejecutado como un algoritmo dentro del procesador de aire acondicionado y de PAO 1900. El controlador responde a las señales de la temperatura ambiente y a varias señales de temperatura y presión mostradas en las figuras 5, 6 y 7 variando el ventilador 414 desde desconexión hasta baja velocidad y alta velocidad, según se requiera para ayudar al procesador en el mantenimiento del funcionamiento adecuado del los dos acondicionadores de aire 520 y 522. Ésta es otra manera que el sistema tiene para ajustar la capacidad de régimen, una manera que es especialmente útil cuando el sistema está funcionando a bajas capacidades –es decir, en condiciones ambientales bajas.

La figura 5 presenta un diagrama esquemático de la trayectoria del aire 500 tomada por el aire que es refrigerado, deshumidificado y comprimido a medida que pasa a través del módulo de aire acondicionado de dos fases 400. Aire exterior mostrado en 501 es aspirado a través del acondicionador de aire de pre-refrigeración 520 por un soplante 508 que entonces impulsa el aire a través del acondicionador de aire de post-refrigeración 522 y a través del conducto de aire 26 desde el que emerge como una corriente de aire refrigerado, deshumidificado, presurizado que fluye directamente al avión (no mostrado).

El acondicionador de aire de pre-refrigeración 520 incluye como componentes una primera matriz de evaporadores 504 (figuras 4 y 5) y una pareja de bobinas de condensador 406 de microcanales (figura 4) además de otros componentes, todos los cuales se muestran juntos en la figura 6 (descrita a continuación). El acondicionador de aire 522 de post-refrigeración incluye como componentes una segunda matriz de evaporadores 514 (figuras 4 y 5) y una segunda pareja de condensadores 410 de microcanales (figura 4) además de otros componentes, todos los cuales se muestran en la figura 7 (descrita a continuación). Los dos acondicionadores de aire 520 y 522 son esencialmente idénticos, excepto que el acondicionador de aire 520 de pre-refrigeración incluye un intercambiador de calor de PAO 602 (figuras 6 y 8) que absorbe calor desde el circuito de refrigerante líquido de PAO 700 mostrado en la figura 8.

Con referencia ahora a las figuras 4 y 5, el aire 501, que debe ser deshumidificado y refrigerado, circula a lo largo de la trayectoria de aire 500 en primer lugar a través de un filtro de aire 502 y a continuación a través de la matriz de evaporadores de aletas de placas 504 del acondicionador de aire 520 de pre-refrigeración, donde el aire es parcialmente refrigerado y deshumidificado. El aire circula a continuación a través de una cámara de impulsión 505 de estrechamiento (figura 4) y luego hacia fuera hasta el soplante 508, que impulsa el aire hacia delante a presión incrementada. El aire pasa a continuación a través de un cono de salida 510 (figura 4) diseñado para convertir la presión de velocidad que procede desde el soplante 508 en presión estática (regeneración estática) antes de realizar un giro a través de un codo 512 (figura 4). El aire circula entonces al interior de una cámara de expansión o canal de aire 513 (figura 10), que contiene una placa de deflexión que distribuye el aire de manera que el aire pasa de manera uniforme a través de todas las partes de la matriz de evaporadores de aletas de placa 514 del acondicionador de aire 522 de post-refrigeración. El aire más refrigerado y deshumidificado circula entonces a través de una cámara de impulsión 516 de estrechamiento (figuras 4, 9 y 10) y a través de un acoplamiento circular 518 (figuras 4, 9 y 10) fuera del conducto de aire 26 (figuras 1, 4 y 5) y a continuación al interior del avión (no mostrado).

El soplante 508 es accionado por un motor eléctrico 506 de velocidad variable, cuyo motor está controlado por la frecuencia de la potencia eléctrica entrante del motor 506. Un convertidor de tensión a frecuencia 525 acepta una señal de control digital serializada 1706 que especifica la frecuencia del motor 506 y que es suministrada por un procesador de aire acondicionado y de PAO 1900 (un sistema de ordenador de control de procesos en tiempo real – ver la figura 19). El convertidor 525 responde a esa señal 1706 variando la frecuencia de la potencia de entrada al motor 506 hacia arriba y hacia abajo de acuerdo con la frecuencia solicitada por la señal de control 1706 basada en un algoritmo de control que supervisa la presión de salida (medida por el sensor de presión 526). El procesador 1900 recibe una señal de medición de la presión de 0 a 10 voltios desde un sensor de presión 526 que mide la presión dentro del anillo 518 y del conducto de aire 26 que suministra aire refrigerado hasta el avión (no mostrado). Con referencia a las figuras 5 y 15, el procesador 1900 compara la presión leída por el sensor de presión 526 con una presión de referencia deseada, que puede variar de un tipo o clase de avión al siguiente, y luego ajusta la señal de control 1706 para ajustar la velocidad del soplante 508 a un ajuste que mantiene la presión dentro del conducto de aire 26 en o cerca de la presión adecuada que se requiere para refrigerar el tipo o clase particular de avión.

En la figura 15 se muestra de forma simbólica un controlador 1514 que compara una presión de referencia Psp con la presión del conducto de aire medida por el sensor de presión 526 y que genera a continuación la señal 1706 que controla a continuación la velocidad del soplante 508. El controlador 1514 está implementado en realidad digitalmente dentro del procesador 1900. El controlador 1514 tendría típicamente una componente proporcional para reducir al mínimo el error de la presión y una componente integral para impulsar ese error de la presión hacia cero con el tiempo. El proceso de selección del avión, descrito a continuación en combinación con el menú de selección mostrado en la figura 21, puede alterar el valor de referencia de la presión Psp así como otros valores de referencia de la temperatura Tsp (descritos a continuación) para adaptar los controladores de acondicionamiento de aire y de PAO mostrados en la figura 15 a las necesidades y los requerimientos específicos de diferentes tipos y clases de

aviones. Cuando se pulsa uno de los botones pulsadores 1304 adyacentes a la pantalla de visualización 24 (figura 13), por ejemplo para programar los módulos en el carro 10 para prestar servicio al T-50 Golden Eagle (ver la figura 21), se seleccionan los valores de referencia óptimos de la temperatura Tsp y la presión Psp para ese avión por medio del procesador de acondicionamiento de aire y de PAO 1900 y se colocan en una memoria de valores de referencia 1317 (figura 13).

La figura 17, que se describe a continuación, describe otros aspectos del algoritmo de control del soplante 508 con un poco más de detalle.

Unos sensores de presión diferencial 528, 530, 532 y 534 permiten al procesador 1900 supervisar la caída de la presión a través de varios componentes del sistema de aire acondicionado. Estas lecturas de la presión son recogidas por el procesador 1900 y salvadas en un registro de datos 1319 (figura 13) y se utilizan posteriormente para fines de mantenimiento. Por ejemplo, una caída excesiva de la presión a través del filtro de aire 502 medida por el sensor de presión diferencial 528 señala que pronto será el momento de limpiar o sustituir el filtro de aire 502. Una caída excesiva de la presión a través de las matrices de evaporadores 504 ó 514 medidas por los sensores de presión diferencial 530 y 534 puede señalar la formación de hielo de una matriz de evaporadores que está funcionando demasiado fría o una matriz de evaporadores obstruida que requiere limpieza. La caída de la presión a través del soplante 508, cuando se compara con la señal 1706 del valor de la frecuencia y también la potencia eléctrica aplicada al soplante 508 (medida por el sensor de tensión 1720 y el sensor de la corriente 1722, ambos mostrados en la figura 18) puede indicar la condición del soplante y su motor y si requiere servicio técnico. Esta información es salvada en el registro de datos 1319 del procesador 1900 (figura 13).

El sensor de presión 536 (ver la figura 5) supervisa la presión del aire exterior, que es registrada por el procesador 1900 en el registro de datos 1319. El sensor de presión 543 (figura 5) supervisa la presión del aire de salida generada por el soplante 508, que es también la presión del aire dentro de la cámara de impulsión de aire, una presión que puede ser registrada también por el procesador 1900 en el registro de datos 1319. Unos sensores de temperatura RTD (dispositivo de temperatura de la resistencia) 538, 540, 542 y 544 supervisan la temperatura del aire antes y después de que el aire pasa a través de las dos matrices de evaporadores 504 y 514. Estas mediciones de la temperatura son alimentadas al procesador 1900, que las registra en el registro de datos 1319 y puede utilizarlas para la predicción del mantenimiento. Como una opción, algunas o todas estas temperaturas y presiones pueden ser utilizadas para ajustar la cantidad de refrigeración que es generada por cada uno de los dos acondicionadores de aire, como se ilustra en la figura 15.

Las figuras 6 y 7 presentan diagramas esquemáticos detallados del acondicionado de aire 520 de pre-refrigeración y del acondicionador de aire 522 de post-refrigeración. En una forma de realización de la invención, el entubado de refrigerante utilizado en la construcción de estos acondicionadores de aire 520 y 522 es un entubado de cobre ACR, con juntas estañadas y con muchos adaptadores soldados utilizados para conseguir una trayectoria curvada de flujo de refrigerante. En otra forma de realización, se utiliza entubado de aluminio en lugar de entubado de cobre. Entonces se utiliza una máquina curvadora de tubos en lugar de muchas juntas soldadas y esto reduce el número de piezas utilizadas en cada sistema, que reduce en gran medida el coste. Una característica importante del aluminio es que hace el sistema de peso muy ligero y menos costoso cuando se compara con el cobre, ya que el aluminio pesa aproximadamente 70 % menos que el cobre y cuesta aproximadamente un tercio. Además, el uso de adaptadores abocardados permitiría también la realización del montaje con longitudes pre-fabricadas y configuraciones del tubo en las que el técnico de montaje solamente tendría que utilizar una llave en lugar de esperar a un técnico especialista certificado en la soldadura de cobre. Esto haría, además, que las reparaciones en el campo se realizasen más rápidamente que hasta ahora.

La figura 6 presenta un diagrama esquemático del acondicionador de aire 520 de pre-refrigeración. Con referencia a la figura 6, un compresor 601 comprime el refrigerante y lo envía a lo largo de una trayectoria 604 hasta una de la pareja de bobinas de condensador 406, donde el refrigerante es refrigerado por el aire que circula a través del módulo de aire acondicionado 400 bajo el impulso del ventilador del condensador 414, como se ha descrito anteriormente, donde el refrigerante se enfría y se vuelve líquido. El procesador de aire acondicionado y de PAO 1900 (figura 19) emite una primera señal on/off de desconexión de la pre-refrigeración a una válvula de solenoide 603 y una señal on/off de conexión del compresor de pre-refrigeración 1702 que puede conectar y desconectar el compresor de pre-refrigeración 601 (ver las figuras 18 y 19) y que puede desconectar el acondicionador de aire de pre-refrigeración 520 desconectando el compresor 601 y aislando el compresor 601 de la migración de refrigerante cerrando la válvula de solenoide 603. El algoritmo de desconexión cerrará entonces todas las válvulas de refrigeración 620, 638 y 632 (figura 6) para prevenir adicionalmente la migración de refrigerante de retorno al compresor 601.

El refrigerante refrigerado y licuado circula a continuación más allá de la válvula de carga 608, un secador de filtro 606, y un cristal de observación 610 sobre una trayectoria 612 hasta un intercambiador de calor 614 de placas estañadas (figuras 4 y 6) que está montado en el fondo del módulo de aire acondicionado 400, como se muestra en 614 en la figura 4. El intercambiador de calor 614 de placas estañadas tiene un diseño de aplicaciones múltiples: sirve como un acumulador de refrigerante líquido que acumula el refrigerante líquido excesivo y cualquier exceso de

aceite que puede estar en la línea de aspiración entre el compresor 601 y la matriz de evaporadores 504 para prevenir cualquier daño en el compresor 601 (que está diseñado para bombear calor). El intercambiador de calor 614 de placas estañadas sirve también como un sub-refrigerador de línea de aspiración de líquido, que sub-refrigera el refrigerante líquido permitiendo que los gases expandidos circulen a lo largo de la trayectoria 628 y 630 y entren en el compresor 601 para absorber calor desde el refrigerante líquido en las líneas 612 y 618 y en el intercambiador de calor 614 de placas estañadas. El lado de la línea de líquido del intercambiador de calor 614 de placas estañadas actúa como un receptor de refrigerante, acumulando la carga excesiva de refrigerante en el lado del condensador del sistema. El intercambiador de calor 614 de placas estañadas incrementa la capacidad y la eficiencia del sistema de refrigeración en condiciones de carga alta. Finalmente, el intercambiador de calor de placas estañadas se utiliza para controlar el sobre calor de la línea de aspiración, permitiendo que los evaporadores sean inundados totalmente. La inundación de los evaporadores permite una alta capacidad de refrigeración desde los evaporadores así como el incremento de la capacidad del evaporador, manteniendo al mismo tiempo una temperatura más alta de refrigerante, que ayuda a evitar la formación de escarcha del evaporador.

La trayectoria 618 conduce el refrigerante refrigerado, pero todavía licuado, hasta una válvula de expansión 620 controlada electrónicamente que está controlada por una señal de 0 a 10 voltios generada por el procesador 1900. El refrigerante líquido circula a través de la válvula de expansión 620 hasta el lado frío de baja presión del circuito de refrigerante, donde el líquido comienza a evaporarse y a absorber calor desde su medio ambiente. Este líquido en ebullición pasa en primer lugar a través del intercambiador de calor de PAO 602, donde refrigera el fluido de PAO líquido que circula dentro de una línea 622 y fuera de una línea 624, cuyas líneas conducen hasta el circuito de fluido PAO (mostrado en 700 en la figura 8). El refrigerante en ebullición circula a continuación sobre la trayectoria 626 hasta la matriz de evaporadores de aletas de placas 504 que es esencialmente idéntica a la matriz de evaporadores 514 mostrada en la figura 9, donde el refrigerante refrigera el aire que es aspirado en el interior del módulo 400 en 501 (figura 5) desde el aire exterior, a través del filtro de aire 502 y la matriz de evaporadores de aletas de placas 504 y dentro del soplante 508. El refrigerante gaseoso abandona la matriz de evaporadores de aletas de placas 504 y circula a lo largo de la trayectoria 628 de retorno a través del intercambiador de calor 614 de placas estañadas y sobre la trayectoria 630 de retorno al compresor 601, donde es comprimido de nuevo y alimentado a la pareja de bobinas de condensación 406 para ser comprimido, completando de esta manera el paso de refrigerante a través de este ciclo de compresión del vapor.

Unos transductores combinados de temperatura y presión supervisan la condición del refrigerante a través de todo este circuito. Un transductor de temperatura y presión 607 RTD (dispositivo de temperatura de resistencia) supervisa la temperatura y la presión del refrigerante líquido cuando abandona las bobinas de condensación 406 y entra en el intercambiador de calor de placas estañadas 614. Un segundo transductor de temperatura y presión 616 RTD supervisa la temperatura y la presión del refrigerante líquido cuando abandona el intercambiador de calor de placas estañadas 614 sobre la trayectoria 618 y circula a través de la válvula de expansión 620. Otro transductor de temperatura y presión 634 supervisa la temperatura y la presión del refrigerante gaseoso refrigerado que circula fuera de la matriz de evaporadores de aletas de placas 504. Una pareja de transductores de la temperatura y la presión 609 y 611 supervisa la temperatura y la presión del refrigerante gaseoso que entra en el compresor 601 y que abandona también el compresor 601. Las lecturas de la temperatura y de la presión del refrigerante generadas por todos estos transductores 607, 616, 634, 609 y 611 y también la temperatura de salida de aire del condensador de pre-refrigerador medida por el transductor de la temperatura del aire 540 RTD son alimentadas al procesador de aire acondicionado y de PAO 1900 (ver la figura 19), donde estas temperaturas y presiones pueden ser almacenadas en el registro de datos 1319 (figura 13).

Las temperaturas del refrigerante medidas por los transductores de temperatura RTD 609, 616 y 634 y temperatura del aire medida por el transductor de temperatura RTD 540 de salida de los acondicionadores de aire de pre-refrigeración son utilizadas también para fines de control del acondicionador de aire, como se ilustra en la figura 15.

La temperatura de salida del acondicionador de aire de pre-refrigeración, medida por el transductor de temperatura RTD 540 es comparada con una temperatura de referencia, típicamente 10 grados Celsius aproximadamente, por medio de un controlador 1506, que está implementado como un algoritmo de control de proceso digital dentro del acondicionador de aire y el procesador de PAO 1900. Puesto que la temperatura de salida deseada es ajustada por el usuario, se puede alterar esta temperatura de referencia. Este controlador 1506 recibe salidas tanto proporcionales como también integrales, que son sumadas y utilizadas (como una señal de 0 a 10 voltios) para controlar una válvula de derivación electrónica de gases de escape 638 (EG-BV – figuras 6 y 15), que, hasta el grado en que esté abierta, permite al gas caliente comprimido eludir las bobinas de condensación 406 y la válvula de expansión 620 y circular directamente desde el compresor 601 hasta la matriz de evaporadores 501, elevando de esta manera la temperatura y poniendo en ebullición el refrigerante líquido excesivo dentro de la matriz de evaporadores 504. El procesador 1900 ajusta continuamente esta válvula EGB 638 para mantener la temperatura del aire en la salida de la matriz de evaporadores de aletas de placas 504 del acondicionador de aire de pre-refrigeración en o justamente por encima de la congelación, de manera que no se permite que se congele la matriz de evaporadores 504.

La temperatura del refrigerante (medida por el transductor RTD 616) en la salida de la válvula de expansión

5 electrónica (EEV) 608, que es la entrada al intercambiador de calor de PAO 602 y a la matriz de evaporadores de aletas de placas 504, es alimentada a otro controlador 1502 (figura 15), que está implementado también como un algoritmo de control de proceso digital dentro del procesador de acondicionamiento de aire y de PAO 1900. Este controlador 1502 recibe también salidas tanto proporcionales como integrales, que son sumadas y utilizadas (como una señal de 0 a 10 voltios) para controlar una válvula electrónica reguladora de la presión EPR 632 de la matriz de evaporadores (figuras 6 y 15), cuya válvula controla cuánto refrigerante refrigerado, expandido, gaseoso se permite entrar en el compresor 601. De esta manera, la temperatura en la entrada a la matriz de evaporadores 504 y al intercambiador de calor de líquido de PAO 602 se controla y se mantiene en un valor de referencia Tsp, cuyo valor es alimentado al controlador 1502 (figura 15). Este valor de referencia se mantiene típicamente en 1 grado Celsius.

10 Puesto que la temperatura de salida deseada de la unidad es ajustada por el usuario, se puede alterar este valor de referencia. El procesador de aire acondicionado y de PAO 1900 mantiene este valor de referencia, así como otros valores de referencia similares de la temperatura y de la presión, en una memoria de valores de referencia 1317 (figura 13), donde estos valores pueden ser alterados a veces cuando deben atenderse tipos y clases diferentes de aviones.

15 La temperatura del refrigerante (medida por el transductor RTD 616) en la salida de la válvula electrónica de expansión (EEV) 608, que es la entrada al intercambiador de calor de PAO 602 y a la matriz de evaporadores de aletas de placas 504, es comparada con la temperatura del refrigerante (transductor 634) en la salida de la matriz de evaporadores de aletas de placas 504 por otro controlador 1504, que está implementado también como un algoritmo de control de proceso digital dentro del procesador de aire acondicionado y de PAO 1900. Este controlador 1504 puede recibir inicialmente salidas tanto proporcionales como integrales que son sumadas y utilizadas (como una señal de 0 a 10 voltios) para controlar la válvula electrónica de expansión EEV 608 (figuras 6 y 15), cuya válvula controla hasta qué extensión toda la matriz de evaporadores 504 está humedecida a fondo y participa en el proceso de refrigeración. No obstante, los experimentos han mostrado que el controlador 1504 puede tener que ser programado de una manera no lineal, con los parámetros de control elaborados empíricamente por experimento y variando desde un controlador proporcional e integral sencillo hasta cierto grado. La válvula EEV 608 se ajusta para incrementar al máximo el área efectiva de refrigeración de la matriz de evaporadores, como se indica por una caída de la temperatura máxima a través de la matriz de evaporadores de aletas de placas 504. El procesador de aire acondicionado y de PAO 1900 puede mantener diferentes algoritmos de control para el controlador 1504 así como para los otros controladores 1502 y 1506 en la memoria de valores de referencia 1315 (figura 13), de manera que se pueden seleccionar e implementar diferentes algoritmos y estrategias de control para diferentes tipos y clases de aviones que deben ser atendidos.

La figura 7 presenta un diagrama esquemático del acondicionador de aire de pre-refrigeración 522. Con referencia a la figura 7, un compresor 702 comprime el refrigerante y lo envía a lo largo de una trayectoria 704 hasta una de la pareja de bobinas de condensación 410, donde el refrigerante es refrigerado por el aire que circula a través del módulo de aire acondicionado 400 bajo el impulso del ventilador de condensador 414, como ya se ha descrito anteriormente, donde el refrigerante se enfría y se vuelve líquido. El procesador de aire acondicionado y de PAO 1900 (figura 19) emite una primera señal on/off de desconexión de la pre-refrigeración a una válvula de solenoide 703 y una señal on/off de conexión del compresor de pre-refrigeración 1704 que puede conectar y desconectar el compresor de pre-refrigeración 702 (ver las figuras 18 y 19) y que puede desconectar el acondicionador de aire de pre-refrigeración 522 desconectando el compresor 702 y aislando el compresor 702 de la migración de refrigerante cerrando la válvula de solenoide 703. El algoritmo de desconexión cerrará entonces todas las válvulas de refrigeración 720, 738 y 732 (figura 7) para prevenir adicionalmente la migración de refrigerante de retorno al compresor 702.

45 El refrigerante refrigerado y licuado circula a continuación más allá de la válvula de carga 708, un secador de filtro 706, y un cristal de observación 710 sobre una trayectoria 712 hasta un intercambiador de calor 714 de placas estañadas (figuras 4 y 7) que está montado en el fondo del módulo de aire acondicionado 400, como se muestra en 714 en la figura 4. El intercambiador de calor 714 de placas estañadas tiene un diseño de aplicaciones múltiples: sirve como un acumulador de refrigerante líquido que acumula el refrigerante líquido excesivo y cualquier exceso de aceite que puede estar en la línea de aspiración entre el compresor 702 y la matriz de evaporadores 514 para prevenir cualquier daño en el compresor 702 (que está diseñado para bombear calor). El intercambiador de calor 714 de placas estañadas sirve también como un sub-refrigerador de línea de aspiración de líquido, que sub-refrigera el refrigerante líquido permitiendo que los gases expandidos circulen a lo largo de la trayectoria 728 y 730 y entren en el compresor 702 para absorber calor desde el refrigerante líquido en las líneas 712 y 718 y en el intercambiador de calor 714 de placas estañadas. El lado de la línea de líquido del intercambiador de calor 714 de placas estañadas actúa como un receptor de refrigerante, acumulando la carga excesiva de refrigerante en el lado del condensador del sistema. El intercambiador de calor 714 de placas estañadas incrementa la capacidad y la eficiencia del sistema de refrigeración en condiciones de carga alta. Finalmente, el intercambiador de calor de placas estañadas se utiliza para controlar el sobre calor de la línea de aspiración, permitiendo que los evaporadores sean inundados totalmente. La inundación de los evaporadores permite una alta capacidad de refrigeración desde los evaporadores así como el incremento de la capacidad del evaporador, manteniendo al mismo tiempo una temperatura más alta de refrigerante, que ayuda a evitar la formación de escarcha del evaporador.

La trayectoria 718 conduce el refrigerante refrigerado, pero todavía licuado, hasta una válvula de expansión 720 controlada electrónicamente que está controlada por una señal de 0 a 10 voltios generada por el procesador 1900. El refrigerante líquido circula a través de la válvula de expansión 720 hasta el lado frío de baja presión del circuito de refrigerante, donde el líquido comienza a evaporarse y a absorber calor desde su medio ambiente. Este líquido en ebullición circula hasta la matriz de evaporadores de aletas de placas 514, mostrado en las figuras 9 y 10, donde el refrigerante refrigera el aire que es soplado a través del conducto de aire 26 hasta el avión (no mostrado). El refrigerante gaseoso abandona la matriz de evaporadores de aletas de placas 514 y circula a lo largo de la trayectoria 728 de retorno a través del intercambiador de calor 714 de placas estañadas y sobre la trayectoria 730 de retorno al compresor 702, donde es comprimido de nuevo y alimentado a la pareja de bobinas de condensación 410 para ser refrigerado y licuado, completando de esta manera el paso de refrigerante a través de este ciclo de compresión del vapor.

Unos transductores combinados de temperatura y presión supervisan la condición del refrigerante a través de todo este circuito. Un transductor de temperatura y presión 707 RTD supervisa la temperatura y la presión del refrigerante líquido cuando abandona la pareja de condensadores 410 y entra en el intercambiador de calor de placas estañadas 714. Un segundo transductor de temperatura y presión 716 RTD supervisa la temperatura y la presión del refrigerante líquido cuando abandona el intercambiador de calor de placas estañadas 714 sobre la trayectoria 718 y circula a través de la válvula de expansión 720. Otro transductor de temperatura y presión 734 supervisa la temperatura y la presión del refrigerante gaseoso refrigerado que circula fuera de la matriz de evaporadores de aletas de placas 514. Una pareja de transductores de la temperatura y la presión 709 y 711 supervisa la temperatura y la presión del refrigerante gaseoso que entra en el compresor 702 y que abandona también el compresor 702. Las lecturas de la temperatura y de la presión del refrigerante generadas por todos estos transductores 707, 716, 734, 709 y 711 y también la temperatura de salida de aire del condensador de pre-refrigeración medida por el transductor de la temperatura del aire 544 RTD son alimentadas al procesador de aire acondicionado y de PAO 1900 (ver la figura 19), donde estas temperaturas y presiones pueden ser almacenadas en el registro de datos 1319 (figura 13).

Las temperaturas del refrigerante medidas por los transductores de temperatura RTD 709, 716 y 734 y temperatura del aire medida por el transductor de temperatura RTD 544 de salida de los acondicionadores de aire de pre-refrigeración son utilizadas también para fines de control del acondicionador de aire, como se ilustra en la figura 15.

La temperatura de salida del acondicionador de aire de pre-refrigeración, medida por el transductor de temperatura RTD 544 es comparada con una temperatura de referencia, típicamente 10 grados Celsius aproximadamente, por medio de un controlador 1512, que está implementado como un algoritmo de control de proceso digital dentro del acondicionador de aire y el procesador de PAO 1900. Puesto que la temperatura de salida deseada es ajustada por el usuario, se puede alterar esta temperatura de referencia. Este controlador 1512 recibe salidas tanto proporcionales como también integrales, que son sumadas y utilizadas (como una señal de 0 a 10 voltios) para controlar una válvula de derivación electrónica de gases de escape 738 (EG-BV – figuras 7 y 15), que, hasta el grado en que esté abierta, permite al gas caliente comprimido eludir las bobinas de condensación 410 y la válvula de expansión 720 y circular directamente desde el compresor 702 hasta la matriz de evaporadores 514, elevando de esta manera la temperatura y poniendo en ebullición el refrigerante líquido excesivo dentro de la matriz de evaporadores 514. El procesador 1900 ajusta continuamente esta válvula EGB 738 para mantener la temperatura del aire en la salida de la matriz de evaporadores de aletas de placas 514 del acondicionador de aire de pre-refrigeración en o justamente por encima de la congelación, de manera que no se permite que se congele la matriz de evaporadores 514.

La temperatura del refrigerante (medida por el transductor RTD 716) en la salida de la válvula de expansión electrónica (EEV) 708, que es la entrada a la matriz de evaporadores de aletas de placas 514, es alimentada a otro controlador 1508 (figura 15), que está implementado también como un algoritmo de control de proceso digital dentro del procesador de acondicionamiento de aire y de PAO 1900. Este controlador 1508 recibe también salidas tanto proporcionales como integrales, que son sumadas y utilizadas (como una señal de 0 a 10 voltios) para controlar una válvula electrónica reguladora de la presión EPR 732 de la matriz de evaporadores (figuras 7 y 15), cuya válvula controla cuánto refrigerante refrigerado, expandido, gaseoso se permite entrar en el compresor 702. De esta manera, la temperatura en la entrada a la matriz de evaporadores 514 se controla y se mantiene en un valor de referencia T_{sp} , cuyo valor es alimentado al controlador 1508 (figura 15). Este valor de referencia se mantiene típicamente en 1 grado Celsius. Puesto que la temperatura de salida deseada de la unidad es ajustada por el usuario, se puede alterar este valor de referencia. El procesador de aire acondicionado y de PAO 1900 mantiene este valor de referencia, así como otros valores de referencia similares de la temperatura y de la presión, en una memoria de valores de referencia 1317 (figura 13), donde estos valores pueden ser alterados a veces cuando deben atenderse tipos y clases diferentes de aviones.

La temperatura del refrigerante (medida por el transductor RTD 716) en la salida de la válvula electrónica de expansión (EEV) 708, que es la entrada a la matriz de evaporadores de aletas de placas 514, es comparada con la temperatura del refrigerante (transductor 734) en la salida de la matriz de evaporadores de aletas de placas 514 por otro controlador 1510, que está implementado también como un algoritmo de control de proceso digital dentro del procesador de aire acondicionado y de PAO 1900. Este controlador 1510 puede recibir inicialmente salidas tanto

proporcionales como integrales que son sumadas y utilizadas (como una señal de 0 a 10 voltios) para controlar la válvula electrónica de expansión EEV 708 (figuras 7 y 15), cuya válvula controla hasta qué extensión toda la matriz de evaporadores 514 está humedecida a fondo y participa en el proceso de refrigeración. No obstante, los experimentos han mostrado que el controlador 1510 puede tener que ser programado de una manera no lineal, con los parámetros de control elaborados empíricamente por experimento y variando desde un controlador proporcional e integral sencillo hasta cierto grado. La válvula EEV 708 se ajusta para incrementar al máximo el área efectiva de refrigeración de la matriz de evaporadores, como se indica por una caída de la temperatura máxima a través de la matriz de evaporadores de aletas de placas 514. El procesador de aire acondicionado y de PAO 1900 puede mantener diferentes algoritmos de control para el controlador 1510 así como para los otros controladores 1512 y 1508 en la memoria de valores de referencia 1315 (figura 13), de manera que se pueden seleccionar e implementar diferentes algoritmos y estrategias de control para diferentes tipos y clases de aviones que deben ser atendidos.

Los compresores 601 y 702 llevan el número de partes ZR300-KCE-TWD-250 de Copeland, Sydney, OH. Los sub-refrigeradores de la línea de aspiración o intercambiadores de calor de placas estañadas 614 y 714 llevan el número de parte AA6259 de SWEP Internacional, Lanskröna, Suecia. Los transductores de presión llevan el número de parte MX5018 proporcionados por Gems Sensors & Controls, Plainville, CT. Las parejas de bobinas de condensación 406 y 410 de microcanales premontadas de 60" por 34" llevan el número de parte 26944 D13 montadas a medida por Trilectron Industries, Palmetto, FL.

Claramente el funcionamiento adecuado de los componentes de aire acondicionados que se acaban de describir depende del funcionamiento adecuado de muchas mediciones de la temperatura y de la presión del aire y del refrigerante. Si algunos de los instrumentos de medición fallan, los acondicionadores de aire 520 y 522, bajo el control del procesador de aire acondicionado 1900, tratan de continuar funcionando con mensajes de alarma, sustituyendo mediciones reales de la temperatura y de la presión por mediciones históricas de la temperatura y de la presión registradas en días anteriores cuando las condiciones atmosféricas ambientales y el tipo o clase de avión son los mismos. De esta manera, el sistema de aire acondicionado continúa funcionando incluso cuando algunos de sus sensores y controladores están inoperativos.

Una ventaja importante del sistema de aire acondicionado que se acaba de describir es su capacidad para entrar en un estado totalmente operativo, proporcionando presión total del aire refrigerado a la temperatura adecuada, dentro de 20 segundos aproximadamente cuando se pone en marcha por primera vez en lugar de varios minutos más tarde como en el equipo de soporte en tierra de aviones de aire acondicionado convencional.

Como se ha explicado anteriormente, el sistema 700 de refrigerante líquido de PAO deriva su refrigeración desde el intercambiador de calor 602 que forma parte del acondicionador de aire de pre-refrigeración 520. El sistema de PAO 700 no deriva su refrigeración del acondicionador de aire de post-refrigeración 522. De acuerdo con ello, cuando el sistema de PAO está en funcionamiento, reduce la capacidad de refrigeración del acondicionador de aire de pre-refrigeración 520. El acondicionador de aire de post-refrigeración 522 se puede ajustar hacia arriba en la cantidad de refrigeración que proporciona al aire que circula a través del conducto de aire 26 hasta el avión, de manera que la conexión y desconexión del sistema de PAO 700 no altera necesariamente la temperatura y la presión del aire refrigerado y deshumidificado proporcionado al avión por el conducto de aire 26.

El sistema de refrigeración de PAO 700 se ilustra de forma esquemática en la figura 8. La mayoría de los elementos del sistema de refrigeración de PAO están posicionados dentro del módulo de aire acondicionado 400 cerca de la parte superior de ese módulo, adyacentes a la pareja de conductos de refrigerante líquido de PAO 28 mostrados en las figuras 1 y 2 que transportan el líquido de PAO hasta y desde el avión para acortar la longitud de los conductos de refrigerante líquido PAO 28 en la mayor medida posible. Un depósito de líquido de PAO 803 está posicionado más bajo dentro del módulo 400 para servir como un depósito para reservar cantidades del refrigerante líquido de PAO.

Con referencia a la figura 8, una bomba de fluido PAO 805 bombea fluido de PAO a través de una primera válvula de retención 807 y a través de una segunda válvula de retención 809 hasta el intercambiador de calor 602, que forma parte del acondicionador de aire de pre-refrigeración 520, como se ha explicado anteriormente. El fluido de PAO refrigerado circula entonces hacia delante sobre una trayectoria 811 a través de filtros 813 y sobre una trayectoria 817 hasta una válvula de solenoide de suministro 819 que es conectada y desconectada por el procesador 1900 (figura 19). Cuando la válvula 819 está abierta, el fluido PAO circula sobre una trayectoria 820 fuera del módulo de aire acondicionado 400 y sobre un conducto 822 dentro de un avión 823, donde circula a través del mismo y refriera los componentes de electrónica y de aviónica 825,

El fluido de PAO circula entonces sobre un segundo conducto 824 de retorno al avión 823 hasta el módulo de aire acondicionado 400 y sobre una trayectoria 826 que conduce hasta el depósito de líquido de PAO 803, donde es recogido, esperando que sea aspirado de nuevo por la bomba 828 y enviado de nuevo de retorno al intercambiador de calor 602. Esto completa el circuito de refrigerante líquido de PAO.

El refrigerante líquido de PAO es recogido en el depósito de líquido 803. Un sensor del nivel del líquido 824 señala

- al procesador de aire acondicionado y de PAO 1900 (figura 19) cuándo el nivel del líquido es demasiado bajo. Cuando el sistema de PAO está cableado hasta un avión, existe típicamente aire en los conductos 822 y 824 y posiblemente también en la electrónica y en la aviónica. Cuando se conecta por primera vez el sistema de PAO, se abre la válvula de solenoide 819 y entonces la presión de PAO se eleva poco a poco hasta la presión adecuada de funcionamiento. Cualquier aire presente en el sistema se acumula por encima del líquido en el depósito 803, y una bomba de vacío 833, activada por el procesador de aire acondicionado y de PAO 1900 (figura 19), bombea este aire fuera del depósito de líquido 803. Esto previene el recalentamiento de la electrónica y de la aviónica 825 causado por el aire que desplaza al refrigerante líquido de PAO en el sistema de circulación.
- Una válvula reguladora del flujo proporcional de 3 pasos 828 (figuras 8 y 15) controla y ajusta continuamente una trayectoria de derivación de refrigerante líquido 829 – 830 que elude el intercambiador de calor 602 con un poco de líquido de PAO para reducir el efecto de refrigeración. El regulador 828 recibe señales de la temperatura directamente desde un transductor sensor de temperatura y de presión 832. De manera alternativa, el procesador 1900 puede implementar un controlador digital que puede comparar la temperatura medida por el transductor 832 con una temperatura de referencia ajustable y luego ajusta de acuerdo con ello la válvula reguladora 828.
- Una trayectoria de derivación 834 está controlada por una válvula de restricción del flujo proporcional 821 controlada electrónicamente que tiene un valor de referencia de la presión que se puede ajustar y variar por el procesador de aire acondicionado y de PAO 1900. Como se ilustra en la figura 15, un controlador 1516 compara la presión de salida del sistema de PAO, medida por el transductor de detección de la temperatura y la presión 832, con una presión de referencia Psp (almacenada en la memoria de valores de referencia 1317 (figura 13)) y entonces amplifica la diferencia de la presión utilizando funciones de control proporcional e integral para generar señales de control que son sumadas y luego alimentadas como una señal de control a la válvula de restricción del flujo proporcional 821 controlada electrónicamente. El controlador 1516 puede ser implementado como un algoritmo de control dentro del procesador de aire acondicionado y de PAO 1900. El valor de referencia de la presión Psp se puede variar de acuerdo con las necesidades específicas de diferentes tipos y clases de aviones que deben ser atendidos en respuesta a la selección del avión utilizando el menú principal mostrado en la figura 21. También es posible hacer que la válvula de restricción 821 responda directamente a las señales indicadoras de la presión desde el transductor 832 sin el uso del procesador 1900 y el controlador 1516, y ésta es la disposición que se muestra realmente en la figura 8 (por esta razón, la figura 19 no muestra actualmente una señal de salida desde el procesador 1900 que conduzca a la válvula 821).
- Para proteger el sistema de PAO 700 contra corrientes transitorias, una válvula de derivación 835 puede ser activada por la presión excesiva detectada por el transductor 832 y puede ser abierta para eludir el intercambiador de calor 602, la bomba 805, y el depósito 803. El controlador 1516, implementado dentro del procesador 1900, abre la válvula de derivación 835.
- Un conjunto colector hidráulico de PAO, número de parte AGA15700-0-C, que incluye los componentes 819, 821 y 835, se puede obtener de Rexroth Bosch Group. La bomba de PAO 833, Modelo 4600-20, procede de McNally Industries, WI. El intercambiador de calor de PAO 602 lleva el número de parte AA 6283 de Swep Internacional, Landskrona, Suecia. El sistema de seguridad de la presión de la bomba de PAO lleva el número de parte a971207 zc 04a2 y es suministrado por Sun Hydraulics, Sarasota, FL.
- Para incrementar la eficiencia y también para reducir el tamaño de las matrices de evaporadores 504 y 514, en una forma de realización, cada una de estas matrices de evaporadores está construida a partir de cuatro matrices de evaporadores de aletas de placas de automoción 802, 804, 806 y 808 (figuras 9 y 10) ensambladas en un bastidor 810 aproximadamente cuadrado y retenidas en posición por una placa de cubierta 812. El bastidor 810 ensamblado y las matrices de evaporadores de aletas de placas 802-808 mostradas en la figura 8 se utilizan para construir cada una de las dos matrices de evaporadores 504 y 514. La matriz de evaporadores 514 se muestra en las figuras 9 y 10 fijada a una cámara de expansión de entrada o canal de aire 513 (figura 9) que acepta el aire que circula fuera del soplante 508 y distribuye este aire de una manera uniforme sobre la superficie de las cuatro matrices de evaporadores de aletas de placas 802-808 para incrementar al máximo la eficiencia de refrigeración de esta unidad. El aire circula fuera de la matriz de evaporadores 514 dentro de un segundo canal 516 que conduce el aire hasta un orificio de aire refrigerado de salida 518 al que está fijado el conducto de aire 26 (figuras 1, 2, 4, y 5) que transporta el aire refrigerado hasta el avión. La matriz de evaporadores 504 (no mostrada en las figuras 8 y 9 –mostrada en las figuras 4 y 5) recibe aire exterior 501 que circula a través del filtro de aire 502 directamente en la matriz de evaporadores 504. El aire circula fuera de la matriz de evaporadores 504 a través de un canal 505 (figura 4) directamente al soplante 508. El diseño de la placa y de la aleta de las matrices de evaporadores 504 y 514 les permite ser económicas, compactas y altamente eficientes.
- Para reducir el tamaño e incrementar la eficiencia de las bobinas de condensación 406 y 410, cada condensador está construido a partir de una pareja de bobinas de condensación de microcanales superpuestos e interconectados. Con referencia a la figura 4, estas parejas de bobinas de condensación 406 y 410 son suficientemente largas y anchas para ser montadas en conjuntos de paneles o puertas 404 y 408. La puerta 404 puede ser articulada para abrirla para proporcionar acceso conveniente a los otros componentes mecánicos de aire acondicionado dentro del

módulo 400, como se muestra. Las parejas de bobinas de condensación 406 y 410 son bastante finas, de manera que no ocupan mucho espacio dentro del módulo de aire acondicionado 400, a diferencia de las disposiciones de tubos y aletas anteriores que eran mucho más voluminosas.

5 Con referencia a las figuras 11 y 12, cada una de las bobinas de condensación de microcanales (utilizadas por parejas para construir las bobinas de condensación 406 y 408) está construida como una pareja de tubos de refrigerante 1002 y 1004 espaciados paralelos que tienen secciones extremas estrechada o cónicas 1006 y 1008 para fijación conveniente a entubado de cobre o entubado flexible. Unos conductos rectangulares huecos 1010 están montados entre y perpendicularmente a los tubos 1002 y 1004, con los extremos conductos 1010 pasando a través de ranuras cortadas por la mitad de los lados de los tubos 1002 y 1004, como se muestra mejor en la figura 12. Los conductos rectangulares 1010 están divididos, además, internamente por particiones 1012 en canales rectangulares muy pequeños que proporcionan trayectorias a través de las cuales puede pasar el refrigerante entre los dos tubos 1002 y 1004 que circula a través de los conductos 1010. Los espacios entre los conductos rectangulares 1010 son rellenos entonces con aletas de aluminio finas plegadas en forma de acordeón para incrementar al máximo la transferencia de calor entre el aire que circula a través de la bobina de condensación de microcanales y el refrigerante que circula desde el tubo 1002 hasta el tubo 1004. Estas aletas de aluminio, así como la disposición de parejas de bobinas de condensación, fuerzan al aire a circular en una trayectoria de zigzag, y esto contribuye adicionalmente a la eficiencia del diseño.

20 Otros detalles con respecto al diseño general de tales bobinas de condensación de microcanales se pueden encontrar en la patente de los Estados Unidos N° 6.988.538, que fue concedida a Justin O. Merkys y col. el 24 de Enero de 2006.

25 Con referencia ahora a la figura 13, todos los módulos 14, 20, 22, 400 y 1308 se muestran interconectados entre sí por una red 1312, que en una forma de realización está realizada utilizando un bus CAN, desarrollado por CIA (CAN In Automotion), Erlangen, Alemania. Claramente, se pueden utilizar también otros protocolos de bus, incluyendo Ethernet y TCP/IP para conectar en red estos componentes juntos. El bus CAN es un bus diseñado particularmente para uso en un entorno exterior hostil de automoción. El módulo de control 22 se comunica con la red del bus CAN 1312 utilizando un excitador de bus de la red del carro 1310, y todos los otros procesadores basados en módulos actúan de la misma manera (no se muestra en la figura 13).

30 Se sabe que el módulo de control 22 tiene una pantalla de visualización 24 que tiene una matriz de cuatro botones pulsadores 1302 a su izquierda y una segunda matriz de cuatro botones pulsadores 1304 a su derecha, alineados con selecciones de menú en imágenes visualizadas (ver menús y submenús, figuras 21 a 28). Los menús están memorizados dentro de un procesador de control y diagnóstico universal 1306 que gestiona la pantalla de visualización 24 y también gestiona algunas tareas de diagnóstico y similares. El procesador 1306 consulta a toda la red 1312 con respecto a qué módulos están presentes, y adapta la información visualizada de acuerdo con ello. Los menús y los diagnósticos no son visualizados para los módulos que no están presentes y en funcionamiento.

35 En la figura 20 se muestra una disposición jerárquica de un conjunto posible de menús y otras pantallas. Cuando se conecta el sistema por primera vez, se visualiza una pantalla o menú principal (mostrado en detalle en la figura 21). Este menú principal permite al operador del carro 10 seleccionar fácilmente cuál de varios aviones debe atender el carro de equipo de soporte en tierra. Si el operador pulsa el botón pulsador adyacente al elemento "T-50 Golden Eagle", se visualiza un menú secundario mostrado en la figura 23. Cuando el operador pulsa el botón pulsador adyacente al elemento "Arranque", se ponen en marcha los acondicionadores de aire, una de las fuentes de potencia, y el sistema de refrigeración de líquido de PAO. El procesador 1306 envía a los procesadores dentro de otros módulos y, en particular, al procesador de aire acondicionado y de PAO 1900 la identidad del avión que debe atenderse (el T-50) y esto permite, por ejemplo, al procesador de aire acondicionado y de PAO ajustar los valores de referencia 1317 que controlan el funcionamiento de los dos acondicionadores de aire y el sistema de PAO de acuerdo con las necesidades específicas de la clase de aparatos T-50. La figura 15 muestra muchos de los valores de referencia de a temperatura Tsp y de la presión Psp, cuyos ajustes pueden ser ajustados de esta manera para adaptar el equipo en el carro 10 a las necesidades de tipos y clases particulares de aviones.

50 El operador puede volver al menú principal (figura 21) y pulsar el botón pulsador adyacente a "Mantenimiento" y luego se visualiza un menú de mantenimiento (figura 25). A partir de este menú de mantenimiento se puede navegar hasta una pantalla de registro de datos (figura 26), donde se puede desplazar a través de un registro de temperaturas, presiones y otros datos recopilados con el tiempo. Esta información del registro de datos 1319 (figura 13) está disponible también para procesamiento posterior por el procesador de control y diagnóstico universal 1306 que puede generar informes que predicen cosas tales como cuándo ciertos componentes requerirán servicio o es probable que fallen. Por ejemplo, un incremento gradual en la presión diferencial a través del filtro de aire 502 medida por el sensor de presión diferencial 528 permitiría predecir cuándo debe limpiarse o sustituirse el filtro 502. Otros informes similares de predicción de mantenimiento y de reparación se pueden generar de esta manera por el procesador de diagnóstico 1306. El registro de datos 1319 es mantenido por procesadores (tales como el procesador 1900) dentro de cada módulo, de manera que esta información permanece con cada módulo, si los

módulos son desmontados y separados.

Otros informes de mantenimiento más enfocados pueden ser visualizados. Por ejemplo, un informe de estado de los acondicionadores de aire de pre-refrigeración (figura 27) indica el estado actual del acondicionador de aire 520, que indica cosas útiles tales como cuánto refrigerante está eludiendo actualmente la pareja de bobinas de condensador 406 circulando a través de la válvula de derivación 638 para reducir la temperatura de la matriz de evaporadores 504, como se ha explicado anteriormente. También se indican los ajustes actuales de la válvula de expansión 620 y de otras válvulas y la velocidad del ventilador del condensador 414, junto con el estado de conexión/desconexión de los dos compresores 601 y 702.

También se proporcionan menús de ayuda, como se muestra en los menús ilustrativos mostrados en las figuras 22 y 24.

La figura 29 presenta algunos detalles mecánicos de la pantalla de visualización 24. La pantalla de visualización 24 es una pantalla electroluminiscente en blanco y negro, que es totalmente operativa sobre rangos extremos de temperatura. La pantalla de visualización 24 está intercalada junto con una pantalla metálica 2902 y con una placa de cubierta de plástico de protección 2904, todas las cuales están montadas en el lateral del módulo de control 22 mirando hacia un operador que está de pie delante del carro 10. La pantalla 2902 proporciona blindaje contra radio frecuencia a la representación, previniendo que las señales se fuguen o bien dentro del módulo de control 22 o fuera del módulo de control 22. Esta disposición sencilla y robusta de una pantalla resistente a la intemperie y de ocho botones pulsadores 1302 y 1304 robustos proporciona una representación resistente a la intemperie que combina muchas pantallas y controles que, en diseños anteriores de carros de equipo de soporte en tierra, estaban dispersados sobre todo el carro, con galgas y controles separados para cada dispositivo, y sin uniformidad de control.

Con referencia ahora a la figura 14, se muestra la máquina de estado de un proceso maestro 1400 para el procesador de aire acondicionado y de PAO 1900. Cuando se aplica potencia al módulo 400, el procesador 1900 inicia una secuencia de arranque 1402 que prepara el procesador 1900 para el funcionamiento. La secuencia de arranque 1402 permite al procesador 1900 determinar si está configurado como un módulo "autónomo" o un módulo "montado en el carro". Si el módulo 400 está montado en el carro (en la etapa 1406) espera el comando de arranque para entrar desde el bus de datos CAN después de la activación del comando del menú de ARRANQUE en un menú específico del avión, tal como se muestra en la figura 23. En otro caso, el procesador 1900 busca señales discretas desde su propia interfaz de usuario más primitiva (posiblemente un ordenador portátil enchufado en el módulo 400 utilizando un portal de Ethernet, CAN o USB,

Después de la secuencia de arranque 1402, el procesador 1900 activa una sub-máquina de registro de datos 1404. La sub-máquina de registro de datos 1404 recibe señales actuales de los sensores desde el módulo 400 y las registra en el registro de datos 1319. Este registro de datos es utilizado por los procesadores 1900 y 1306 para predicción de fallos y para funcionamiento de diagnóstico mejorado, como ya se ha explicado.

Después de que el procesador 1900 ha activado la sub-máquina de registro de datos 1404, entra en un estado de ralentí en 1406. En el estado de ralentí 1406, el procesador 1900 espera la llegada de un comando "On", a partir del comando de "Arranque" en el menú específico del avión mostrado en la figura 23. Este comando "On" puede llegar desde el bus de datos CAR o desde la interfaz de usuario del módulo 400. Después de que el procesador 1900 ha recibido el comando "On", sale del estado de ralentí 1406 y entra en el estado de chequeo de la potencia en 1408.

En el estado de chequeo de la potencia 1408, el procesador 1900 lleva a cabo una auto prueba. Con la puesta en marcha, los parámetros por defectos almacenados o los parámetros operativos seleccionados en el menú son proporcionados al procesador 1900. Estos parámetros operativos establecen los valores de referencia 1317 de las temperaturas y presiones que el procesador 1900 desea conseguir (ver los valores Tsp y Psp mostrados en la figura 15). Estos parámetros operativos son ajustados a los que son adecuados a las temperaturas y presiones (y la potencia eléctrica) de salida requeridos por cualquier avión dado que puede tener que se conectado al módulo de aire acondicionado y de PAO 400. Después de la realización de la verificación del estado de potencia, el procesador 1900 conecta gradualmente los compresores 601 y 702 y el soplante 508 para asegurar que no se permite que la temperatura de salida del aire acondicionado (medida por el transductor 544) exceda un nivel no deseable. Adicionalmente, el procesador 1900 activa gradualmente todas las cargas grandes restantes para prevenir una carga transitoria indebida de la fuente de potencia eléctrica. De esta manera, el sistema de PAO 700 es elevado gradualmente en la presión y es rebajado en la temperatura, y la bomba 833 de vacío cancela el sistema de PAO de aire antes de que esté totalmente en línea.

Mientras se encuentran en el estado de verificación de la potencia 1408, el procesador 1900 auto-detecta también el tipo de potencia de entrada (utilizando los transductores 1708 a 1718 mostrados en la figura 18) y varía de manera correspondiente los ajustes de los dos acondicionadores de aire 520 y 522 y del sistema de PAO 700 degradando el rendimiento máximo alcanzable para reflejar menos disponibilidad de potencia y la necesidad de proporcionar refrigeración de PAO además de la refrigeración de aire. Por ejemplo, si el procesador 1900 detecta un a tensión de

entrada más baja que una tensión de entrada deseada en los transductores 1710, 1712 y 1716, el procesador 1900 puede ajustar los valores de referencia 1317 para proporcionar menos refrigeración al avión para compensar esto. Esta respuesta automática a condiciones de potencia variables permite al usuario utilizar la unidad sin interrupción, independientemente de la ciudad o país, en los que la unidad esté funcionando.

5 Si el procesador 1900 detecta falta de potencia o potencia anormal durante diez segundos, desactiva las máquinas actualmente en funcionamiento, trata de aislar el fallo de potencia y luego entra en un estado de alarma de activación de fallo del sistema 1422. Tal fallo del sistema es anunciado con una alarma audible y visible. Mientras exista potencia disponible para ellos, los procesadores 1900 y 1306 continúan funcionando, permitiendo el aislamiento del fallo y el uso continuado del resto de los módulos. Los condensadores que almacenan momentáneamente carga proporcionan un tiempo de funcionamiento breve continuado para los procesadores 1900 y 1306 después de un fallo de la potencia. En una disposición alternativa, se podrían prever baterías de apoyo dentro de cada módulo para proporcionar a los procesadores del módulo potencia continuada para funcionar y realizar diagnósticos cuando no está disponible potencia por alguna razón.

15 Si está disponible potencia adecuada, el procesador 1900 entra en el estado de activar sub-estados de las máquinas 1410, donde pone en marcha varios procesadores de fondo en tiempo real. A partir de este estado 1410, el procesador 1900 pasa al estado de marcha 1412. En el estado de marcha 1412, el procesador 1900 comienza la operación normal. Bajo operación normal, el procesador 1900 alcanza los parámetros de salida deseados (el valor de referencia dado de las temperaturas y las presiones) de la manera más eficiente posible activando gradualmente el ventilador del condensador 414 a ajustes lentos y rápidos y ajustando los parámetros de aire acondicionado y de PAO para producir la salida deseada. Los parámetros o valores de referencia seleccionados son utilizados como se muestra en la figura 15, donde los controladores 1502, 1504, 1506, 1508, 1510, 1512, 1514 y 1516 están todos implementados como algoritmos digitales de control de procesos que ejecutan como cadenas de control instituidas dentro del procesador de aire acondicionado y de PAO 1900, de tal manera que cada controlador implementa una cadena de control dentro del procesador 1900 que forma parte de uno de los bucles de control de realimentación mostrados en la figura 15 dentro de los dos acondicionadores de aire 520 y 522 y el sistema de PAO 700. El procesamiento del registro de datos continúa durante esta operación normal del procesador 1900.

El mantenimiento y los diagnósticos son realizados también por los dos procesadores 1900 y 1306, El registro de datos 1319 es recopilado para uso en la predicción de fallos y mejora del diagnóstico. En el caso de un fallo de un componente menor o fallo inminente de un componente mayor, el procesador 1306 entra en un estado de seguridad contra fallos 1418. Si sobre la base de los datos acumulados, existe un peligro de operación continuada, el procesador 1306 anuncia un fallo fatal del sistema y entra en el estado de alarma 1422 y desconecta inmediatamente la unidad en 1420. Si el registro de datos 1319 indica que la unidad está funcionando fuera de su rango operativo normal, el procesador 1306 anuncia un fallo del sistema y entra en el estado de alarma 1422, pero no desconecta necesariamente todo el módulo 400. Si el registro de datos 1319 indica que se puede plantear un problema en el futuro próximo, el procesador 1306 puede anunciar simplemente una alarma del sistema y entrar en el modo de seguridad contra fallos 1418. El estado de seguridad contra fallos 1418 no hace sonar una alarma, sino que muestra una indicación en la pantalla 22 sobre la naturaleza de la alarma. Los estados de alarma 1422, de seguridad contra fallo 1418 y de desconexión 1422 se pueden producir desde todos los otros estados 1416 en el proceso maestro 1300 del procesador 1900.

40 El controlador continúa el funcionamiento normal en el estado de marcha 1412 hasta que recibe un comando "Off" o "Stop", típicamente desde uno de los menús mostrados en las figuras 21, 23 y 25. Después de la recepción del "Comando Off", el procesador 1900 entra en el estado de desactivar sub-estados de las máquinas 1414. Mientras está en este estado 1414, el procesador 1900 concluye el funcionamiento de todos los componentes del sistema y almacena el registro de datos 1319. El procesador 1900 retorna entonces al estado en ralentí 1406 y espera otro comando "On" o "Start".

50 Con referencia ahora a la figura 16, se muestra un procesador 1900 que implementa una máquina de estado 1501 para uno de los compresores 601 ó 702. La máquina de estado del compresor 1501 comienza en el estado en ralentí 1503. Una vez que el procesador 1900 activa la máquina de estado del compresor 1501 y no existe fallo de corriente, la máquina de estado del compresor 1501 entra en el estado de espera 1505. Mientras se encuentra en el estado de espera 1501, la máquina de estado del compresor 1501 pone en marcha un reloj de ciclo corto para producir un retraso. Una vez que el reloj de ciclo corto alcanza cero, la máquina de estado del procesador 1501 se mueve desde el estado de espera 1505 hacia el estado de arranque 1507 y pone en marcha el compresor 601 ó 702. Mientras se encuentra en el estado de arranque 1507, la máquina de estado del compresor 1501 realiza una pausa de treinta segundo antes de avanzar hasta el estado de funcionamiento 1509.

55 La máquina de estado del compresor 1501 permanece en el estado de funcionamiento 1509, y el compresor 601 ó 702 continúa funcionando, hasta que el procesador 1900 que el compresor debe desactivarse. Una vez que se ha recibido el comando de desactivación del compresor, la máquina de estado del compresor 1501 se mueve desde el estado de funcionamiento 1509 hasta el estado de desconexión 1511. Se puede señalar a la máquina de estado del compresor 1501 que el compresor ha sido desactivado durante cualquier estado normal 1513 en el caso de un

fallo del sistema. Después de la recepción de tal señal, la máquina de estado del compresor 1501 entra en el estado de desconexión 1511. Finalmente, a partir del estado de desconexión 1511, la máquina de estado del compresor 1501 entra de nuevo en el estado en ralentí 1503.

5 Con referencia ahora a la figura 17, se muestra la máquina de estado 1600 del soplante 508. El objetivo de la máquina de estado del soplante 1600 es conseguir el caudal de flujo deseado de aire y presión para cumplir los parámetros operativos de cualquier avión dado controlando el impulsor de velocidad variable localizado dentro del conducto de los dos acondicionadores de aire. El soplante 508 comienza en un estado en ralentí en 1602. Una vez que el procesador 1900 ha activado la máquina de estado del soplante 1600 y proporciona un valor de referencia de funcionamiento de la presión, la máquina de estado del soplante entra en un primero de dos estados de localización de averías 1604. En este estado, el impulsor es ajustado a baja velocidad para localizar problemas iniciales, tales como un bloqueo o fallo en el funcionamiento del soplante 508. La máquina de estado del soplante 1600 entra entonces en un segundo estado de localización de avería 1606, en el que se realizan verificaciones de la presión y de la potencia hacia el soplante 508 para ver si un conducto de aire está conectado entre el carro 10 y un avión o si, en algún otro aspecto, existe una presión mala. Si no está conectado ningún conducto de aire 26 o si el conducto de aire 26 está conectado al tipo o clase erróneos de avión, o si los sensores en el sistema de soplante detectan en otro caso lecturas malas de la presión durante diez segundos, la máquina de estado del soplante 1600 entrará en el estado de alarma 1622, emitiendo una alarma adecuada al operador.

20 Si un conducto de aire 26 está conectado y existe de otra manera buena presión, la máquina de estado del soplante 1600 entrará en el estado de ajustar la frecuencia del motor del soplante 1610. Aquí el motor 506 está ajustado a la frecuencia de potencia A. C. La máquina de estado del soplante 1600 entra entonces en un estado 1608, donde verifica el cambio de la presión a través del soplante 508. Si no está conectado ningún conducto de aire 26, o si el conducto de aire 26 está conectado al tipo o clase erróneos de avión. O si los sensores en el sistema del soplante detectan de otra manera mala presión durante diez segundos, la máquina de estado del soplante 1600 entra de nuevo en el estado de alarma 1622, emitiendo una alarma adecuada al operador. Si un conducto de aire 26 está conectado y no existe buena presión o si se ha seleccionado un tipo o clase de avión utilizando el menú mostrado en la figura 21, entonces se comparan el cambio de la presión a través del soplante 508, medido por el sensor de presión diferencial 532 (figura 5), y la potencia consumida por el convertidor 525 de tensión a frecuencia del soplante, medida multiplicando la tensión 1720 por la corriente 1722 (figura 18), con valores normales registrados hallados en el registro de datos 1319 para el tipo o clase de avión que había sido seleccionado en el menú mostrado en la figura 21. Si la presión y la potencia consumida no corresponden a ese tipo de avión, entonces se emite una alarma 1622 al operador y se entra en el estado en ralentí 1602 mientras se verifica el problema.

35 La máquina de estado del soplante 1600 verifica a continuación el mapa del soplante 1612. El mapa del soplante contiene datos que ayudan a guiar y configurar el algoritmo de control dentro del procesador 1900 que ajusta la frecuencia del motor del soplante. Estos datos establecen los límites operativos del sistema de soplante e incluyen también información que atestigua la conservación del sistema de soplante.

40 Si los datos de estado del soplante 508 están contenidos dentro del mapa del soplante, la máquina de estado del soplante 1600 entra en un estado 1614 en el que se permite el funcionamiento del soplante 508 a una frecuencia dada, mientras se verifica la desviación de la frecuencia de salida del carro 10 (medida por el transductor de presión 526). Si la desviación o error excede un valor umbral (etapa 1650), entonces se ajusta de nuevo la frecuencia del soplante en la etapa 1615 para reducir al mínimo el error.

Si en la etapa 1612 los datos para el soplante no se encuentran dentro del mapa del soplante, la máquina de estado del soplante 1600 entra en el estado de alarma 1422 y desconecta los acondicionadores de aire.

45 La figura 18 presenta un diagrama parcialmente en bloques y parcialmente esquemático de las conexiones de señales y de potencia eléctrica a los compresores 601 y 702, el ventilador de condensador 414 de dos velocidades, y el soplante 508, su motor 506, y su convertidor de tensión a frecuencia 525. Se muestran las localizaciones de los sensores de tensión y de corriente, todas cuyas señales de alimentación al procesador de aire acondicionado y de PAO 1900 se muestran en la figura 19. Las señales generadas por el procesador 1900 (mostradas en la figura 19) y alimentadas a los componentes 601, 702, 414 y 525 se muestran también en la figura 18 para completar la descripción de todas las señales significativas que conectan el procesador 1900 a los varios procesos de aire acondicionado.

55 La figura 19 presenta el procesador de aire acondicionado y de PAO 1900. La figura 19 releva y hace una lista y clasifica todas las señales que fluyen desde varios tipos de sensores asociados con los procesos de aire acondicionado y el proceso de PAO en el procesador 1900. También revela y hace una lista y clasifica todas las señales de control generadas por el procesador 1900 que retornan y controlan los componentes de los procesos de aire acondicionado y el proceso de PAO. En la figura 19, todas las señales están identificadas por el nombre y por el mismo número de referencia que se asigna al transductor que es la fuente de una señal de entrada o al dispositivo que es el destino de una señal de salida. "PRE-C" es una señal que se refiere al acondicionador de aire de pre-refrigeración 520 mostrado principalmente en la figura 6. "POST-C" es una señal que se refiere al acondicionador de

aire de post-refrigeración 522 mostrado en la figura 7. "PAO" es una señal que se refiere al procesador de refrigerante líquido de PO mostrado en la figura 8. Muchas de las señales mostradas en la figura 19, que se refieren al control real de procesos, se muestran también en el diagrama de control de procesos presentado en la figura 12. Otras señales proceden o pasan a la figura 18. El uso de estas señales ya ha sido explicado anteriormente.

REIVINDICACIONES

1.- Un sistema de aire acondicionado que se conecta de forma desprendible a un puerto de un avión (823), comprendiendo el sistema:

5 un conducto de aire (500) que conecta una entrada de aire y un filtro (502) a un acoplamiento (518) adaptado para ser conectado a un extremo de un conducto de aire (26) o manguera, cuyo otro extremo está adaptado para ser conectado al puerto de avión;

10 un soplante (508) de velocidad variable en dicho conducto de aire (500), un sensor de presión (526) conectado a dicho conducto de aire (500) adyacente a dicho acoplamiento (518) para detectar la presión del aire que pasa al avión, y un controlador (1514) que recibe como entradas la presión detectada por dicho sensor de presión (526) y una presión de referencia que puede ser variada para satisfacer los requerimientos de diferentes tipos o clases de avión, en el que el controlador (1514) varía la velocidad del soplante (508) para regular la presión suministrada al avión (823);

15 primero y segundo acondicionadores de aire (520, 522), cada uno de los cuales comprende un conducto circular de refrigerante que canaliza refrigerante a través de un compresor (601, 702), un condensador (406, 410), una válvula de expansión (620, 720), y un evaporador (504, 514), estando posicionado el evaporador (504, 514) en dicho conducto de aire (500), de manera que el evaporador (504) del primer acondicionador de aire precede al soplante (508) y el evaporador (514) del segundo acondicionador de aire sigue al soplante (508) en el conducto de aire (500); y un ventilador de refrigeración (414) del condensador que impulsa aire a través de los dos condensadores (406, 410) y controlado por un controlador (1518) sensible a una o más presiones o temperaturas medidas en uno de los conductos de aire o refrigerante o en el aire circundante.

20

2.- Un sistema de aire acondicionado de acuerdo con la reivindicación 1, en el que cada acondicionador de aire comprende, además;

25 un circuito de refrigerante que deriva el condensador (601, 702) y la válvula de expansión (620, 720) y que incluye una válvula de derivación de escape del compresor (638, 738) controlada por un controlador (1506; 1512) que recibe una señal desde un sensor de temperatura conectado a dicho conducto de aire aguas abajo del evaporador (504, 514) del acondicionador de aire y que recibe también un valor de la temperatura de referencia.

30

3.- Un sistema de aire acondicionado de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que cada acondicionador de aire comprende, además;

35 una válvula reguladora de la presión del evaporador (632, 732) en el circuito de refrigerante aguas arriba del compresor (601, 702) controlada por un controlador (1502, 1508) que recibe una señal desde un sensor de temperatura conectado al conducto de refrigerante aguas abajo del evaporador (504, 514) y que recibe también un valor de de temperatura de referencia.

40 4.- Un sistema de aire acondicionado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cada acondicionador de aire comprende, además:

45 sensores de temperatura (538, 540, 542, 544) que muestren temperaturas del refrigerante aguas arriba y aguas abajo del evaporador (504, 514) y que suministra estas temperaturas a un controlador (1900) que regula la válvula de expansión del evaporador para mantener el evaporador húmedo.

5.- Un sistema de aire acondicionado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende, además:

50 un sub-refrigerador de línea de aspiración que comprende un intercambiador de calor (614, 714) que acopla el conducto de refrigerante de aguas arriba de la válvula de expansión del evaporador (620, 720) al conducto de refrigerante de aguas abajo del evaporador (504, 514) y que está montado profundo para servir como un depósito de refrigerante.

55 6.- Un sistema de aire acondicionado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende, además:

60 un procesador de acondicionador de aire (1900) sensible a una o más presiones o temperaturas medidas en uno de los conductos de aire o refrigerante que pone en marcha los dos compresores (601, 702) del acondicionador de aire y pone en marcha el soplante (508) en primer lugar a velocidad más baja para verificar el sistema y luego a velocidad de refrigeración normal, completando estas tareas en aproximadamente 30 segundos.

7.- Un sistema de aire acondicionado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende, además:

- 5 un sensor de presión diferencial (528) a través del filtro (502) que proporciona una medición de la presión a un procesador de acondicionador de aire (1900) que señala cuándo la medición de la presión indica que el filtro (502) debe limpiarse o sustituirse enseguida.

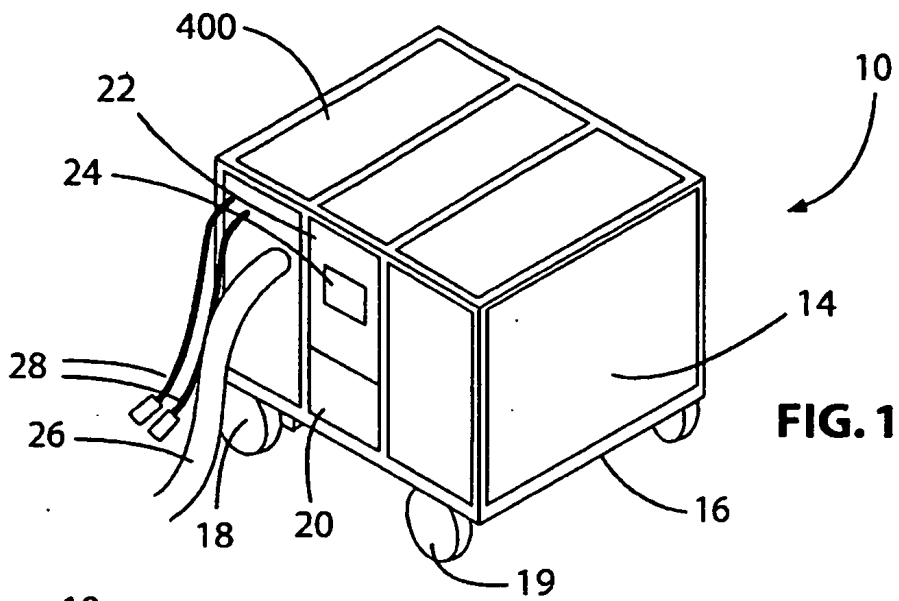


FIG. 1

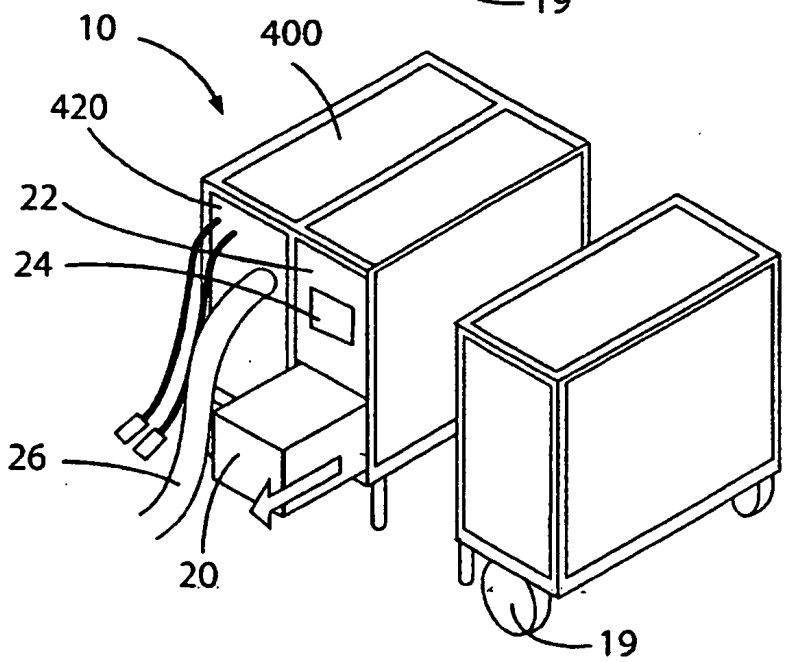


FIG. 2

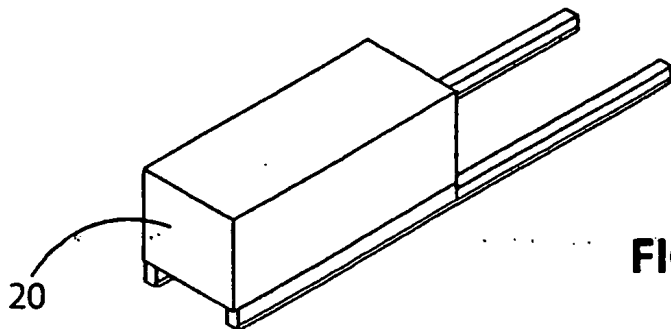


FIG. 3

FIG. 4

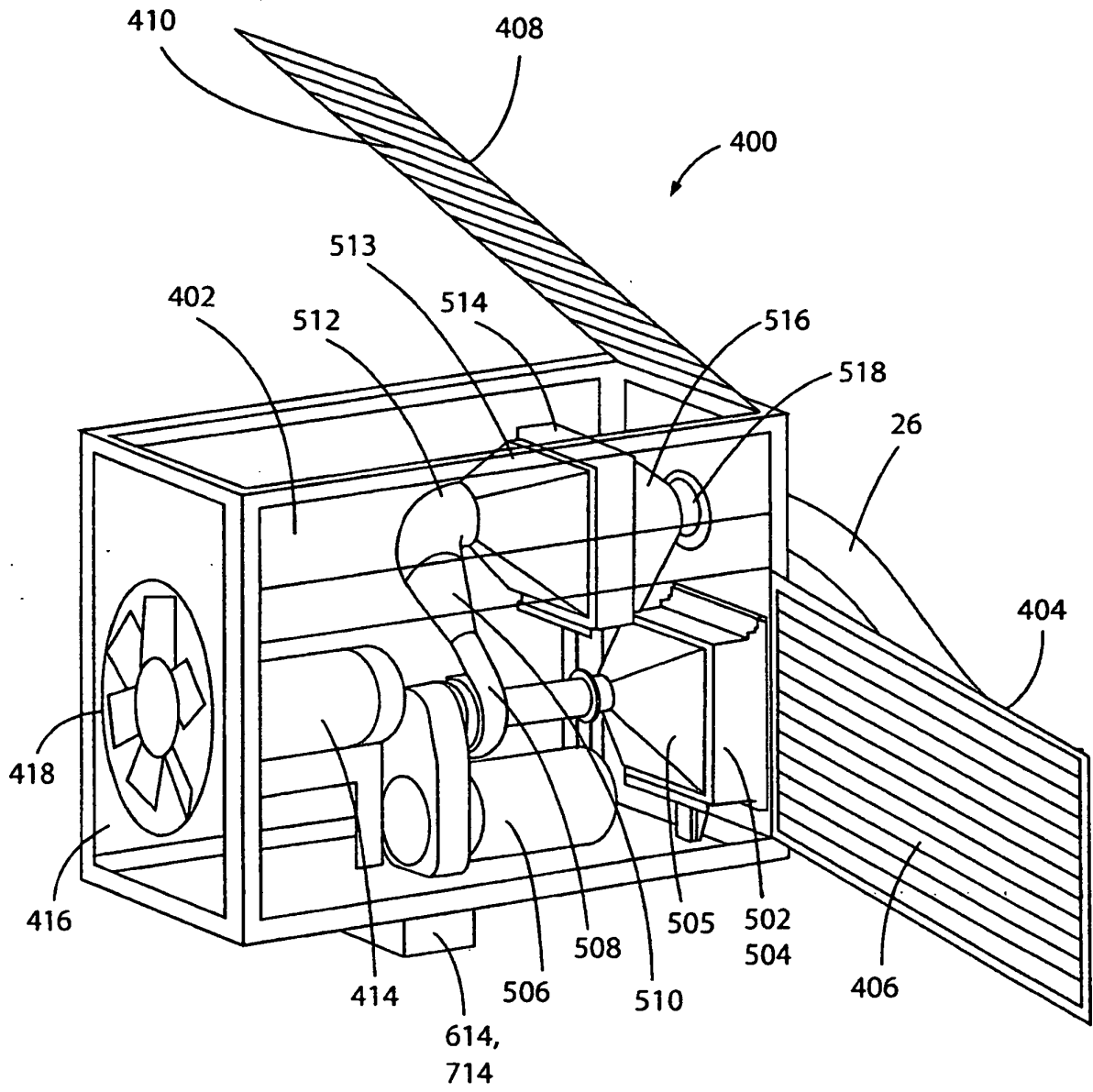


FIG. 5

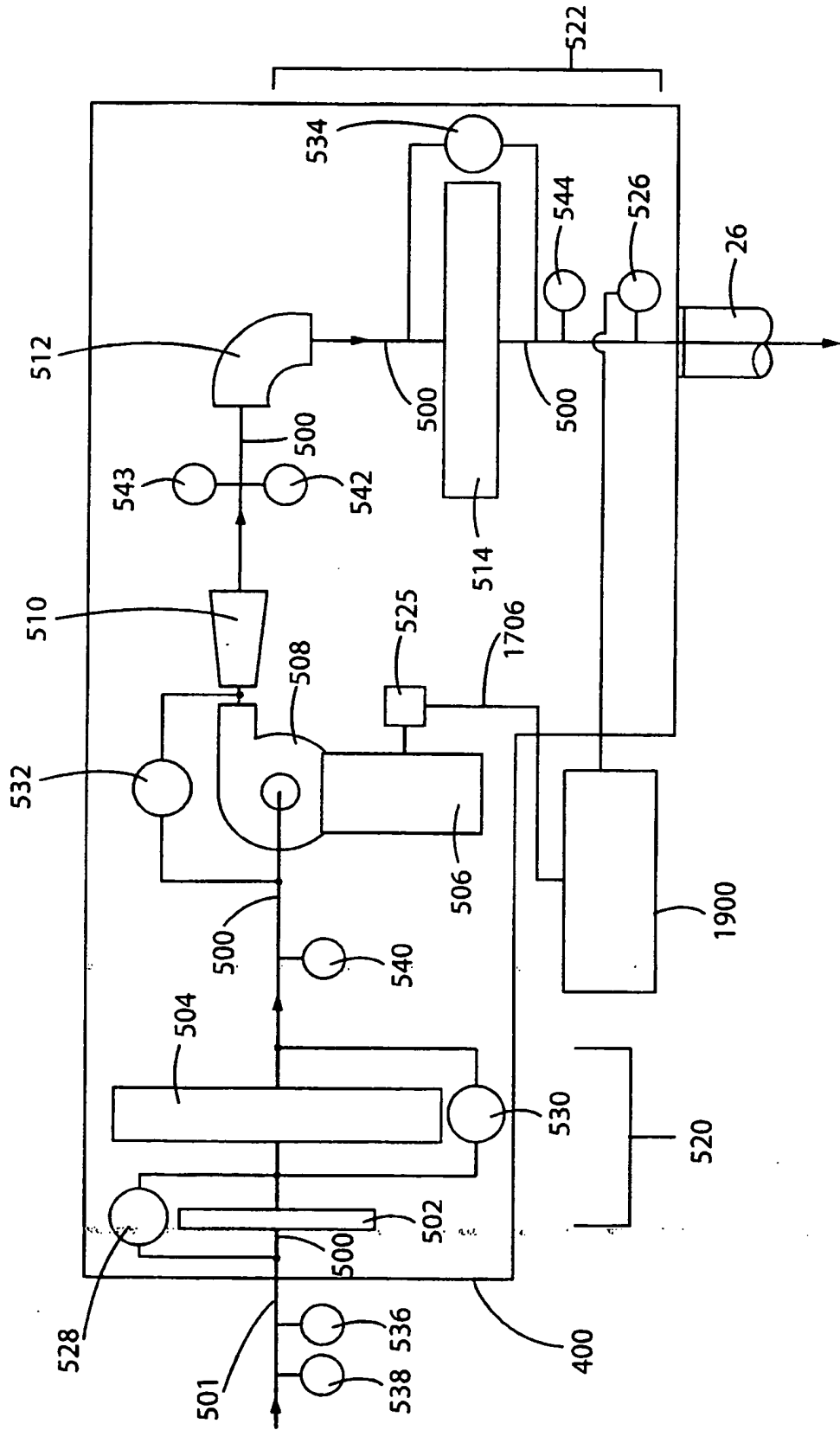


FIG. 6

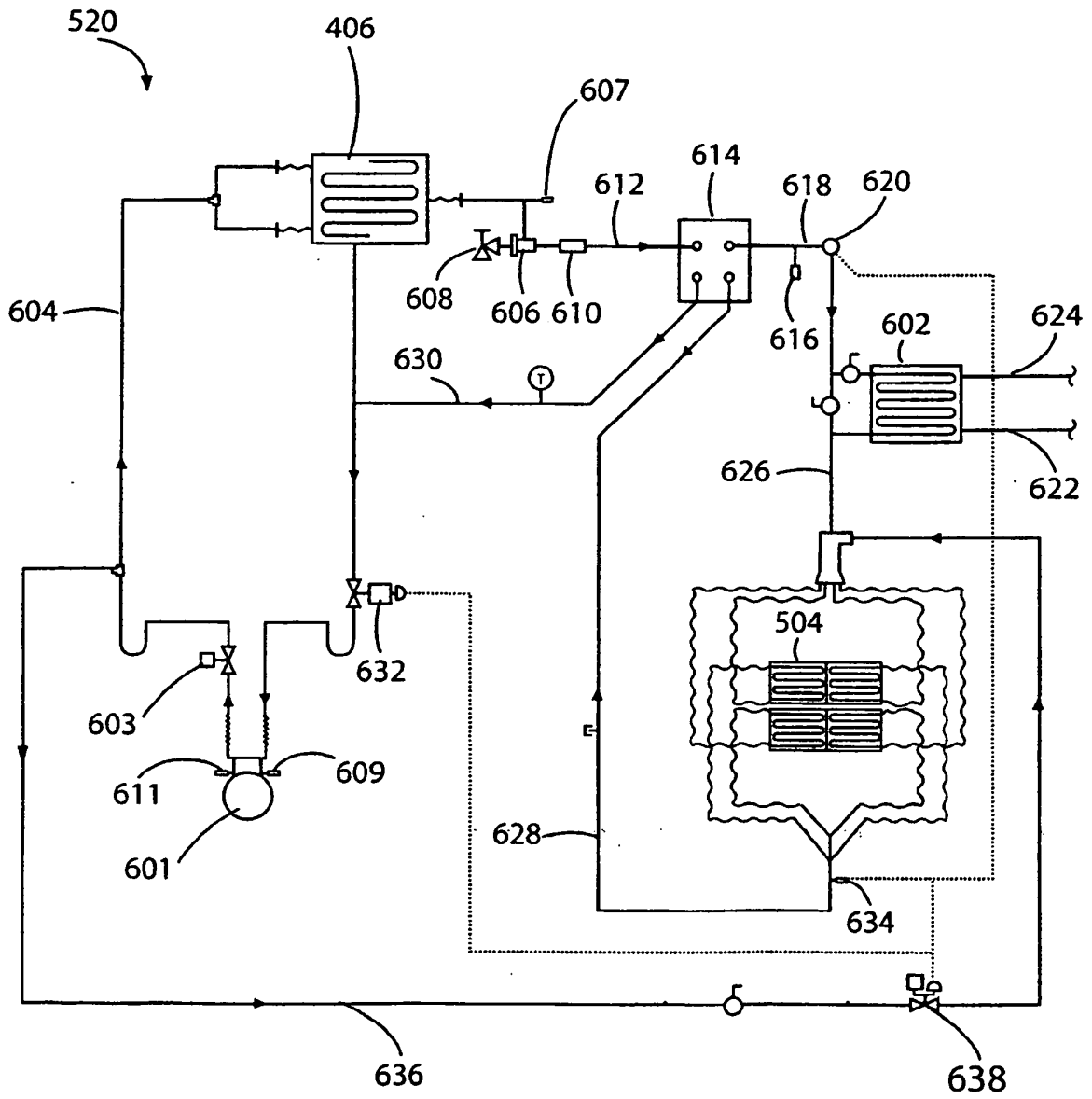
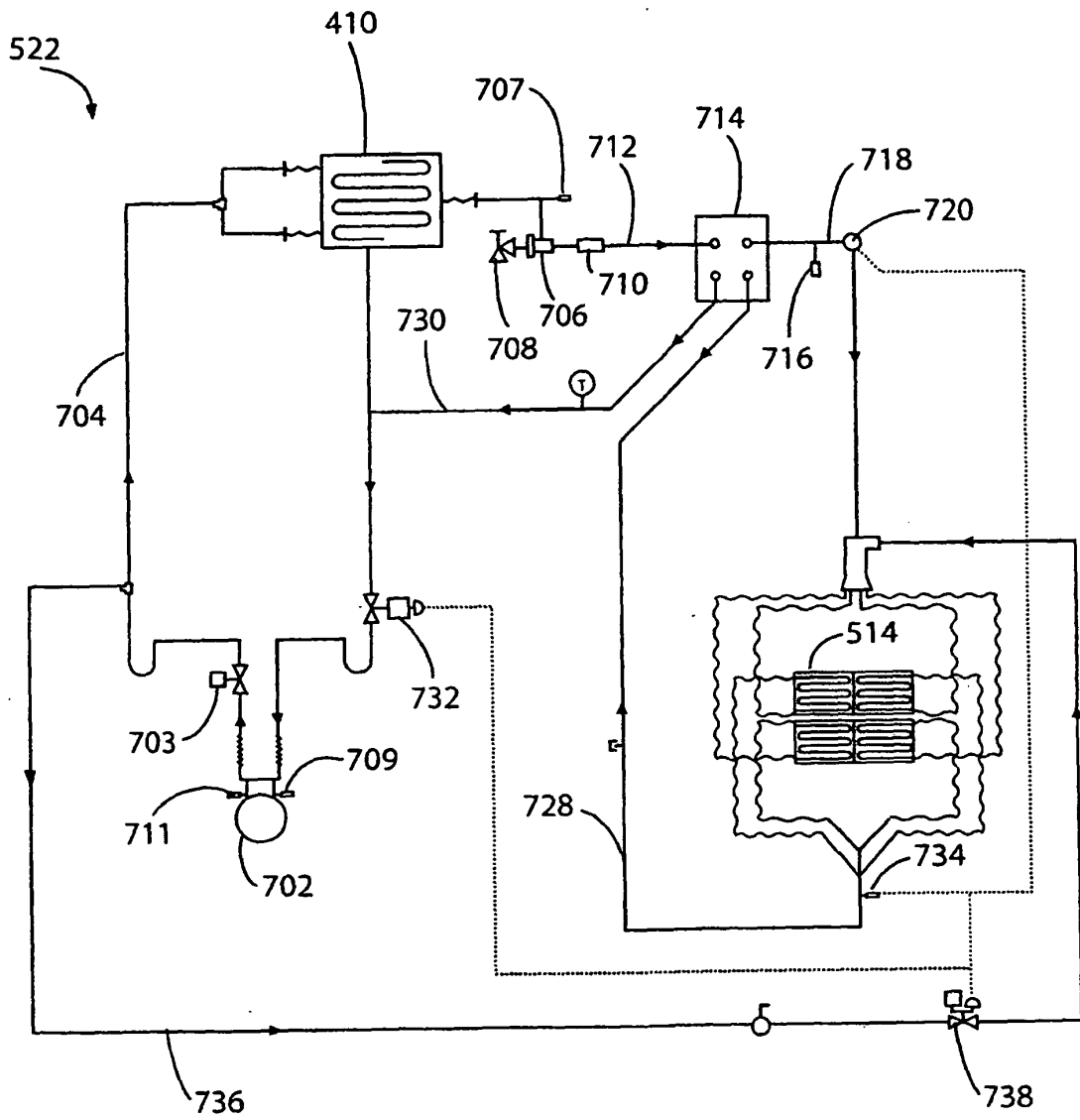
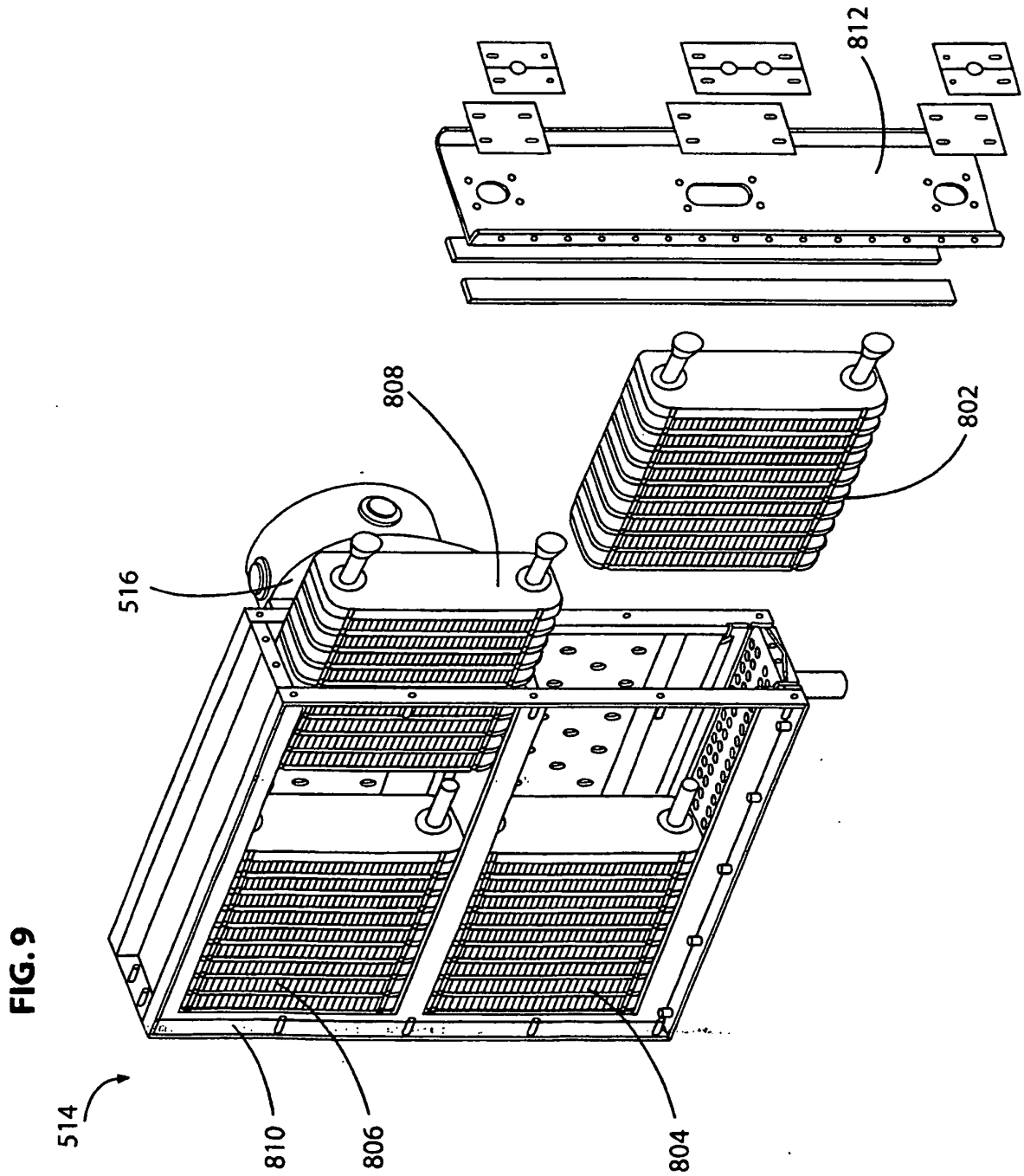


FIG. 7





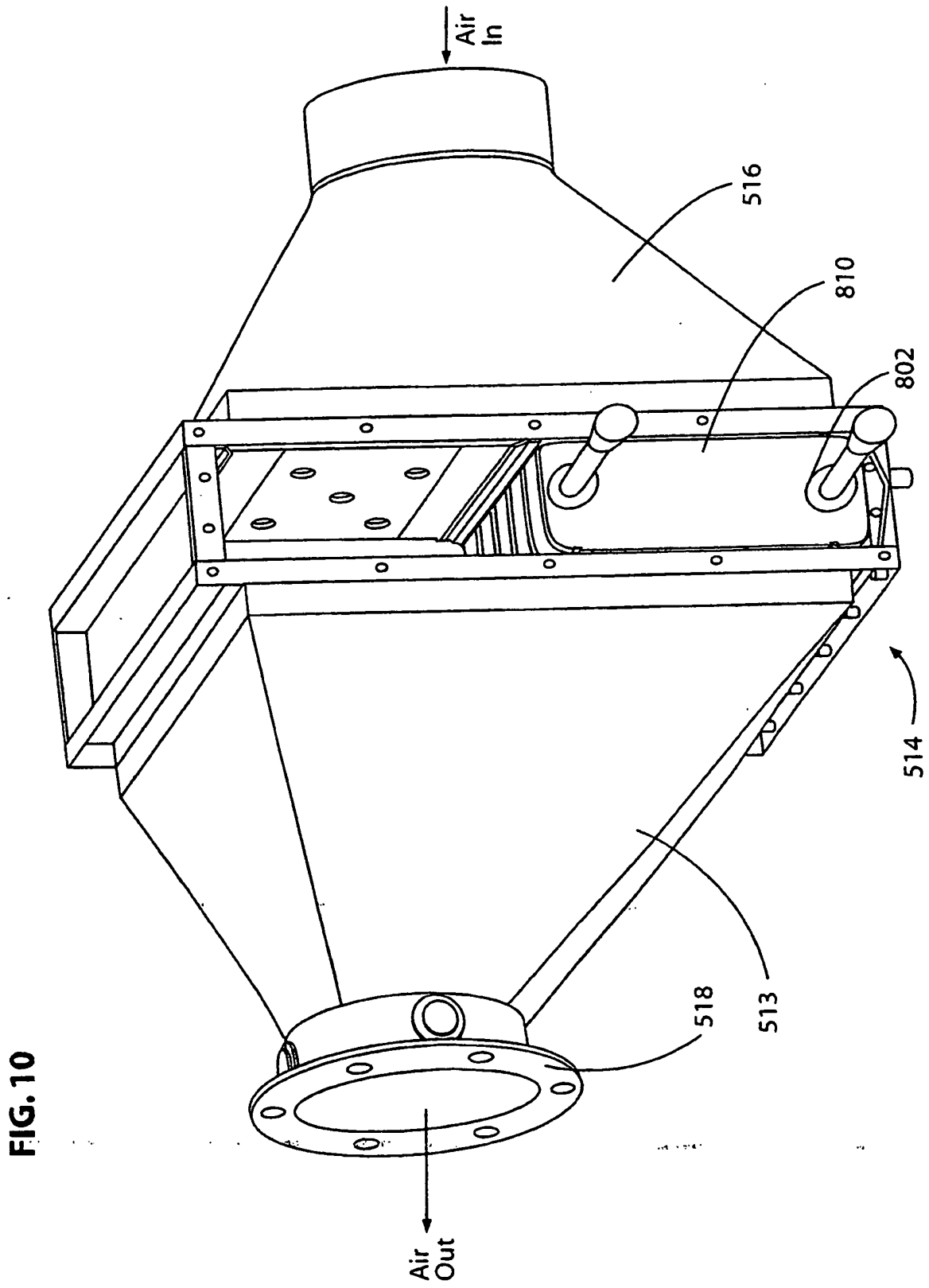


FIG. 11

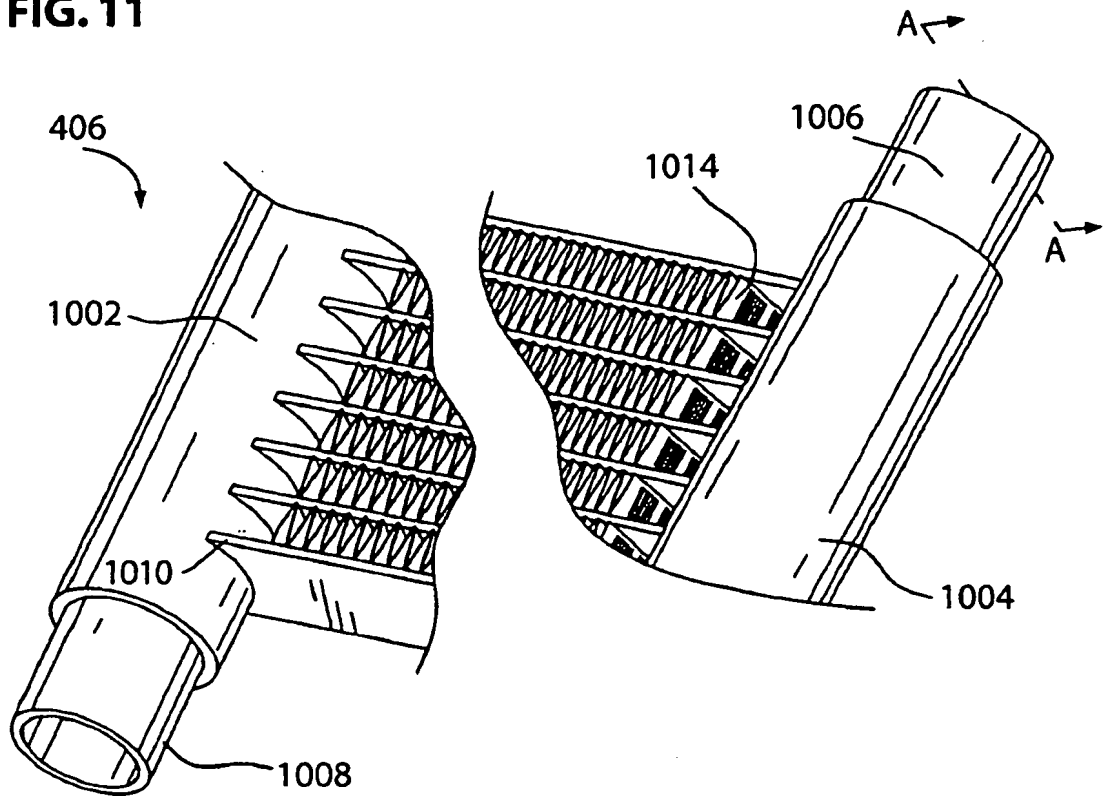


FIG. 12

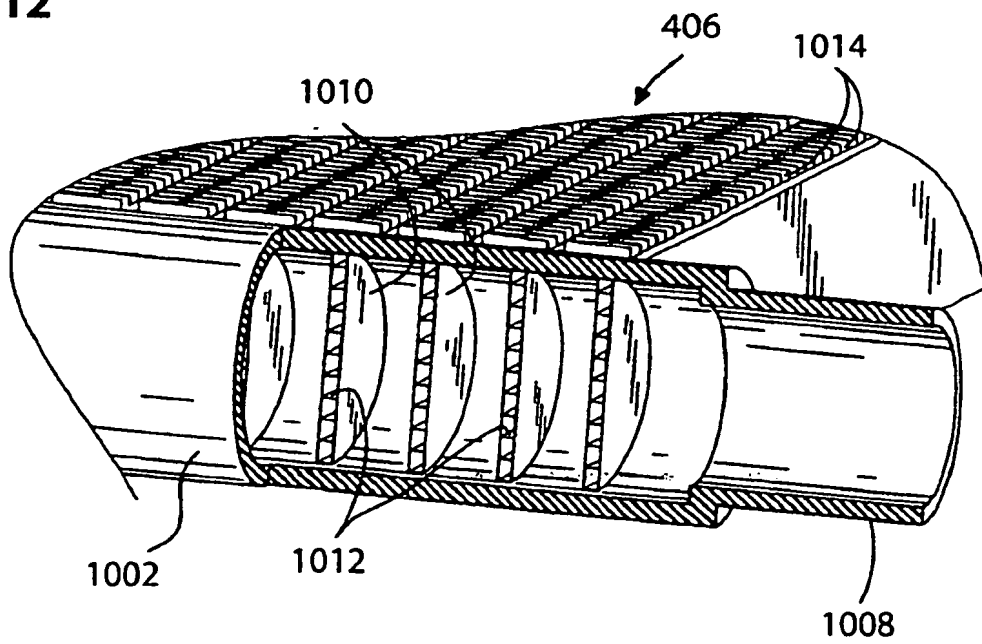


FIG. 13

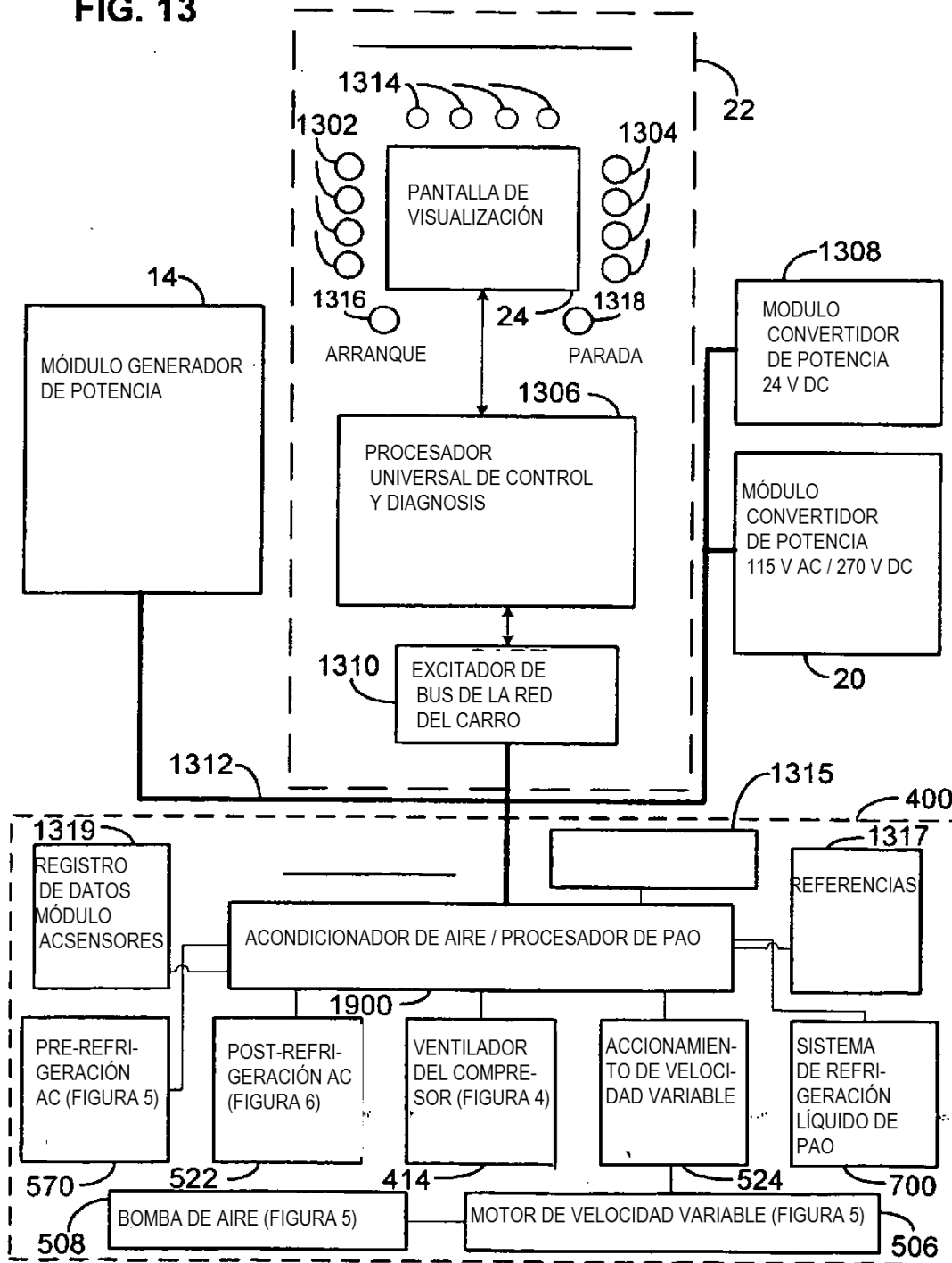
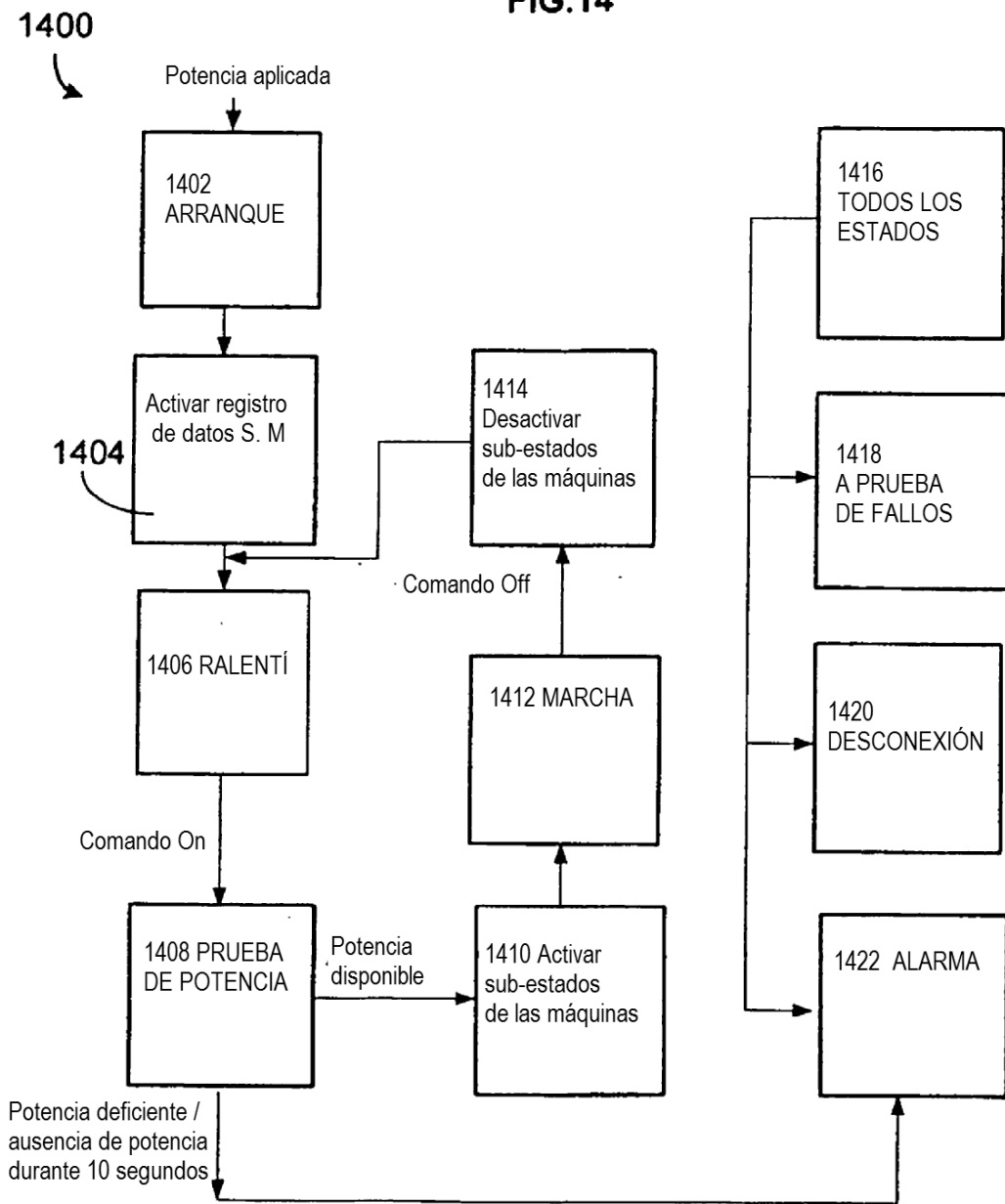


FIG.14



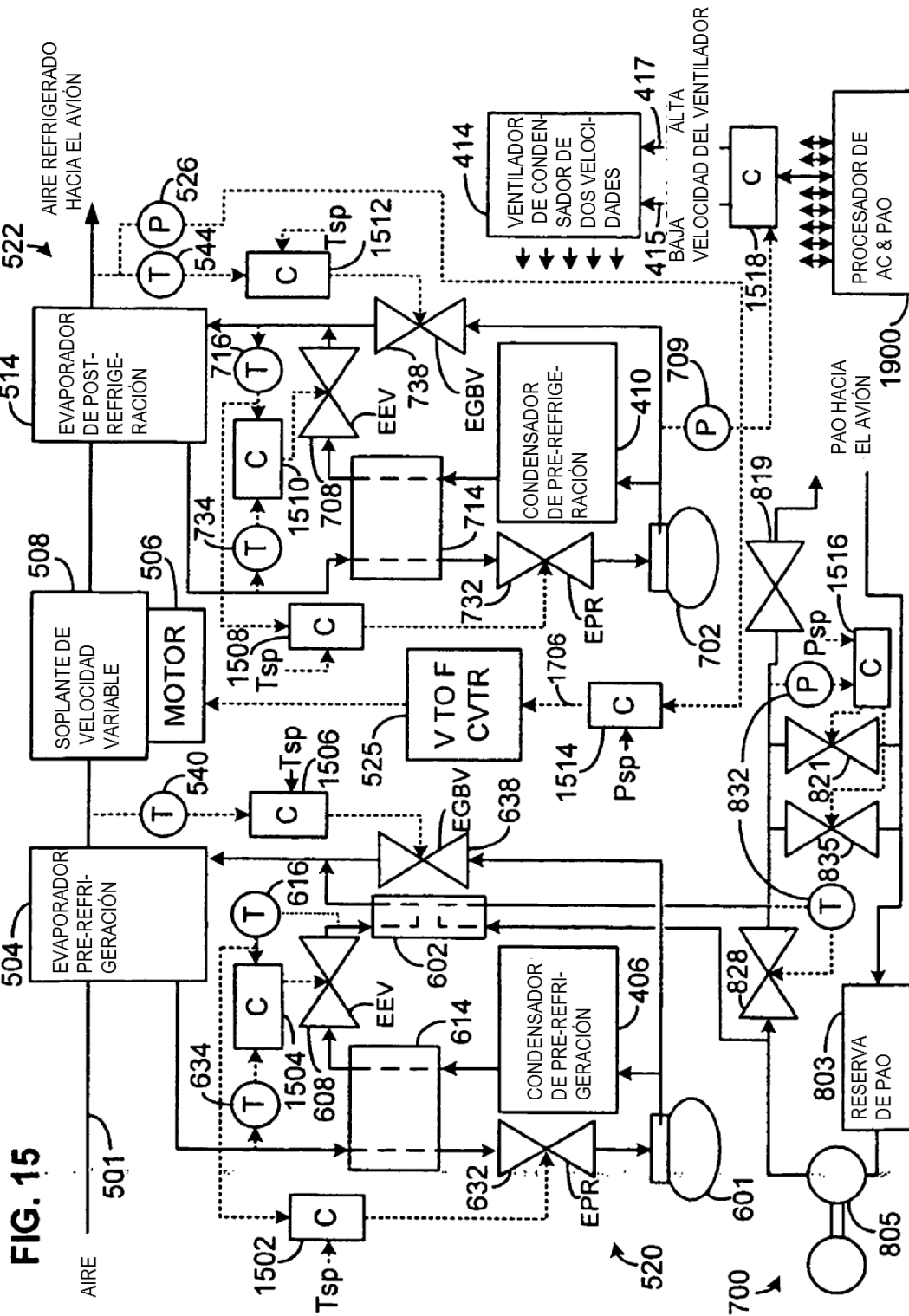


FIG.16

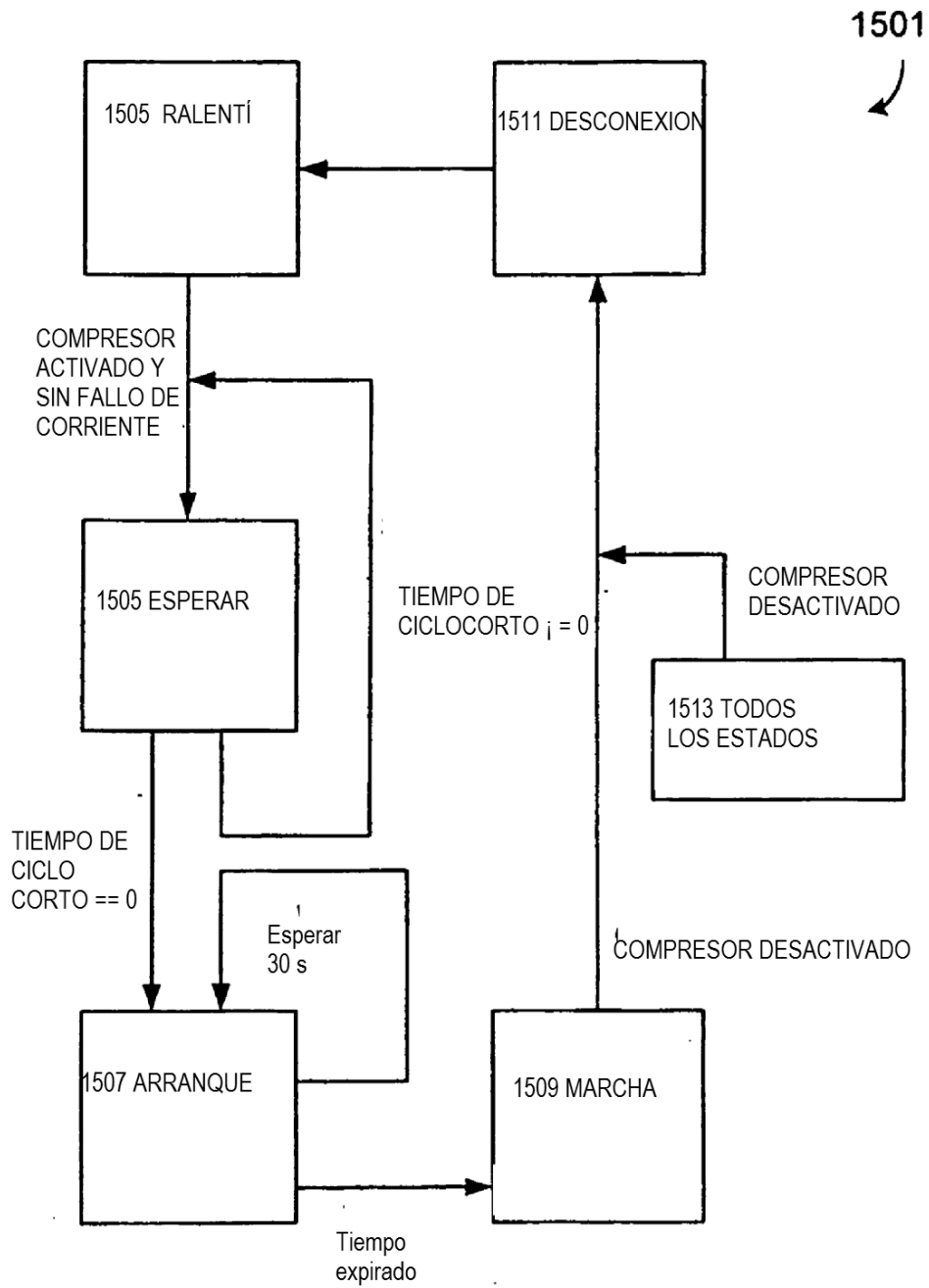
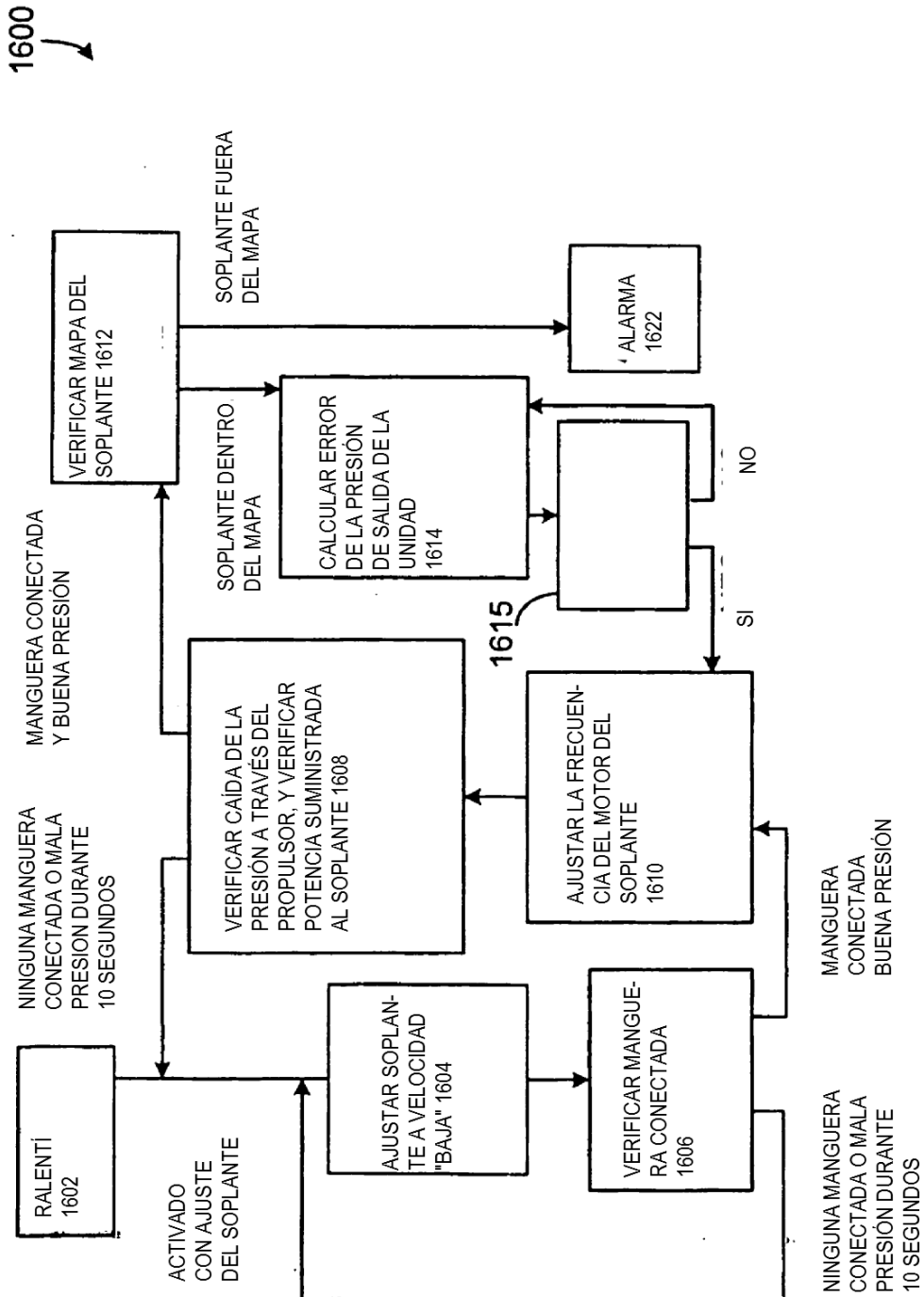


FIG.17



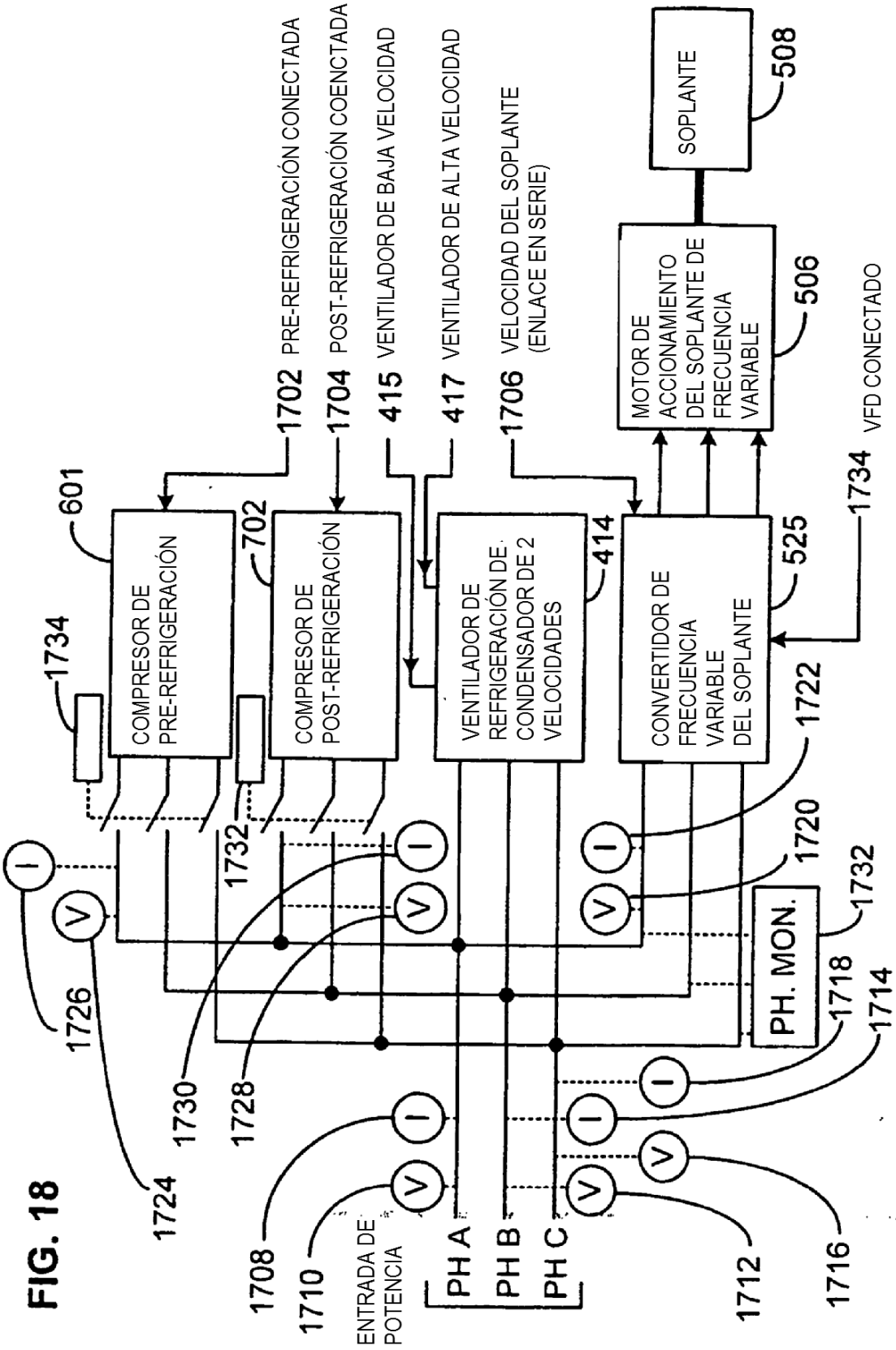


FIGURA 19

VÁLVULAS ELÉCTRICAS

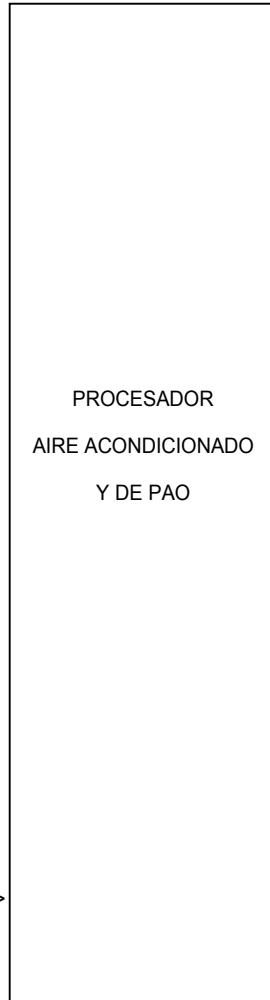
1708 Ph A V>
 1710 Ph A I>
 1712 Ph B V>
 1714 Ph B I>
 1716 Ph C V>
 1718 Ph C I>
 1720 SOPLANTE V>
 1722 SOPLANTE I>
 1724 PRE-C V>
 1726 PRE-C I>
 1728 POST-C V>
 1730 POST-C I>
 1732 MONITOR DE FASES>

PRESIÓN Y TEMPERATURA

611 DESCARGA PRE-C>
 607 PRE-C-COND>
 616 PRE-C SUCT L>
 634 PRE-C EVAP>
 609 PRE-C SUCT>
 711 DESCARGA POST-C>
 707 POST-C COND>
 716 POST-C SUCT L>
 739 POST-C EVAP>
 709 POST-C SUCT>
 832 SALIDA DE PAO>

PRESIÓN

526 SALIDA AT>
 543 SOPLANTE AT>
 528 ACCR. FILTRO DE AIRE>
 539 ACCR. PRE-C>
 532 ACCR. SOPLANTE>
 534 ACCR. POST-C>



TEMPERATURA

< 538 AMBIENTE 538
 <540 PRE-REFRIGERACIÓN 540
 <542 SOPLANTE 542
 <526 SUMINISTRADO 526
 <TEMPERATURA DE RETORNO DE PAO 827
 <TEMPERATURA DE RESERVA DE PAO 850

NIVEL DEL LÍQUIDO

<NIVEL DEL LÍQUIDO PAO 824

CONEXIÓN/DESCONEXIÓN SALIDAS DE SEÑALES

>BOMBA DE PAO 805
 >BOMBA DE VACÍO DE PAO 833
 >VÁLVULA DE SUMINISTRO DE PASO 819
 >PRE-C ISOL. SOL. 1734
 >PRE-C COMPR. CONECTADO 1702
 >PRE-C DESCONEXIÓN 603
 >POST-C ISOL. SOL. 1732
 >POST-C COMPR. CONECTADO 1704
 >POST-C DESCONEXIÓN 703
 >COMP VENTILADOR BAJA VELOCIDAD 415
 >COMP VENTILADOR ALTA VELOCIDAD 417
 >SOPLANTE VFD CONECTADO 1734

SALIDAS DE SEÑALES DE 0 A 10 V

>PRE-C EEV 620
 >PRE-C EGBV 638
 >PRE-C EPR 652
 >POST-C EEV 720
 >POST-C EGBV 738
 >POST-C EPR 732
 >VELOCIDAD DEL SOPLANTE 1706
 (ENLACE EN SERIE)

1900

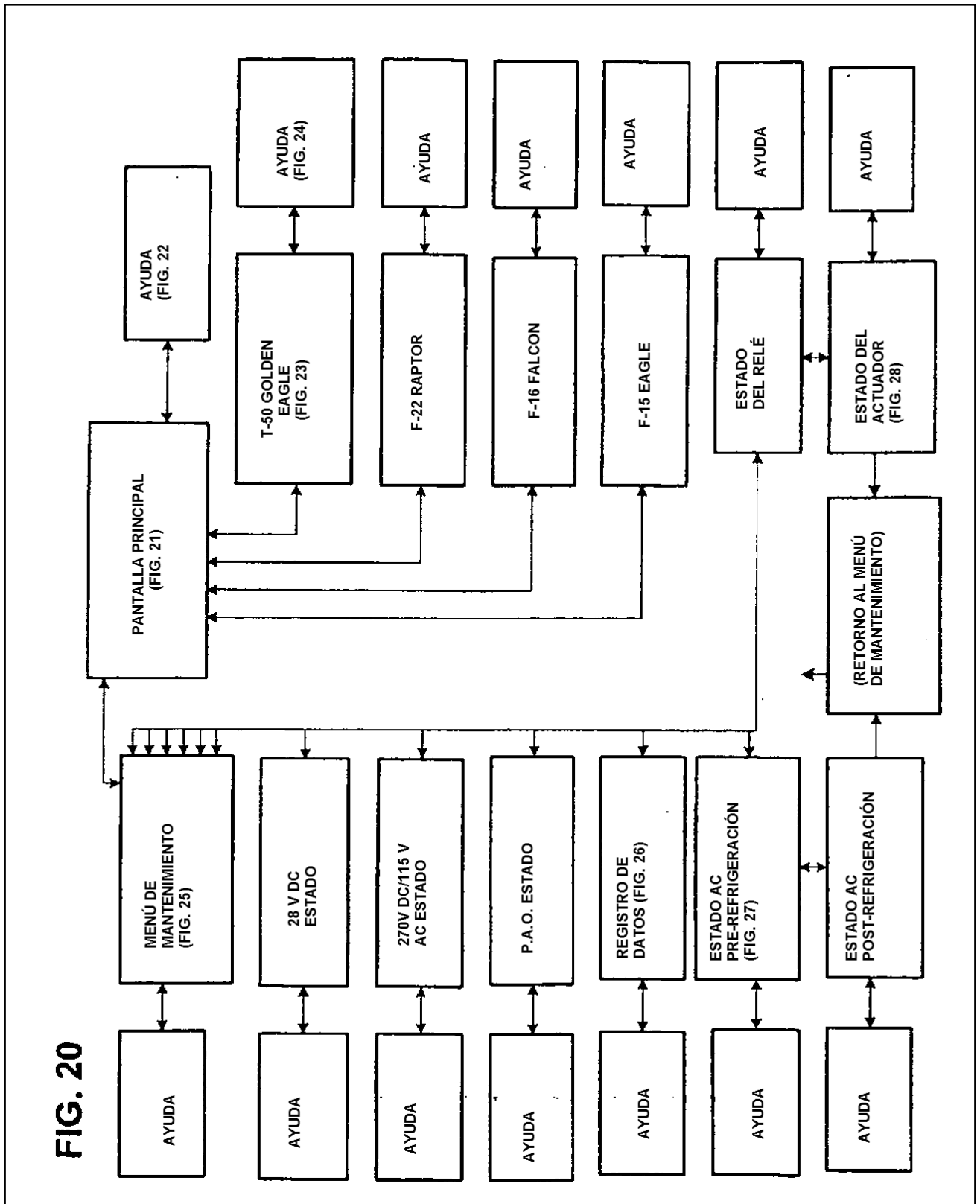


FIG. 21

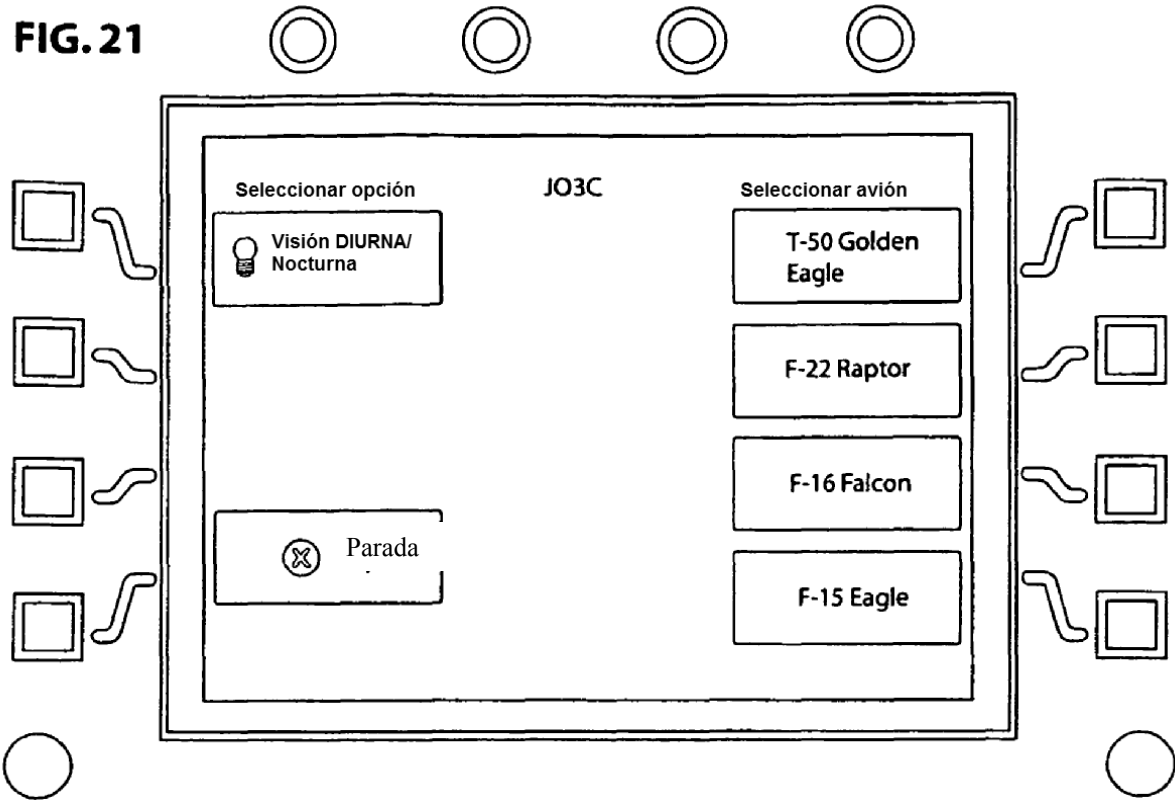


FIG. 22

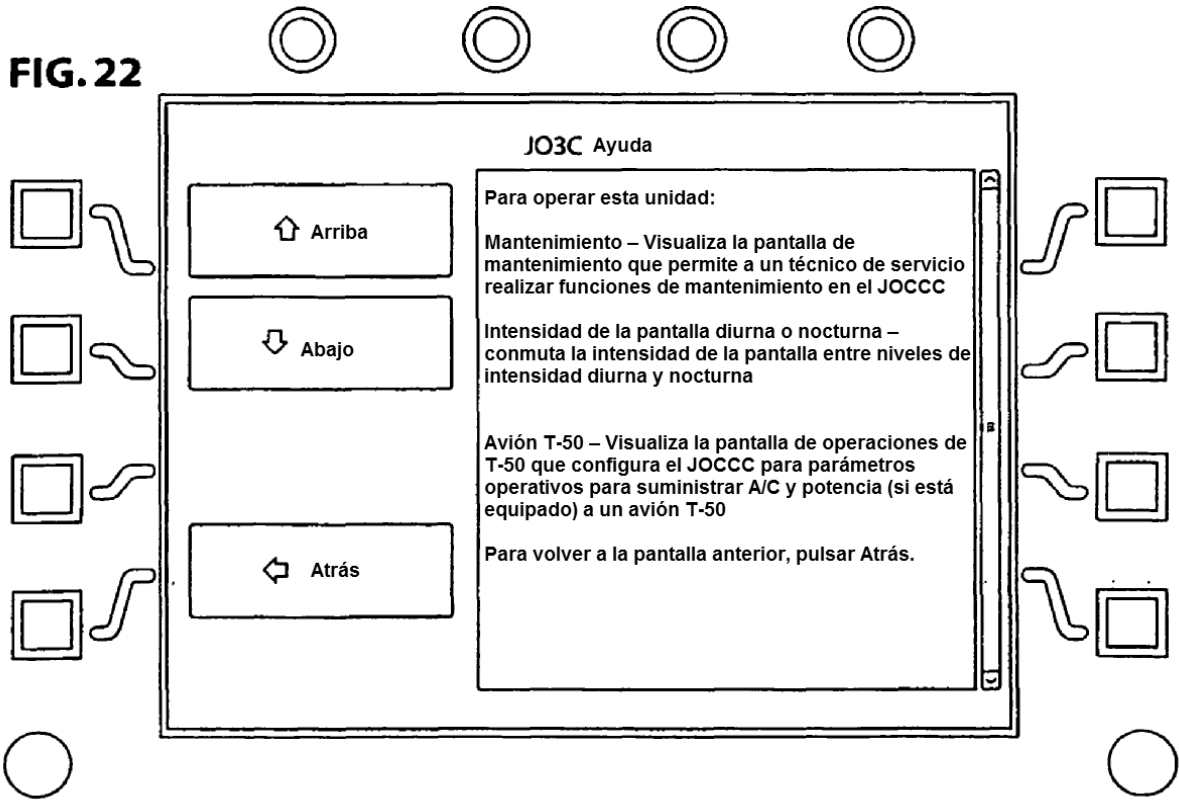


FIG. 23

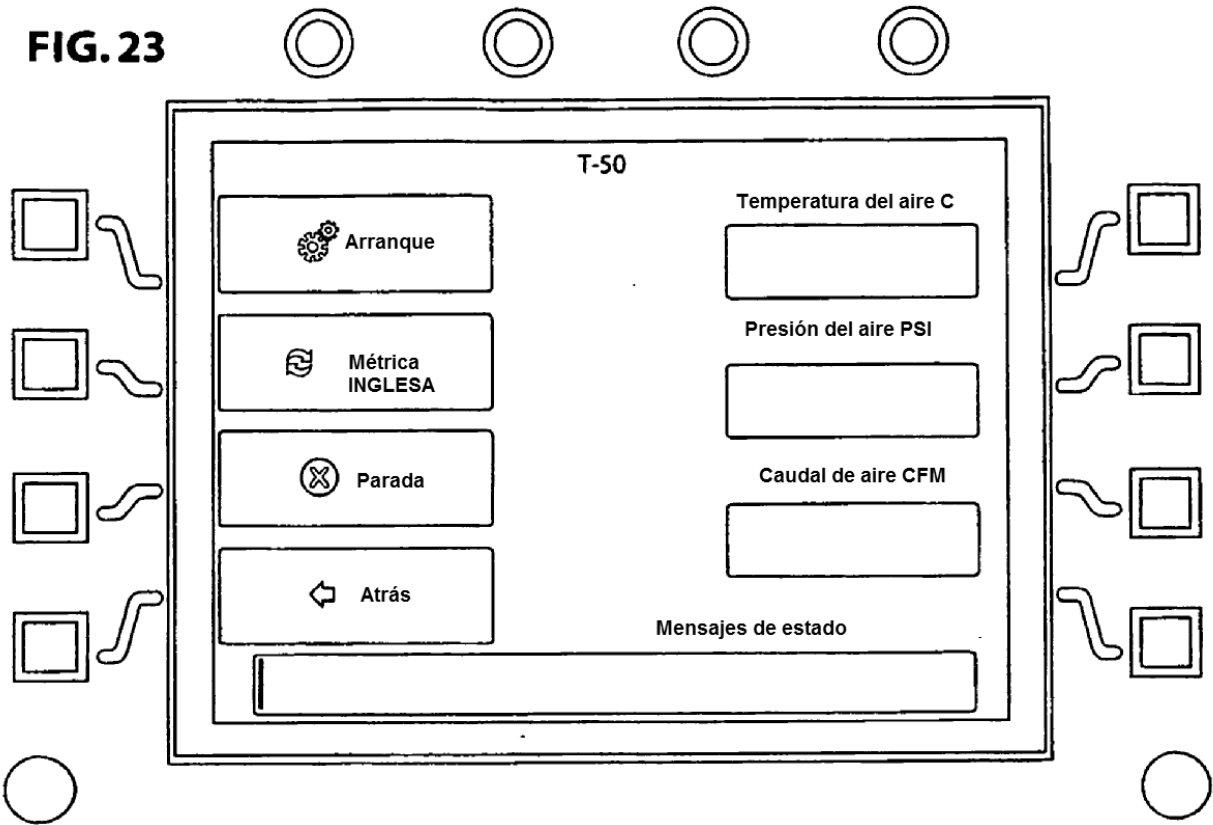


FIG. 24

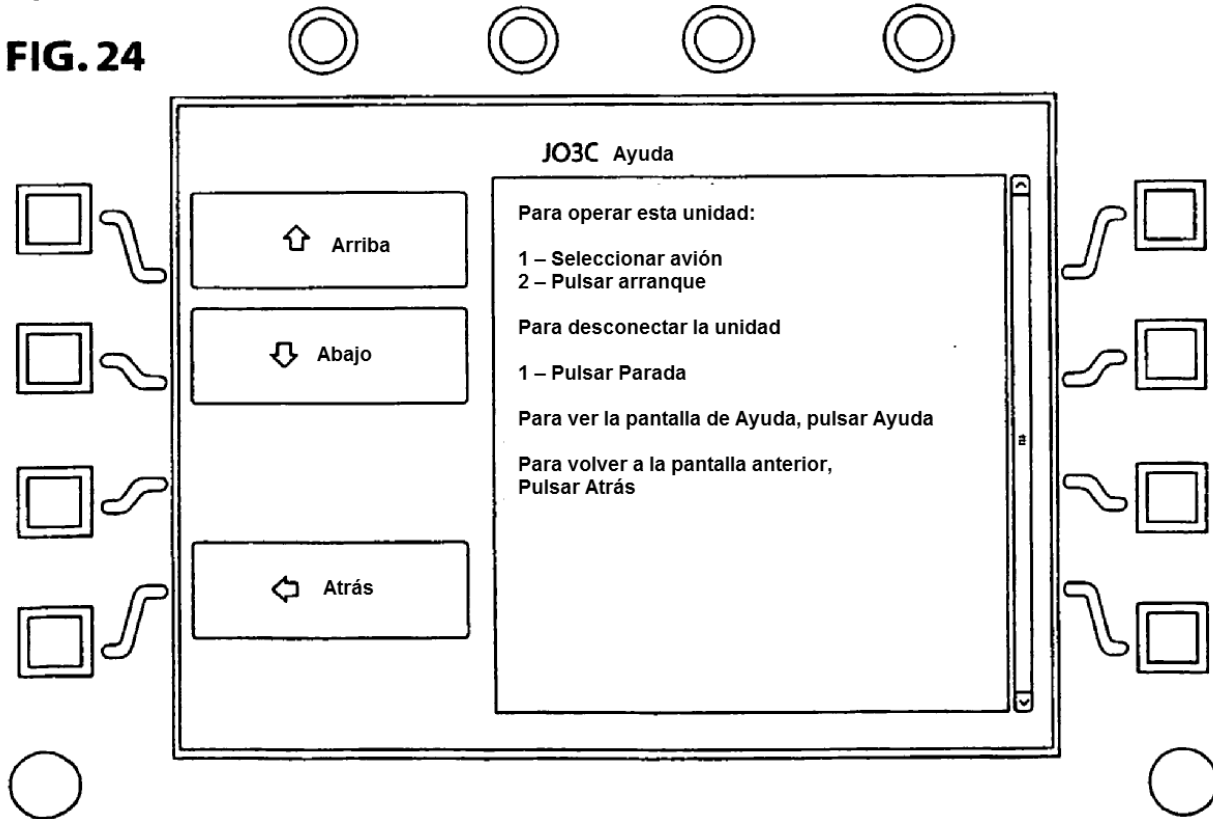


FIG. 25

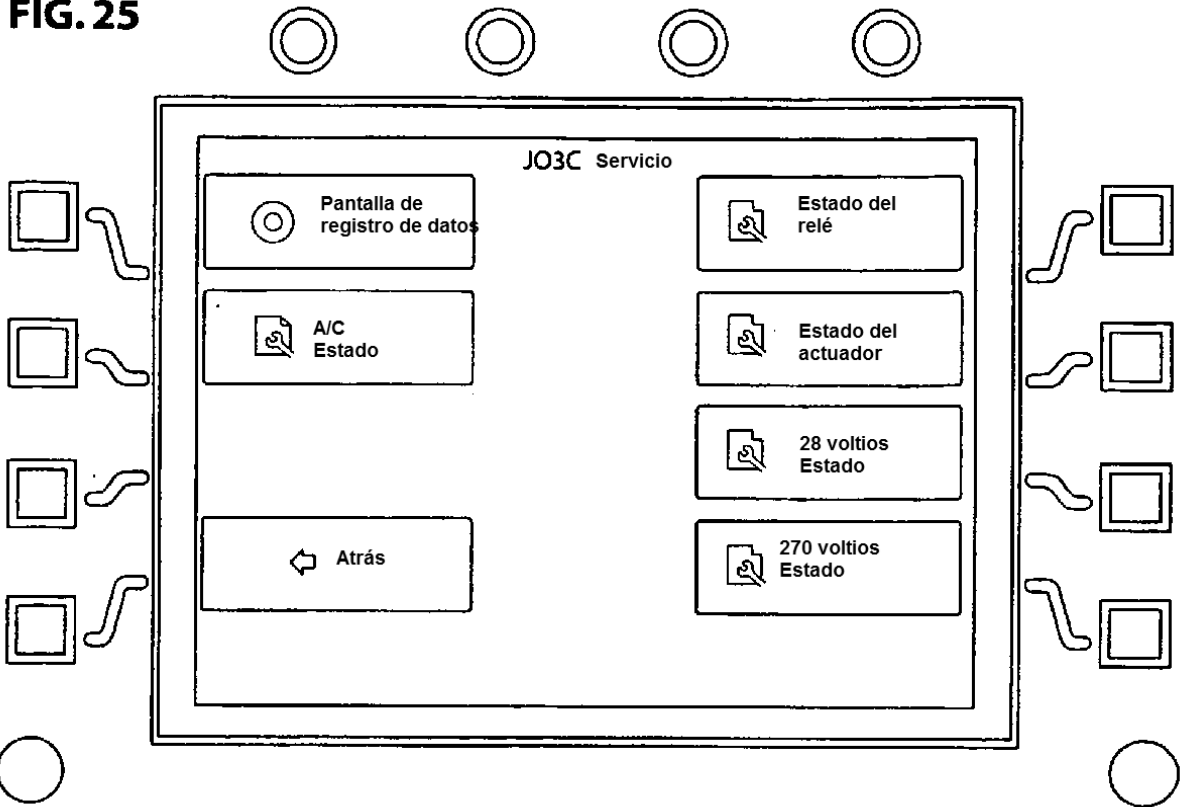


FIG. 26

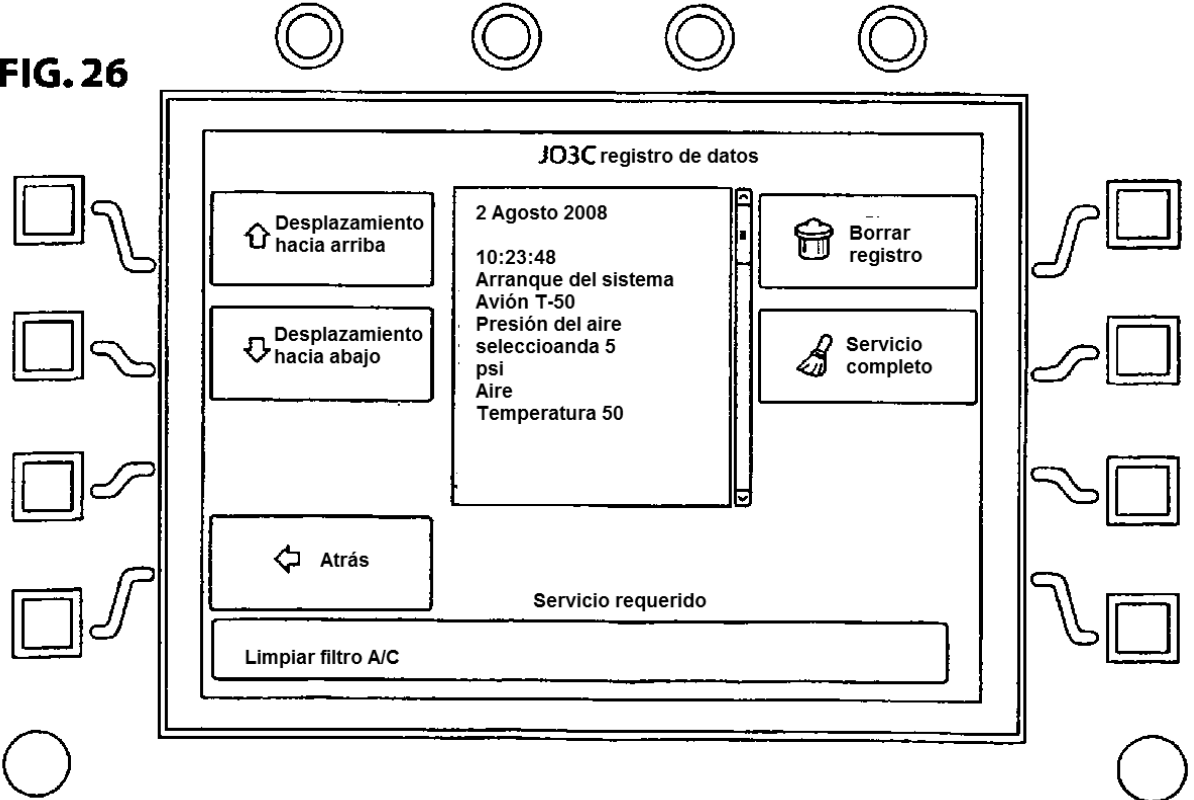


FIG. 27

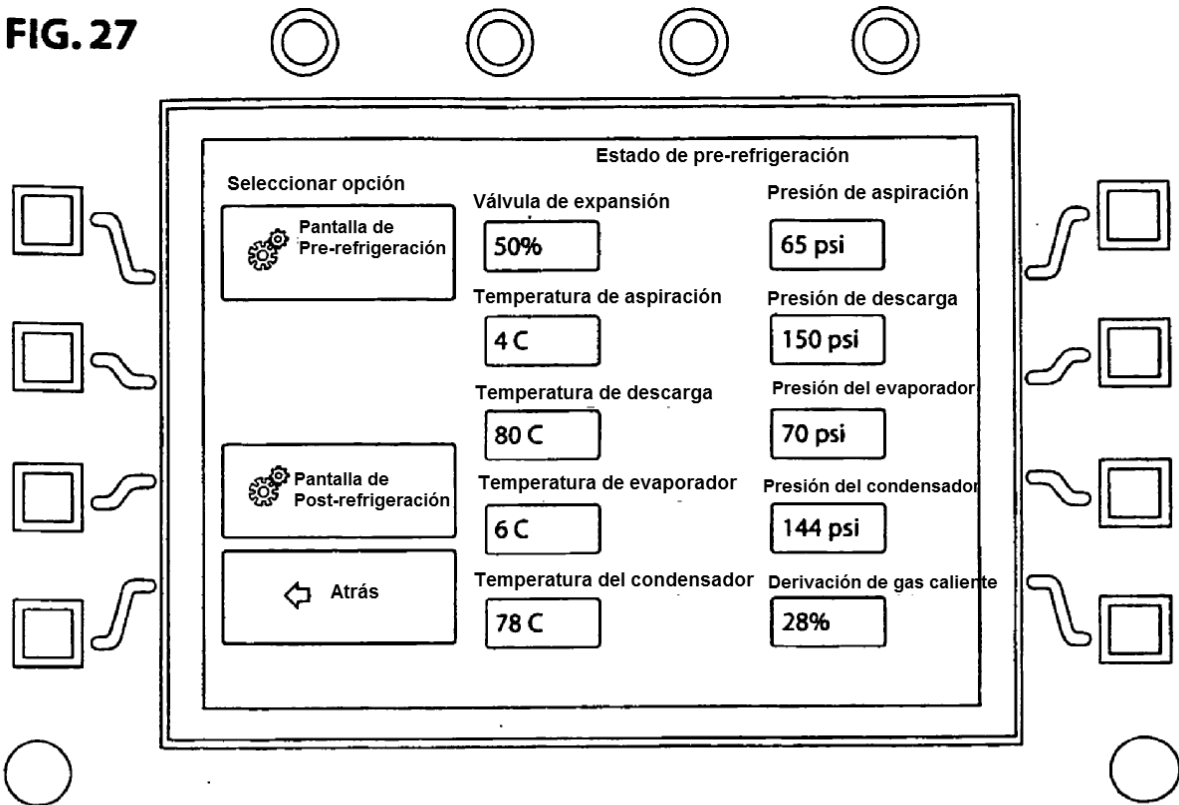
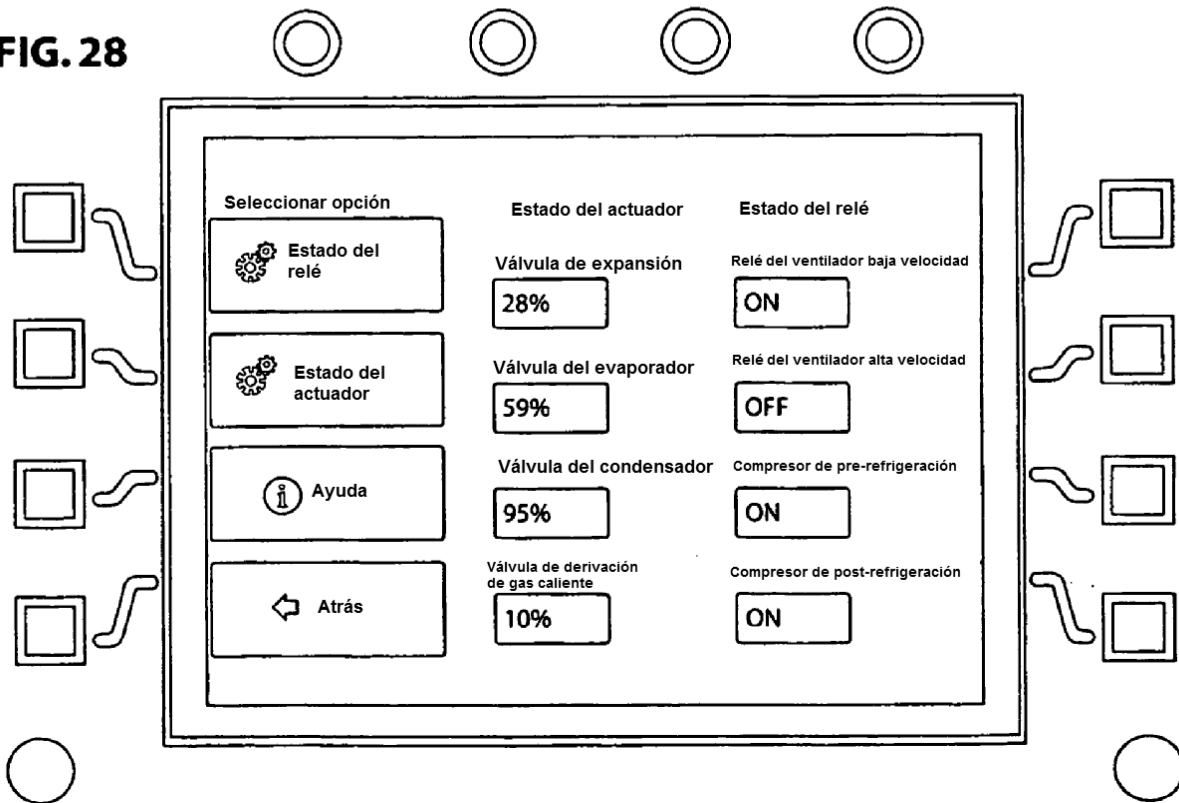


FIG. 28



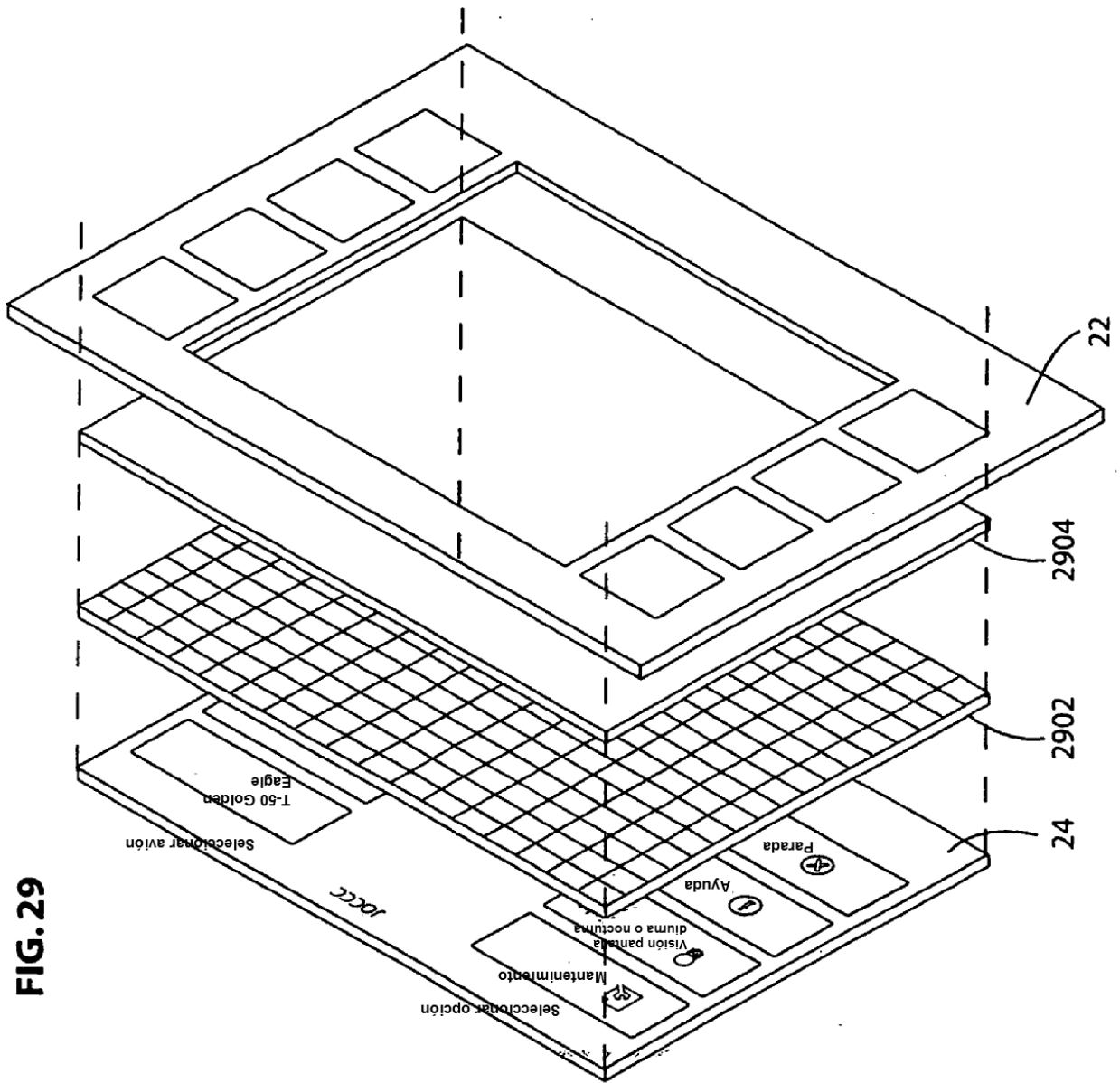


FIG. 29