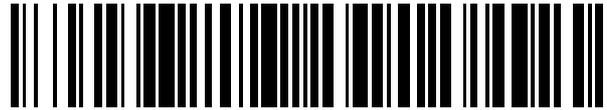


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 691 421**

51 Int. Cl.:

**B64D 41/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.06.2016** E 16176067 (3)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.08.2018** EP 3112271

54 Título: **Unidad de potencia auxiliar con recuperación de exceso de aire**

30 Prioridad:

**25.06.2015 US 201514750187**

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

**27.11.2018**

73 Titular/es:

**PRATT & WHITNEY CANADA CORP. (100.0%)  
1000 Marie-Victorin (01BE5)  
Longueuil, Québec J4G 1A1, CA**

72 Inventor/es:

**ULLYOTT, RICHARD;  
JONES, ANTHONY;  
JULIEN, ANDRE y  
THOMASSIN, JEAN**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 691 421 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

Unidad de potencia auxiliar con recuperación de exceso de aire

### Campo técnico

5 La solicitud se relaciona de manera general con conjuntos de motores compuestos y, más particularmente, con tales conjuntos de motores compuestos usados como unidades de potencia auxiliar en aeronaves.

### Antecedentes de la técnica

10 Las unidades de potencia auxiliar (APU) de aeronaves comúnmente proporcionan aire presurizado y potencia de árbol de velocidad controlada a los sistemas de aeronave como alternativa a extraer esta energía del flujo principal del compresor del motor y de las cajas de cambios accesorias. La APU a menudo se usa para alimentar sistemas cuando los motores principales están apagados.

Las APU con base en tierra conocidas típicamente incluyen un peso y una complejidad añadidos que pueden no ser compatibles con el uso en aplicaciones de aeronaves.

15 El documento EP 2452878 A2 describe un sistema de propulsión para una aeronave. El sistema comprende un motor de turbina de gas que tiene un conjunto de rotación de alta presión (HP) y un conjunto de rotación de baja presión (LP), en donde el conjunto de rotación LP es operativo para impulsar un propulsor y una unidad de potencia auxiliar (APU) híbrida acoplada mecánicamente tanto al conjunto de rotación HP como al conjunto de rotación LP. La APU híbrida incluye un compresor de APU, una turbina de APU y una celda de combustible dispuesta de forma fluida entre el compresor de APU y la turbina de APU. La celda de combustible está operativa para recibir como aire oxidante presurizado por el compresor de APU, para generar energía eléctrica usando un combustible y el oxidante, para calentar el aire presurizado por el compresor de APU, y para descargar el aire presurizado calentado en la turbina de APU. La APU híbrida es operativa para suministrar potencia de rotación tanto al conjunto de rotación HP como al conjunto de rotación LP.

### Compendio

25 La presente invención proporciona una unidad de potencia auxiliar para una aeronave como se define en la reivindicación 1.

30 La unidad de potencia auxiliar puede comprender además un conducto de purga que tiene un extremo configurado para la conexión con un sistema neumático de la aeronave, el conducto de purga en comunicación de fluido con la salida del compresor a través de una válvula de purga de aire que abre y cierra selectivamente la comunicación de fluido entre la salida del compresor y el extremo del conducto de purga configurado para su conexión al sistema neumático. El conducto de exceso de aire puede incluir una válvula de desvío que abre y cierra selectivamente una comunicación de fluido a través del conducto de exceso de aire entre el primer y segundo extremos del mismo.

35 El núcleo de motor puede incluir al menos un motor de combustión interna rotativo, cada uno que incluye un rotor recibido de manera sellada y rotativa dentro de una cavidad interna respectivo para proporcionar cámaras de rotación de volumen variable en la cavidad interna respectiva, el rotor que tiene tres partes de ápice que separan las cámaras de rotación y montadas para revoluciones excéntricas dentro de la cavidad interna respectiva, la cavidad interna respectiva que tiene una forma epitrocoide con dos lóbulos.

La sección de turbina puede combinar la potencia con el núcleo de motor.

La sección de turbina puede estar en acoplamiento de accionamiento con el compresor.

40 La sección de turbina puede incluir una turbina de la primera etapa que tiene una entrada en comunicación de fluido con la salida del núcleo de motor, y una turbina de la segunda etapa que tiene una entrada en comunicación de fluido con una salida de la turbina de la primera etapa, la turbina de la segunda etapa que tiene una relación de reacción más alta que la de la turbina de la primera etapa, el segundo extremo del conducto de exceso de aire que está en comunicación de fluido con la sección de turbina estando en comunicación de fluido con la entrada de la turbina de la segunda etapa.

45 La sección de turbina puede incluir al menos un rotor acoplado en un árbol de turbina que puede rotar independientemente de un árbol del núcleo de motor, el conjunto que comprende además un primer generador en acoplamiento de accionamiento con el árbol del núcleo de motor, un segundo generador en acoplamiento de accionamiento con el árbol de turbina, y un controlador de potencia conectado al primer y segundo generadores y que controla la transferencia de potencia entre el primer y segundo generadores para potencia compuesta.

50 La unidad de potencia auxiliar puede comprender además paletas de guiado de entrada variables, un difusor variable o una combinación de los mismos en una entrada del compresor.

5 En un ejemplo, se proporciona una unidad de potencia auxiliar para una aeronave, que comprende: un compresor; un núcleo de motor que tiene una entrada en comunicación de fluido con una salida del compresor; un generador en acoplamiento de accionamiento con el núcleo de motor para proporcionar energía eléctrica a la aeronave; una sección de turbina en comunicación de fluido con una salida del núcleo de motor; y un conducto de exceso de aire que tiene un primer extremo en comunicación de fluido con la salida del compresor y un segundo extremo en comunicación de fluido con una entrada de una turbina de la sección de turbina, el conducto de exceso de aire que define un camino de flujo entre la salida del compresor y la sección de turbina separada del núcleo de motor.

10 La unidad de potencia auxiliar puede comprender además un conducto de purga que tiene un extremo configurado para conexión a un sistema de la aeronave, el conducto de purga que está en comunicación de fluido con la salida del compresor, y una válvula de purga de aire que abre y cierra selectivamente la comunicación de fluido entre el extremo del conducto de purga y la salida del compresor.

El conducto de exceso de aire puede incluir una válvula de desvío que abre y cierra selectivamente una comunicación de fluido a través del conducto de exceso de aire entre el primer y segundo extremos del mismo.

15 El núcleo de motor puede incluir al menos un motor de combustión interna rotativo, cada uno que incluye un rotor recibido de manera sellada y rotativa dentro de una cavidad interna respectiva para proporcionar cámaras de rotación de volumen variable en la cavidad interna respectiva, el rotor que tiene tres partes de ápice que separan las cámaras de rotación y montadas para revoluciones excéntricas dentro de la cavidad interna respectiva, la cavidad interna respectiva que tiene una forma epitrocoide con dos lóbulos.

20 La sección de turbina puede comprender una turbina de la primera etapa que tiene una entrada en comunicación de fluido con la salida del núcleo de motor y una turbina de la segunda etapa que tiene una entrada en comunicación de fluido con una salida de la turbina de la primera etapa en donde al menos la turbina de la primera etapa está configurada para combinar la potencia con el núcleo de motor y en donde al menos la turbina de la segunda etapa está en acoplamiento de accionamiento con el compresor.

25 La turbina de la primera etapa puede estar configurada como una turbina de impulso con una relación de reacción basada en presión que tiene un valor de como máximo 0,25, la turbina de la segunda etapa que tiene una relación de reacción más alta que la de la turbina de la primera etapa.

30 El generador puede ser un primer generador, los rotores de la sección de turbina y del compresor se acoplan en un árbol de turbina que puede rotar independientemente de un árbol del núcleo de motor en acoplamiento de accionamiento con el primer generador, el conjunto que comprende además un segundo generador en acoplamiento de accionamiento con el árbol de turbina, y un controlador de potencia conectado al primer y segundo generadores y que controla la transferencia de potencia entre el primer y segundo generadores.

35 La unidad de potencia auxiliar puede comprender además un intercambiador de calor que incluye al menos un primer conducto en relación de intercambio de calor con al menos un segundo conducto, el conducto de exceso de aire que está en comunicación de fluido con la sección de turbina a través del al menos un primer conducto, el al menos un segundo conducto que está en comunicación de fluido con un escape de la sección de turbina.

40 La unidad de potencia auxiliar puede comprender además un intercambiador de calor que incluye al menos un primer conducto en relación de intercambio de calor con al menos un segundo conducto, el conducto de exceso de aire que está en comunicación de fluido con la entrada de la turbina de la segunda etapa a través del al menos un primer conducto, el al menos un segundo conducto que está en comunicación de fluido con un escape de la turbina de la segunda etapa.

La presente invención proporciona además un método de provisión de aire comprimido y potencia eléctrica a una aeronave como se define en la reivindicación 13.

### Descripción de los dibujos

Ahora se hace referencia a las figuras anexas en las que:

45 la Fig. 1 es una vista esquemática de un conjunto de motor compuesto según una realización particular;

la Fig. 2 es una vista en sección transversal de un motor Wankel que se puede usar en un conjunto de motor compuesto tal como se muestra en la Fig. 1, según una realización particular;

las Fig. 3-5 son vistas esquemáticas de conjuntos de distribución de flujo que se pueden usar en un conjunto de motor compuesto tal como se muestra en la Fig. 1, según realizaciones particulares;

50 las Fig. 6-7 son vistas esquemáticas de conjuntos de enfriamiento que se pueden usar en un conjunto de motor compuesto tal como se muestra en la Fig. 1, según realizaciones particulares;

la Fig. 8 es una vista esquemática de un conjunto de motor compuesto según una realización particular;

la Fig. 9 es una vista esquemática de un conjunto de motor compuesto según otra realización particular, que se puede usar con los conjuntos de distribución de flujo de las Fig. 3-5 y/o los conjuntos de enfriamiento de las Fig. 6-7;

5 la Fig. 10 es una vista esquemática de un conjunto de motor según otra realización particular, que se puede usar con los conjuntos de distribución de flujo de las Fig. 3-5 y/o los conjuntos de enfriamiento de las Fig. 6-7; y

la Fig. 11 es una vista esquemática de un motor de turbina de gas según una realización particular.

### Descripción detallada

10 Con referencia a la Fig. 1, se muestra esquemáticamente un conjunto de motor compuesto 10. El conjunto de motor compuesto 10 es particularmente, aunque no exclusivamente, adecuado para su uso como unidad de potencia auxiliar (APU) en el aire. El conjunto de motor compuesto 10 incluye un núcleo de motor 12 que tiene un árbol de motor 16 que acciona una carga, mostrada aquí como un generador, por ejemplo para proporcionar energía eléctrica a una aeronave. Otras cargas posibles pueden incluir, pero no se limitan a, un árbol de accionamiento, accesorios, mástil o mástiles de rotor, un compresor, o cualquier otro tipo de carga o combinación de los mismos. El conjunto de motor compuesto 10 incluye además un compresor 18, una sección de turbina 20 que combina la potencia con el núcleo de motor 12 y en acoplamiento de accionamiento con el compresor 18 y que incluye generalmente una turbina de la primera etapa 22 y una turbina de la segunda etapa 24, y un conjunto de distribución de flujo 25, 125, 225, ejemplos de los cuales se describirán aún más a continuación.

20 En una realización particular, el núcleo de motor 12 incluye uno o más motores rotativos acoplados de manera accionable con el árbol común 16 que acciona la carga y cada uno que tiene un rotor acoplado de manera estanca en una carcasa respectiva, con cada motor de tipo rotativo que tiene una fase de combustión de volumen casi constante para una alta eficiencia de ciclo. El motor o los motores rotativos pueden ser un motor o motores Wankel. Con referencia a la Fig. 2, se muestra una realización ejemplar de un motor Wankel. Cada motor Wankel comprende una carcasa 32 que define una cavidad interna con un perfil que define dos lóbulos, que es preferiblemente un epitrocóide. Se recibe un rotor 34 dentro de la cavidad interna. El rotor define tres partes del ápice 36 separadas circunferencialmente, y un perfil generalmente triangular con lados arqueados hacia fuera. Las partes de ápice 36 están en acoplamiento sellado con la superficie interna de una pared periférica 38 de la carcasa 32 para formar tres cámaras de trabajo 40 entre el rotor 34 y la carcasa 32.

30 El rotor 34 está acoplado a una parte excéntrica 42 del árbol 16 para realizar revoluciones orbitales dentro de la cavidad interna. El árbol 16 realiza tres rotaciones para cada revolución orbital del rotor 34. El eje geométrico 44 del rotor 34 está desplazado de y es paralelo al eje 46 de la carcasa 32. Durante cada revolución orbital, cada cámara 40 varía en volumen y se mueve alrededor de la cavidad interna para someterse a las cuatro fases de admisión, compresión, expansión y escape.

35 Se proporciona un puerto de admisión 48 a través de la pared periférica 38 para admitir sucesivamente aire comprimido en cada cámara de trabajo 40. También se proporciona un puerto de escape 50 a través de la pared periférica 38 para descargar sucesivamente los gases de escape de cada cámara de trabajo 40. Los pasos 52 para una bujía de precalentamiento, bujía u otro elemento de ignición, así como para uno o más inyectores de combustible (no mostrados) también se proporcionan a través de la pared periférica 38. Alternativamente, el puerto de admisión 48, el puerto de escape 50 y/o los pasos 52 se pueden proporcionar a través de un extremo o pared lateral 54 de la carcasa; y/o, el elemento de ignición y un inyector de combustible piloto pueden comunicarse con una subcámara piloto (no mostrada) definida en la carcasa 32 y que comunica con la cavidad interna para proporcionar una inyección piloto. La subcámara piloto puede estar definida, por ejemplo, en un inserto (no mostrado) recibido en la pared periférica 38.

45 En una realización particular, los inyectores de combustible son inyectores de combustible de conducto común, y se comunican con una fuente de combustible pesado (por ejemplo, diesel, queroseno (combustible de aviones a reacción), biocombustible equivalente), y entregan el combustible pesado al motor o a los motores de manera que la cámara de combustión se estratifique con una mezcla rica de combustible y aire cerca de la fuente de ignición y una mezcla más pobre en otra parte.

50 Para una operación eficiente, las cámaras de trabajo 40 están selladas, por ejemplo, mediante juntas de ápice cargadas por muelle 56 que se extienden desde el rotor 34 para acoplarse a la pared periférica 38, y juntas de gas o de cara cargadas por muelle 58 y juntas de extremo o esquina 60 que se extienden desde el rotor 34 para acoplarse a las paredes extremas 54. El rotor 34 también incluye al menos un anillo de sello de aceite cargado por muelle 62 desviado contra la pared de extremo 54 alrededor del cojinete para el rotor 34 en la parte excéntrica del árbol 42.

55 Cada motor Wankel proporciona un flujo de escape en forma de un pulso de escape relativamente largo: por ejemplo, en una realización particular, cada motor Wankel tiene una explosión por 360° de rotación del árbol, con el puerto de escape permaneciendo abierto durante alrededor de 270° de esa rotación, proporcionando de este modo un ciclo de trabajo de impulso de alrededor del 75%. Por el contrario, un pistón de un motor de pistones de 4 tiempos de movimiento alternativo típicamente tiene una explosión por 720° de rotación del árbol con el puerto de

escape permanentemente abierto durante alrededor de 180° de esa rotación, proporcionando de este modo un ciclo de trabajo de impulso del 25%.

En una realización particular que puede ser particularmente, pero no exclusivamente, adecuada para baja altitud, cada motor Wankel tiene una relación de expansión volumétrica de desde 5 hasta 9, y una relación de compresión volumétrica menor que la relación de expansión volumétrica. La recuperación de potencia de la turbina de la primera etapa se puede maximizar teniendo las temperaturas del gas de escape en el límite del material, y por tanto es adecuada para tales relaciones de compresión volumétrica relativamente bajas, lo que puede ayudar a aumentar la densidad de potencia del motor Wankel y también puede mejorar la combustión a alta velocidad y de combustible pesado.

Se entiende que son posibles otras configuraciones para el núcleo de motor 12. La configuración del motor o de los motores del núcleo de motor 12, por ejemplo, la colocación de puertos, el número y la colocación de juntas, etc., pueden variar de la de la realización mostrada. Además, se entiende que cada motor del núcleo de motor 12 puede ser de cualquier otro tipo de motor de combustión interna incluyendo, pero no limitado a, cualquier otro tipo de motor rotativo, y cualquier otro tipo de motor de combustión interna no rotativo tal como un motor de movimiento alternativo.

Con referencia de nuevo a la Fig. 1, el compresor 18 es un compresor de sobrealimentación que puede ser un dispositivo de una única etapa o un dispositivo de múltiples etapas y puede ser un a dispositivo centrífugo o axial con uno o más rotores que tienen aspas de flujo radial, axial o mixto. El aire entra en el compresor y se comprime y se entrega a un conducto de salida 70 que comunica con la salida 18o del compresor 18, y luego se hace circular en parte a un conducto de entrada 71 que se comunica con el conducto de salida 70 a través del conjunto de distribución de flujo 25, 125, 225. El conducto de entrada 71 entrega el aire comprimido a la entrada 12i del núcleo de motor 12, que corresponde a o se comunica con la entrada de cada motor del núcleo de motor 12. En una realización particular, la relación de flujo y presión del compresor 18 se regula usando paletas de guiado de entrada variables (VIGV) y/o un difusor variable en la entrada del compresor 18 y ambos indicados de manera general en 72, para lograr una modulación de flujo y potencia. En una realización particular, el compresor 18 tiene una relación de presión de compresión de aproximadamente 4:1. También son posibles otros valores.

En la realización mostrada, la salida del compresor 18o también está en comunicación de fluido con un conducto de purga 74 a través del conjunto de distribución de flujo 25, 125, 225, que proporciona una comunicación de fluido entre el conducto de salida 70 y el conducto de purga 74. El conducto de purga 74 tiene un extremo configurado para su conexión a un sistema neumático de la aeronave de manera que parte del aire comprimido del compresor 18 también se pueda suministrar a la aeronave para soportar el sistema neumático de la aeronave. Por consiguiente, el compresor 18 proporciona tanto aire de purga a la aeronave como aire comprimido al núcleo de motor 12.

El núcleo de motor 12 recibe el aire presurizado desde el compresor 18 y quema el combustible a alta presión para proporcionar energía. La potencia mecánica producida por el núcleo de motor 12 acciona el generador eléctrico 14 lo que proporciona potencia a la aeronave; en la realización mostrada, la conexión entre el árbol 16 del núcleo de motor 12 y el generador 14 se hace a través de un tipo apropiado de caja de cambios 30. En otra realización, el generador eléctrico 14 tiene una velocidad de diseño compatible con la velocidad de rotación del núcleo de motor 12, por ejemplo desde alrededor de 6.000 hasta alrededor de 10.000 rpm (rotaciones por minuto) con un núcleo de motor 12 que incluye el motor o los motores rotativos, y el árbol 16 del núcleo de motor 12 acciona el generador eléctrico 14 directamente (véase la Fig. 9) – es decir, a través de cualquier tipo de acoplamiento entre el árbol del motor 16 con el árbol del rotor del generador dando como resultado que ambos árboles roten a la misma velocidad. En una realización particular, el accionamiento directo del generador eléctrico 14 puede proporcionar una reducción en las pérdidas de engranajes que puede ser de alrededor del 1% de la carga aplicada; en una realización particular, la carga aplicada del generador 14 es de alrededor de 200 CV y, por consiguiente, se pueden obtener una reducción de pérdida de aproximadamente 2 CV en el calor residual producido por el conjunto de motor 10.

En una realización particular, el núcleo de motor 12 incluye un motor o motores rotativos, por ejemplo, un motor o motores Wankel, y el generador 14 accionado directamente por el núcleo de motor tiene una frecuencia nominal de 400 Hz (por ejemplo, intervalo de frecuencia real de aproximadamente 380-420 Hz) y es un generador de corriente alterna, trifásico, de 6 polos que tiene una velocidad de diseño de desde 7.600 hasta 8.400 rpm. En otra realización particular, el generador 14 accionado directamente por el núcleo de motor rotativo (por ejemplo, Wankel) tiene una frecuencia nominal de 400 Hz y es un generador de corriente alterna, trifásico, de 8 polos que tiene una velocidad de diseño de desde 5.700 hasta 6.300 rpm. En otra realización particular, el generador 14 accionado directamente por el núcleo de motor rotativo (por ejemplo, Wankel) tiene una frecuencia nominal de 400 Hz y es un generador de corriente alterna, trifásico, de 4 polos que tiene una velocidad de diseño de desde 11.400 hasta 12.600 rpm.

Se entiende que se pueden usar otros tipos de generadores 14. Por ejemplo, el conjunto de motor 10 usado como una APU se puede configurar para proporcionar otras fuentes de corriente alterna de alta frecuencia seleccionando la velocidad de operación y el recuento de polos del generador para proporcionar peso, volumen y/o calor mínimos según se requiera. Se puede emplear una operación de velocidad variable cuando la carga eléctrica asociada no es sensible a la frecuencia. También son posibles otras variaciones.

El árbol 16 del núcleo de motor 12 también está acoplado mecánicamente al rotor o a los rotores del compresor 18 tal como para proporcionar potencia mecánica al mismo, a través de otra caja de cambios 31. En una realización particular, la caja de cambios 31 que proporciona el acoplamiento mecánico entre el rotor o los rotores del compresor 18 y el núcleo de motor 12 define una relación de velocidad de alrededor de 10:1 entre el rotor o los rotores del compresor y el núcleo de motor.

En una realización particular donde el núcleo de motor 12 incluye un motor o motores de combustión interna, cada motor del núcleo de motor 12 proporciona un flujo de escape en forma de impulsos de escape de gas caliente a alta presión que sale a una velocidad de pico alta. La salida 12o del núcleo de motor 12 (es decir, la salida de cada motor del núcleo de motor 12) está en comunicación de fluido con la entrada 22i de la turbina de la primera etapa 22 y, por consiguiente, el flujo de escape del núcleo de motor 12 se suministra a la turbina de la primera etapa 22. La energía mecánica recuperada por la turbina de la primera etapa 22 se acopla al árbol 16 del núcleo de motor 12 a través de una caja de cambios 33; el rotor o los rotores del compresor 18 se acoplan de este modo al rotor o a los rotores de la turbina de la primera etapa 22 a través del núcleo de motor 12. En una realización particular, la turbina de la primera etapa 22 está configurada como turbina de velocidad, también conocida como turbina de impulso, y recupera la energía cinética del gas de escape del núcleo al tiempo que crea una contrapresión mínima o nula. La turbina de la primera etapa 22 puede ser un dispositivo centrífugo o axial con uno o más rotores que tienen aspas de flujo radial, axial o mixto.

La entrada 24i de la turbina de la segunda etapa 24 está en comunicación de fluido con la salida 22o de la turbina de la primera etapa 22 y completa la recuperación de energía mecánica disponible a partir del gas de escape. La segunda turbina 24 también está acoplada al árbol 16 del núcleo de motor 12 a través de la caja de cambios 33; el rotor o los rotores del compresor 18 se acoplan de manera accionable de este modo al rotor o a los rotores de la turbina de la segunda etapa 24 a través del núcleo de motor 12. En una realización particular, la turbina de la segunda etapa 24 está configurada como una turbina a presión, también conocida como turbina de reacción. La turbina de la segunda etapa 24 puede ser un dispositivo centrífugo o axial con uno o más rotores que tienen aspas de flujo radial, axial o mixto.

En la realización mostrada, los rotores de la turbinas de la primera y segunda etapas 22, 24 están conectadas a un mismo árbol 23 que está acoplado al núcleo de motor 12 a través de la caja de cambios 33. Alternativamente, las turbinas 22, 24 se podrían montar en diferentes árboles, por ejemplo, con la turbina de la primera etapa 22 montada en un primer árbol acoplado al árbol del motor 16 (por ejemplo, a través de la caja de cambios 23) y la turbina de la segunda etapa 24 montada en un segundo árbol acoplado de manera accionable al compresor 18.

Una turbina de impulso pura trabaja cambiando la dirección del flujo sin acelerar el flujo dentro del rotor; el fluido se desvía sin una caída de presión significativa a través de las aspas del rotor. Las aspas de la turbina de impulso pura están diseñadas de manera que en un plano transversal perpendicular a la dirección de flujo, el área definida entre las aspas es la misma en los bordes anteriores de las aspas y en los bordes posteriores del aspa: el área de flujo de la turbina es constante, y las aspas son normalmente simétricas alrededor del plano del disco de rotación. El trabajo de la turbina de impulso pura se debe solamente al cambio de dirección en el flujo a través de las aspas de la turbina. Las turbinas de impulso pura típicas incluyen turbinas de vapor e hidráulicas.

Por el contrario, una turbina de reacción acelera el flujo dentro del rotor pero necesita una caída de presión estática a través del rotor para permitir esta aceleración de flujo. Las aspas de la turbina de reacción están diseñadas de manera que en un plano transversal perpendicular a la dirección del flujo, el área definida entre las aspas es más grande en los bordes anteriores de las aspas que en los bordes posteriores del aspa: el área de flujo de la turbina se reduce a lo largo de la dirección de flujo, y las aspas normalmente no son simétricas alrededor del plano del disco de rotación. El trabajo de la turbina de reacción pura se debe en su mayoría a la aceleración del flujo a través de las aspas de la turbina.

La mayoría de las turbinas aeronáuticas no son de "impulso pura" o de "reacción pura", sino más bien operan siguiendo una mezcla de estos dos principios opuestos pero complementarios – es decir, hay una caída de presión a través de las aspas, hay alguna reducción del área de flujo de las aspas de la turbina a lo largo de la dirección de flujo, y la velocidad de rotación de la turbina se debe tanto a la aceleración como al cambio de dirección del flujo. El grado de reacción de una turbina se puede determinar usando la relación de reacción basada en la temperatura (ecuación 1) o la relación de reacción basada en la presión (ecuación 2), que típicamente están cerca una de otra en valor para una misma turbina:

$$(1) \text{ Reacción } (T) = \frac{(t_{s3} - t_{s5})}{(t_{s0} - t_{s5})}$$

$$(2) \text{ Reacción } (P) = \frac{(P_{s3} - P_{s5})}{(P_{s0} - P_{s5})}$$

donde T es la temperatura y P es la presión, s se refiere a un puerto estático, y los números se refieren a la ubicación donde se mide la temperatura o la presión: 0 para la entrada de la paleta de la turbina (estator), 3 para la entrada de la paleta de la turbina (rotor) y 5 para la salida de la paleta de la turbina (rotor); y donde la turbina de impulso pura tendría una relación de 0 (0%) y una turbina de reacción pura tendría una relación de 1 (100%).

5 En una realización particular, la turbina de la primera etapa 22 está configurada para aprovechar la energía cinética del flujo de impulso que sale del núcleo de motor 12 mientras que estabiliza el flujo, y la turbina de la segunda etapa 24 está configurada para extraer energía de la presión restante en el flujo mientras que se expande el flujo. Por consiguiente, la turbina de la primera etapa 22 tiene una relación de reacción más pequeña que la turbina de la segunda etapa 24.

10 En una realización particular, la turbina de la segunda etapa 24 tiene una relación de reacción mayor que 0,25; en otra realización particular, la turbina de la segunda etapa 24 tiene una relación de reacción mayor que 0,3; en otra realización particular, la turbina de la segunda etapa 24 tiene una relación de reacción de alrededor de 0,5; en otra realización particular, la turbina de la segunda etapa 24 tiene una relación de reacción mayor que 0,5.

15 En una realización particular, la turbina de la primera etapa 22 tiene una relación de reacción de como máximo 0,2; en otra realización particular, la turbina de la primera etapa 22 tiene una relación de reacción de como máximo 0,15; en otra realización particular, la turbina de la primera etapa 22 tiene una relación de reacción de como máximo 0,1; en otra realización particular, la turbina de la primera etapa 22 tiene una relación de reacción de como máximo 0,05.

20 Se entiende que cualquiera de las relaciones de reacción antes mencionadas para la turbina de la segunda etapa 24 se puede combinar con cualquiera de las relaciones de reacción antes mencionadas para la turbina de la primera etapa 22, y que estos valores pueden corresponder a las relaciones basadas en la presión o basadas en la temperatura. También son posibles otros valores. Por ejemplo, en una realización particular, las dos turbinas 22, 24 pueden tener una relación de reacción igual o similar; en otra realización, la turbina de la primera etapa 22 tiene una relación de reacción más alta que la de la turbina de la segunda etapa 24. Ambas turbinas 22, 24 se pueden configurar como turbinas de impulso, o ambas turbinas 22, 24 se pueden configurar como turbinas de presión.

25 Se entiende que las conexiones entre los rotores del compresor 18 y las turbinas 22, 24 pueden ser diferentes de la realización mostrada. Por ejemplo, los rotores del compresor 18 y las turbinas 22, 24 se pueden acoplar al núcleo de motor 12 mediante un sistema de engranajes o un regulador de velocidad variable de manera que la potencia se puede compartir mecánicamente. Alternativamente, el compresor puede ser un turbocompresor accionado directamente por la turbina de la segunda etapa 24 sin transferir potencia entre el compresor 18 y el núcleo de motor 12, por ejemplo, haciendo que los rotores del compresor 18 y de la turbina de la segunda etapa 24 montados en un árbol común roten independientemente del árbol 16 del núcleo de motor 12. En este caso, se puede proporcionar una paleta de turbina de área variable en la entrada de la turbina de la segunda etapa (turbocompresor) 24 para proporcionar un control adecuado del accionamiento del compresor.

30 En uso, típicamente hay situaciones operativas donde la aeronave no puede aceptar aire comprimido de la APU, pero aún así requiere que la APU funcione, por ejemplo, para alimentar el generador 14. En este caso, el compresor 18 produce un exceso de flujo y necesita ser protegido contra sobretensiones. En la realización mostrada, la salida del compresor 18o también está en comunicación de fluido con un conducto de exceso de aire 82 que recibe este flujo en exceso o de sobretensión, a través del conjunto de distribución de flujo 25, 125, 225 que proporciona una comunicación de fluido entre el conducto de salida 70 y el conducto de exceso de aire 82. El conducto de exceso de aire 82 proporciona un camino alternativo para el exceso de aire producido por el compresor 18.

35 En una realización particular que no se muestra, el exceso de aire se descarga a la atmósfera, por ejemplo, teniendo el conducto de exceso de aire 82 en comunicación de fluido con el escape del conjunto de motor 10. En la realización mostrada, el conducto de exceso de aire 82 tiene un primer extremo que se comunica con la salida del compresor 18o y un extremo opuesto que se comunica con la entrada de la turbina de la segunda etapa 24i, tal como para recuperar la energía del flujo principal y el exceso de flujo de sobretensiones. El conducto de exceso de aire 82 define de este modo un camino de flujo entre la salida del compresor 18o y la sección de turbina que está separada del núcleo de motor 12. El conducto de exceso de aire 82 puede comunicarse con la entrada de la turbina de la segunda etapa 24i junto con el escape de la salida de la turbina de la primera etapa 22o a través de un dispositivo de mezcla de entrada, o a través de una configuración de turbina de admisión segregada parcial (boquilla de admisión segregada) donde algunos pasos de paleta en la boquilla de entrada de la turbina están dedicados al flujo del conducto de exceso de aire 82, mientras que otros pasos de paleta están dedicados al flujo de escape de la salida de la turbina de la primera etapa 22o. La turbina de la segunda etapa 24 puede presentar una boquilla variable para facilitar el control de la compartición de carga y diferentes niveles de exceso de aire devuelto.

40 El conducto de exceso de aire 82 puede comunicarse alternativamente con la entrada 22i de la turbina de la primera etapa 22, o con la entrada de una tercera turbina (no mostrada) dedicada a recuperar energía de exceso de aire. Tal tercera turbina se puede conectar al árbol 16 del núcleo de motor 12, por ejemplo a través de un embrague de desbordamiento, para devolver la energía extraída del exceso de flujo al árbol 16, o se puede usar para impulsar otros elementos, incluyendo, pero no limitado a, un ventilador de enfriamiento y/o un generador adicional. También son posibles otros tipos de conexiones y configuraciones.

En una realización particular, se proporciona un intercambiador de calor de escape 28 para proporcionar una relación de intercambio de calor entre el aire que circula a través del conducto de exceso de aire 82 y el aire de escape de la salida 24o de la turbina de la segunda etapa 24. El intercambiador de calor 28 incluye de este modo al menos un primer conducto 28a en relación de intercambio de calor con al menos un segundo conducto 28b. El conducto de exceso de aire 82 está en comunicación de fluido con la entrada de la turbina de la segunda etapa 24i a través del primer conducto o conductos 28a del intercambiador de calor 28, y el segundo conducto o conductos 28b del intercambiador de calor 28 están en comunicación de fluido con la salida de la turbina de la segunda etapa 24o de manera que el escape de la turbina de la segunda etapa 24 circule a través de la misma. En una realización particular, el intercambiador de calor de escape 28 recupera energía del calor residual en el escape y aumenta la temperatura del exceso de flujo (flujo de purga de sobretensión) que entra en la turbina de la segunda etapa 24, lo que mejora su capacidad para trabajar en la turbina. Esto proporciona un ciclo híbrido parcialmente recuperado.

En una realización alternativa, se omite el intercambiador de calor de escape 28.

Ahora se describirán realizaciones ejemplares para el conjunto de distribución de flujo 25, 125, 225. No obstante, se entiende que la salida del compresor 18o/conducto de salida 70 puede estar en comunicación de fluido con la entrada del núcleo de motor 12i/conducto de entrada 71, el conducto de purga 74 y/o el conducto de exceso de aire 82 a través de cualquier otro tipo o configuración de comunicación de fluido apropiada. Por ejemplo, el conducto de purga 74 se podría conectar a la salida del compresor 18o por separado del conducto de salida 70.

Con referencia a la Fig. 3, en una realización particular, el conjunto de distribución de flujo 25 incluye un refrigerador intermedio 26, y el conducto de salida 70 está conectado a una rama 73 que divide el flujo entre un conducto de derivación 78, un conducto de entrada del refrigerador intermedio 64 y el conducto de exceso de aire 82. La comunicación entre la rama 73 y el conducto de exceso de aire 82 se realiza a través de una válvula de desvío 84 para efectuar una estrangulación del flujo de exceso de aire o apagarlo cuando se requiera. El conducto de exceso de aire 82 se comunica de este modo con el conducto de salida 70 aguas arriba del refrigerador intermedio 26; en una realización particular, tal configuración permite dejar la energía máxima en el aire comprimido que se desvía hacia el conducto de exceso de aire 82.

El refrigerador intermedio 26 incluye al menos un primer conducto 26a en relación de intercambio de calor con al menos un segundo conducto 26b. Cada primer conducto 26a del refrigerador intermedio 26 tiene una entrada en comunicación de fluido con el conducto de entrada del refrigerador intermedio 64, y una salida en comunicación de fluido con un conducto de salida del refrigerador intermedio 66. Cada segundo conducto 26b del refrigerador intermedio 26 está configurado para la circulación de un refrigerante a través del mismo, por ejemplo, aire de enfriamiento. El aire comprimido que circula a través del primer conducto o conductos 26a se enfría de este modo por el refrigerante que circula a través del segundo conducto o conductos 26b.

El conducto de salida del refrigerador intermedio 66 está en comunicación de fluido con el conducto de entrada 71 (y por consiguiente con la entrada del núcleo de motor 12i) y con el conducto de purga 74; la comunicación con el conducto de purga 74 se realiza a través de una válvula de purga de aire 76, que en una realización particular es una válvula de control de carga, para efectuar una estrangulación de la purga o apagarla cuando se requiera. El refrigerador intermedio 26 reduce por consiguiente la temperatura del aire comprimido que va al núcleo de motor 12, así como del aire comprimido que se canaliza a la aeronave a través de la válvula de purga de aire 76 y el conducto de purga 74. En una realización particular, el enfriamiento previo del aire que va a la aeronave permite una mayor presión de suministro que los sistemas de APU que no se enfrían previamente y, por consiguiente, la temperatura se limita por razones de seguridad. Una entrega de presión más alta generalmente puede permitir conductos más pequeños y equipos neumáticos, lo que puede permitir un ahorro de peso en la aeronave.

El conducto de derivación 78 proporciona comunicación de fluido entre el conducto de salida 70 y cada uno del conducto de entrada 71 y la válvula de purga de aire 76 en paralelo con el refrigerador intermedio 26, permitiendo de este modo que una parte seleccionada del flujo se desvíe del refrigerador intermedio 26 antes de alcanzar la válvula de purga de aire 76 (y, por consiguiente, el conducto de purga 74) y el conducto de entrada 71 (y por consiguiente la entrada del núcleo de motor 12i). El conducto de derivación 78 incluye una válvula de derivación 80 que regula el flujo de derivación del refrigerador intermedio 26. Por consiguiente, la temperatura del aire comprimido circulado a los conductos de entrada y de purga 71, 74 se puede regular cambiando la proporción del flujo que pasa a través del refrigerador intermedio 26 controlando la proporción del flujo que pasa a través del conducto de derivación 78 con la válvula de derivación 80. En esta realización particular, el flujo comprimido circulado al conducto de entrada 71 tiene la misma temperatura que el flujo comprimido circulado al conducto de purga 74. En una realización particular, el aire comprimido se enfría por el refrigerador intermedio 26 de manera que el aire circulado al conducto de purga 74 y al conducto de entrada 71 tiene una temperatura de 250°F (121°C) o menos; también son posibles otros valores.

Con referencia a la Fig. 4, se muestra otra realización particular del conjunto de distribución de flujo 125. El conducto de salida 70 está conectado al conducto de derivación 78, el conducto de entrada del refrigerador intermedio 64, el conducto de exceso de aire 82 (a través de la válvula de desvío 84) y el conducto de purga 74 (a través de la válvula de purga de aire 76). En esta realización, dado que el conducto de purga 74 se comunica con el conducto de salida 70 aguas arriba del refrigerador intermedio 26, el aire comprimido no se enfría antes de ser circulado al conducto de purga 74.

El conducto de salida del refrigerador intermedio 66 está en comunicación de fluido con el conducto de entrada 71 (y, por consiguiente, con la entrada del núcleo de motor 12i); el refrigerador intermedio 26 reduce de este modo la temperatura del aire comprimido que va al núcleo de motor 12. El conducto de derivación 78 proporciona comunicación de fluido entre el conducto de salida 70 y el conducto de entrada 71 en paralelo con el refrigerador intermedio 26, permitiendo de este modo que una parte seleccionada del flujo se desvíe del refrigerador intermedio 26 antes de alcanzar el conducto de entrada 71 (y por consiguiente la entrada del núcleo de motor 12i). La temperatura del aire comprimido circulado al conducto de entrada 71 se puede regular cambiando la proporción del flujo que pasa a través del refrigerador intermedio 26 controlando la proporción del flujo que pasa a través del conducto de derivación 78 con la válvula de derivación 80 incluida en el mismo. En una realización particular, el aire comprimido que circula en el conducto de salida 70 y al conducto de purga 74 tiene una temperatura de 450°F (232°C) o inferior, y el refrigerador intermedio 26 enfría parte del aire comprimido de modo que el aire circulado al conducto de entrada 71 tiene una temperatura de 250°F (121°C) o inferior; también son posibles otros valores. En una realización particular, usar el refrigerador intermedio 26 para enfriar solamente la parte del aire comprimido circulada al conducto de entrada 71 puede permitir que el refrigerador intermedio 26 sea significativamente más pequeño que un refrigerador intermedio usado también para enfriar la parte del aire circulado al conducto de purga 74, por ejemplo tal como se muestra en la Fig. 3.

Con referencia a la Fig. 5, se muestra otra realización particular del conjunto de distribución de flujo 225. El conducto de salida 70 está conectado al conducto de derivación 78, al conducto de entrada del refrigerador intermedio 64 y al conducto de exceso de aire 82 (a través de la válvula de desvío 84). Un primer refrigerador intermedio 126 usado como refrigerador previo tiene un primer conducto o conductos 126a que tiene cada uno una entrada en comunicación de fluido con el conducto de entrada del refrigerador intermedio 64, y una salida en comunicación de fluido con un conducto intermedio del refrigerador intermedio 68.

El conducto intermedio del refrigerador intermedio 68 está en comunicación de fluido con el conducto de purga 74 a través de la válvula de purga de aire 76, y el conducto de derivación 78 proporciona comunicación de fluido entre el conducto de salida 70 y una parte del conducto de purga 74 aguas arriba de la válvula de purga de aire 76 en paralelo con el refrigerador intermedio 126. Por consiguiente, la temperatura del aire comprimido circulado al conducto de purga 74 se puede regular cambiando la proporción del flujo que pasa a través del refrigerador intermedio 126 controlando la proporción del flujo que pasa a través del conducto de derivación 78 con la válvula de derivación 80.

El conjunto de distribución de flujo 225 incluye un segundo refrigerador intermedio 226 que también tiene un primer conducto o conductos 226a en relación de intercambio de calor con el segundo conducto o conductos 226b. Cada primer conducto 226a del refrigerador intermedio 226 tiene una entrada en comunicación de fluido con el conducto intermedio del refrigerador intermedio 68, y una salida en comunicación de fluido con el conducto de salida del refrigerador intermedio 66. Cada segundo conducto 226b del refrigerador intermedio 226 está configurado para la circulación de un refrigerante a través del mismo, por ejemplo, aire de enfriamiento.

El conducto de salida del refrigerador intermedio 66 está en comunicación de fluido con el conducto de entrada 71 (y, por consiguiente, con la entrada del núcleo de motor 12i); el segundo refrigerador intermedio 226 de este modo reduce aún más la temperatura del aire comprimido que va al núcleo de motor 12. Un conducto de derivación adicional 178 proporciona comunicación de fluido entre el conducto intermedio del refrigerador intermedio 68 y el conducto de entrada 71 en paralelo con el refrigerador intermedio 226, permitiendo de este modo que una parte seleccionada del flujo se desvíe del refrigerador intermedio 226 antes de alcanzar el conducto de entrada 71 (y, por consiguiente, la entrada del núcleo de motor 12i). El conducto de derivación 178 adicional incluye una válvula de derivación 180 adicional para regular el flujo que circula a través del mismo. La temperatura del aire comprimido circulado en el conducto de entrada 71 se puede regular cambiando la proporción del flujo que pasa a través de los refrigeradores intermedios 126, 226 controlando la proporción del flujo que pasa a través de los conductos de derivación 78, 178 con las válvulas de derivación 80, 180.

Una realización alternativa se muestra en líneas de puntos, donde el conducto de derivación 178 se sustituye por un conducto de derivación 178' que contiene la válvula de derivación 180' y que se extiende entre el conducto de salida 70 y el conducto de entrada 71.

El conducto de entrada 71 comunica de este modo con el refrigerador intermedio del refrigerador previo 126 al menos en parte a través del segundo refrigerador intermedio 226, mientras que el conducto de purga 74 comunica con el refrigerador intermedio del refrigerador previo 126 aguas arriba del segundo refrigerador intermedio 226, de este modo independientemente del mismo. La disposición permite de este modo una regulación separada de la temperatura del flujo que alcanza el conducto de purga 74 y del flujo que alcanza el conducto de entrada 71. Por ejemplo, la proporción del flujo que circula a través del refrigerador intermedio 126 se puede seleccionar de manera que la temperatura del flujo que alcanza el conducto de purga 74 sea de 450°F (232°C) o inferior, y la temperatura del flujo se reduzca aún más en el segundo refrigerador intermedio 226 para tener un valor de 250°F (121°C) o inferior cuando se alcanza el conducto de entrada 71. También son posibles otros valores.

En todas las realizaciones, el conjunto de distribución de flujo, 25, 125, 225 puede incluir sensores de presión, temperatura y/o flujo, y/o un sistema o sistemas de bucle cerrado que controlan la posición de una, algunas o todas

las válvulas 76, 80, 84, 180, 180'. Cualquiera, algunas o todas las válvulas 76, 80, 84, 180, 180' pueden ser una válvula de modulación accionada hidráulica, neumática o eléctricamente.

En una realización particular, el conjunto de motor 10 se puede arrancar por aire desde el sistema neumático de la aeronave o la purga del motor, a diferencia de energía eléctrica. La apertura de la válvula de purga de aire 76 y la válvula de desvío 84 admite aire presurizado en la turbina de la segunda etapa 24, proporcionando por ello un medio para iniciar la rotación del conjunto de motor 10. Tal configuración puede permitir de este modo un arranque rápido en vuelo sin la necesidad de usar energía eléctrica. Cuando se proporciona, la tercera turbina (no mostrada) que recibe aire desde el conducto de exceso de aire 82 también podría permitir el arranque por aire del conjunto de motor 10. Pueden ser necesarias válvulas de retención o válvulas de derivación (no mostradas) para evitar el flujo inverso a través de otras partes del conjunto de motor 10. En ambos casos, el compresor 18 está muerto en el lado de purga, así que el motor arranca a baja velocidad y el flujo de arranque externo se cancela tan pronto como sea posible antes de acelerar a toda velocidad para evitar entradas en pérdida del compresor de alta energía.

En una realización alternativa, se omite la válvula de desvío 84 o se puede simplificar a una válvula de encendido/apagado de dos posiciones. El flujo desde el compresor 18 se canaliza al núcleo de motor 12 y al conducto de exceso de aire 82, y el aire comprimido se "purga" del conducto de exceso de aire 82 según se requiera por la aeronave, limitado si es necesario por la válvula de control de carga 76. Tal configuración puede permitir la reducción de pérdidas eliminando la caída de presión de la válvula de regulación o de desvío entre el compresor 18 y el intercambiador de calor 28 aguas abajo y la turbina. Cuando se emplea una válvula de desvío 84 de dos posiciones, la válvula se cierra cuando la aeronave tiene una demanda neumática alta en el conjunto de motor 10 y se abre completamente cuando el conjunto de motor 10 se opera con demanda neumática baja o solamente para energía eléctrica.

En una realización alternativa, se omiten los refrigeradores intermedios 26, 126, 226 y el flujo se circula al conducto de entrada 71 y al conducto de purga 74 sin ser enfriado.

Con referencia a la Fig. 6, en una realización particular, el conjunto de motor 10 incluye un refrigerador de aceite 88 para eliminar el calor del sistema de aceite del conjunto de motor 10, y un refrigerador de líquido de núcleo de motor 89 para eliminar el calor del refrigerante (por ejemplo, agua, aceite u otro refrigerante líquido) del sistema de enfriamiento del núcleo de motor 12. Una bomba de refrigerante 94 hace circular el refrigerante entre el núcleo de motor 12 y el refrigerador de líquido del núcleo de motor 89. Los refrigeradores 88, 89 están integrados con el refrigerador intermedio 26/226 (y el refrigerador intermedio del refrigerador previo 126, si se proporciona) en un conjunto de enfriamiento para evitar la reproducción de elementos como ventiladores de enfriamiento y toberas eyectoras. En esta realización particular, los refrigeradores 88, 89 y los refrigeradores intermedios 26/226, 126 están dispuestos en serie en un único conducto de aire 90 que se ventila por un ventilador de enfriamiento 92 en operaciones en tierra o parte de un circuito atmosférico en vuelo. El ventilador de enfriamiento 92 se puede accionar mediante cualquier elemento rotativo adecuado del conjunto de motor 10, o alimentar por el generador 14. Se puede usar de este modo una única entrada y escape para proporcionar refrigerante a todos los refrigeradores 88, 89 y refrigeradores intermedios 26/226, 126. Los refrigeradores 88, 89 y el refrigerador intermedio 26/226, 126 se colocan dentro del conducto según sus requisitos de temperatura. En la realización mostrada, el refrigerador de aceite 88 y el refrigerador de líquido del núcleo de motor 89 tienen los requisitos de temperatura más bajos (por ejemplo, requieren enfriar los fluidos dentro de los mismos a alrededor de 180°F (82°C) a 200°F (93°C) y la temperatura del aire de enfriamiento en la entrada del conducto de aire 90 es de 130°F (54°C) o inferior; el refrigerador intermedio 26/226 tiene un requisito de temperatura más alta que los refrigeradores 88, 89 (por ejemplo, alrededor de 250°F (121°C)), y el refrigerador intermedio del refrigerador previo 126 (si se proporciona) tiene un requisito de temperatura más alta que el refrigerador intermedio 26/226 (por ejemplo, de alrededor de 450°F (232°C)). También son posibles otros valores.

Con referencia a la Fig. 7, se muestra otra realización para el conjunto de enfriamiento. En esta realización, los refrigeradores 88, 89 y el refrigerador intermedio 26/226 están en paralelo en el conducto de aire 190 ventilados por el ventilador de enfriamiento 92, con el refrigerador intermedio del refrigerador previo 126 que se proporciona aguas abajo de los otros. En otra realización que no se muestra, los refrigeradores 88, 89 y los refrigerador intermedios 26/226, 126 están todos colocados en paralelo en el conducto de aire.

Con referencia a la Fig. 8, se muestra un conjunto de motor compuesto 110 con el conjunto de enfriamiento según una realización particular. En esta realización, el segundo conducto o conductos 226b del refrigerador intermedio 226 están en comunicación de fluido con el sistema de enfriamiento líquido del núcleo de motor 20 de manera que el refrigerante del sistema de enfriamiento líquido se hace circular en el segundo conducto o conductos 226b para enfriar el aire comprimido circulado en el primer conducto o conductos 226a. En esta realización, se proporciona un accionamiento mecánico 96 entre el ventilador de enfriamiento 92 y el árbol 16 del núcleo de motor 12. Los refrigeradores 88, 89 están colocados en paralelo en el conducto de aire de enfriamiento 290 aguas arriba del ventilador 92, y el refrigerador intermedio del refrigerador previo 126 está colocado en el conducto 290 aguas abajo del ventilador 92. En una realización particular, tal disposición proporciona una delta de enfriamiento T óptima al aceite, refrigerante del motor y aire comprimido al tiempo que se conservan temperaturas de entrada aceptables al ventilador 92 para mantener su potencia por debajo de un umbral deseable y evitar la necesidad de materiales más

caros que se pueden requerir si el ventilador 92 estuviera situado en una zona más caliente corriente abajo del refrigerador intermedio 126.

Con referencia a la Fig. 9, se muestra un conjunto de motor compuesto 210 según otra realización 10, donde componentes similares a los de la realización mostrada en la Fig. 1 se identifican con los mismos números de referencia y no se describen aún más en la presente memoria. Como se ha descrito anteriormente, el núcleo de motor 12 incluye uno o más motores de combustión interna incluyendo, pero no limitados a, cualquier tipo de motor rotativo (por ejemplo, un motor Wankel), y cualquier tipo de motor de combustión interna no rotativo tal como un motor de movimiento alternativo. Cualquiera de los conjuntos de distribución de flujo 25, 125, 225 o cualquier otro conjunto de distribución de flujo apropiado se puede usar para distribuir el flujo desde el conducto de salida 70 al conducto de entrada 71, al conducto de purga 74 y al conducto de exceso de aire 84.

En esta realización, el árbol 16 del núcleo de motor 12 solamente está acoplado mecánicamente al generador 14, y no a los rotores del compresor 18 y a las turbinas 22, 24. Las turbinas de la primera y segunda etapas 22, 24 están acopladas mecánicamente al compresor 18, por ejemplo, teniendo sus rotores soportados por un mismo árbol de turbina 123. Las turbinas de la primera y segunda etapas 22, 24 también están acopladas mecánicamente a un segundo generador/motor eléctrico 114. En una realización particular, el árbol 16 del núcleo de motor 12 y el árbol de la turbina 123 están acoplados cada uno a su generador respectivo 14, 114 a través de una conexión directa; el generador 14 acoplado al núcleo de motor 12 puede tener de este modo una velocidad de rotación más baja que el generador 114 acoplado al árbol de turbina 123. Alternativamente, una o ambas conexiones se pueden realizar a través de una caja de cambios respectiva (no mostrada).

En otra realización particular, el generador 114 accionado directamente por las turbinas 22, 24 (o por una de las turbinas en una realización donde las turbinas están en diferentes árboles) tiene una frecuencia nominal de al menos 400 Hz adecuada para equipos eléctricos de aeronaves de alta densidad de potencia, por ejemplo un generador de corriente alterna de 2 polos con una frecuencia nominal de 400 Hz que tiene una velocidad de diseño de desde 22.800 hasta 25.300 rpm, que puede corresponder a una velocidad nominal de 24.000 rpm. Tal generador 114 se puede usar en combinación con cualquiera de los generadores 14 particulares mencionados anteriormente.

La potencia de los dos árboles 16, 123 se compone de energía eléctrica que se transfiere entre los dos generadores 14, 114. Por ejemplo, el primer generador 14 transfiere potencia al segundo generador/motor 114 que actúa como motor para impulsar el rotor o los rotores del compresor 18. Los generadores 14, 114 también proporcionan energía eléctrica para la aeronave.

En la realización mostrada, se proporciona un controlador de potencia 86 para controlar la transferencia de potencia entre los dos generadores 14, 114 y la potencia proporcionada a la aeronave. En una realización particular, el controlador de potencia 86 permite que la relación de velocidad del compresor y del núcleo de motor sea variable, con cada velocidad de rotación que está programada independientemente para un rendimiento óptimo. La parte de la potencia del primer generador 14 que se transfiere al segundo generador/motor 114 se puede controlar para lograr la velocidad de rotación más ventajosa para el rotor o los rotores del compresor 18. Además, cuando las turbinas 22, 24 acopladas al compresor 18 generan exceso de energía, el segundo generador/motor 114 también puede proporcionar potencia a la aeronave y/o al primer generador 14 que también puede actuar como motor. El controlador de potencia 86 también puede contener características tales como regulación de frecuencia y voltaje para administrar la calidad de potencia de AC suministrada al fuselaje.

Aunque no se muestra, la transferencia de potencia desde el núcleo de motor 12 al sobrealimentador (compresor 18 y turbinas 22, 24) también se puede realizar a través de sistemas CVT hidráulicos o mecánicos para permitir una programación de velocidad independiente.

Con referencia a la Fig. 10, se muestra un conjunto de motor 310 según otra realización, donde componentes similares a los de la realización mostrada en la Fig. 1 se identifican con los mismos números de referencia y no se describen más en la presente memoria.

En esta realización, el árbol 16 del núcleo de motor 12 está acoplado mecánicamente al generador 14, y la potencia de la turbina o las turbinas no está combinada con la del núcleo de motor 12. Aunque se muestra una única turbina 322, se pueden proporcionar múltiples turbinas. La turbina 322 está acoplada mecánicamente al compresor 18, por ejemplo, teniendo sus rotores soportados por un mismo árbol 123. La turbina 322 se puede configurar como una turbina de impulso o como una turbina de presión, y puede tener cualquier relación de reacción adecuada, incluyendo, pero no limitada a, las relaciones descritas anteriormente para las turbinas 22, 24. En una realización particular, la turbina 322 se sustituye por la turbinas de la primera y segunda etapas 22, 24 como se ha descrito previamente.

Cualquiera de los conjuntos de distribución de flujo 25, 125, 225 o cualquier otro conjunto de distribución de flujo apropiado se puede usar para distribuir el flujo desde el conducto de salida 70 al conducto de entrada 71, al conducto de purga 74 y al conducto de exceso de aire 84. Cuando se proporciona más de una turbina, el flujo desde el conducto de exceso de aire 84 se puede hacer circular a la entrada de cualquiera de las turbinas.

Aunque no se muestra, la turbina o las turbinas 322 también pueden accionar un generador separado o cualquier otro tipo de accesorio apropiado. Aunque no se muestra, se puede proporcionar un controlador de potencia para controlar la transferencia de potencia entre el generador 14 y cualquier sistema que reciba potencia eléctrica desde el generador 14.

- 5 La descripción anterior se pretende que sea solamente ejemplar, y un experto en la técnica reconocerá que se pueden hacer cambios en las realizaciones descritas sin apartarse del alcance de la invención descrita. Por ejemplo, aunque se ha mostrado el compresor 18 como que proporciona aire comprimido tanto para el núcleo de motor 12 como para la aeronave, alternativamente el compresor 18 se puede configurar para actuar solamente como sobrealimentador para el núcleo de motor 12, y se puede configurar un compresor de carga separado para  
10 proporcionar el aire de la aeronave. Tal compresor de carga se puede accionar por el núcleo de motor 12 y/o las turbinas 22, 24, 322 o bien directamente o bien a través de una caja de cambios. Los dos compresores pueden tener una entrada común. Además, aunque se ha descrito el núcleo de motor 12 como que incluye uno o más motores de combustión interna, el núcleo de motor 12 puede ser, alternativamente, cualquier otro tipo de núcleo de motor en el que el aire comprimido se mezcla con combustible y se enciende para generar gases de combustión calientes,  
15 incluyendo, pero no limitado a, una cámara de combustión de motor de turbina de gas; como ejemplos no limitativos, el refrigerador intermedio 26, 126 que enfría aire comprimido circulado a la aeronave, y la circulación del exceso de aire desde el compresor 18 a una turbina 22, 24 con el conducto de exceso de aire 82 para proporcionar trabajo adicional con o sin un intercambiador de calor de escape 28 entre el exceso de aire y el escape de la turbina, se puede aplicar a un motor de turbina de gas con una cámara de combustión, como se ilustra esquemáticamente en la  
20 Fig. 11. Otras modificaciones que caen dentro del alcance de la presente invención serán evidentes para los expertos en la técnica, a la luz de una revisión de esta descripción, y tales modificaciones se pretende que caigan dentro de las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Una unidad de potencia auxiliar para una aeronave, que comprende:
  - un núcleo de motor (12);
  - un compresor (18) que tiene una salida en comunicación de fluido con una entrada del núcleo de motor;
- 5 una sección de turbina (20) en comunicación de fluido con una salida del núcleo de motor; y
  - un conducto de exceso de aire (82) que tiene un primer extremo en comunicación de fluido con la salida del compresor y un segundo extremo en comunicación de fluido con una entrada de una turbina de la sección de turbina, el conducto de exceso de aire que define un camino de flujo entre la salida del compresor y la sección de turbina separada del núcleo de motor,
- 10 caracterizada por que comprende además:
  - un intercambiador de calor (28) que incluye al menos un primer conducto en relación de intercambio de calor con al menos un segundo conducto, el conducto de exceso de aire que está en comunicación de fluido con la sección de turbina a través del al menos un primer conducto, el al menos un segundo conducto que está en comunicación de fluido con un escape de la sección de turbina.
- 15 2. La unidad de potencia auxiliar como se define en la reivindicación 1, que comprende además un conducto de purga (74) que tiene un extremo configurado para su conexión con un sistema neumático de la aeronave, el conducto de purga en comunicación de fluido con la salida del compresor (18) a través de una válvula de purga de aire (76) que abre y cierra selectivamente la comunicación de fluido entre la salida del compresor y el extremo del conducto de purga configurado para conexión al sistema neumático.
- 20 3. La unidad de potencia auxiliar como se define en la reivindicación 1 o 2, en donde el conducto de exceso de aire (82) incluye una válvula de desvío (84) que abre y cierra selectivamente una comunicación de fluido a través del conducto de exceso de aire entre el primer y segundo extremos del mismo.
4. La unidad de potencia auxiliar como se define en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el núcleo de motor (12) incluye al menos un motor de combustión interna rotativo cada uno que incluye un rotor recibido de manera sellada y rotativa dentro de una cavidad interna respectiva para proporcionar cámaras de rotación de volumen variable en la cavidad interna respectiva, el rotor que tiene tres partes de ápice (36) que separan las cámaras de rotación y montadas para revoluciones excéntricas dentro de la cavidad interna respectiva, la cavidad interna respectiva que tiene una forma epitrocoide con dos lóbulos.
- 25 5. La unidad de potencia auxiliar como se define en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la sección de turbina (20) combina la potencia con el núcleo de motor (12).
- 30 6. La unidad de potencia auxiliar como se define en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la sección de turbina (20) está en acoplamiento de accionamiento con el compresor (18).
7. La unidad de potencia auxiliar como se define en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además paletas de guiado de entrada variables (72), un difusor variable (72) o una combinación de los mismos en una entrada del compresor (18).
- 35 8. La unidad de potencia auxiliar como se define en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además un generador (14) en acoplamiento de accionamiento con el núcleo de motor para proporcionar energía eléctrica para la aeronave.
9. La unidad de potencia auxiliar como se define en la reivindicación 8, en donde el generador es un primer generador (14), los rotores de la sección de turbina (20) y del compresor (18) están acoplados en un árbol de turbina (124) que puede rotar independientemente de un árbol del núcleo de motor en acoplamiento de accionamiento con el primer generador, el conjunto que comprende un segundo generador (114) en acoplamiento de accionamiento con el árbol de turbina, y un controlador de potencia (86) conectado al primer y segundo generadores y que controlan la transferencia de potencia entre el primer y segundo generadores.
- 40 10. La unidad de potencia auxiliar como se define en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la sección de turbina incluye una turbina de la primera etapa (22) que tiene una entrada en comunicación de fluido con la salida del núcleo de motor, y una turbina de la segunda etapa (24) que tiene una entrada en comunicación de fluido con una salida de la turbina de la primera etapa, la turbina de la segunda etapa que tiene una relación de reacción más alta que la turbina de la primera etapa, el segundo extremo del conducto de exceso de aire que está en comunicación de fluido con la sección de turbina estando en comunicación de fluido con la entrada de la turbina de la segunda etapa.
- 50

11. La unidad de potencia auxiliar como se define en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la sección de turbina (20) comprende:

una turbina de la primera etapa (22) que tiene una entrada en comunicación de fluido con la salida del núcleo de motor; y

5 una turbina de la segunda etapa (24) que tiene una entrada en comunicación de fluido con una salida de la turbina de la primera etapa;

en donde al menos la turbina de la primera etapa está configurada para combinar la potencia con el núcleo de motor (12); y

10 en donde al menos la turbina de la segunda etapa está en acoplamiento de accionamiento con el compresor (18).

12. La unidad de potencia auxiliar como se define en la reivindicación 10 u 11, en donde la turbina de la primera etapa (22) está configurada como una turbina de impulso con una relación de reacción basada en la presión que tiene un valor de como máximo 0,25, la turbina de la segunda etapa (24) que tiene una relación de reacción más alta que la de la turbina de la primera etapa.

15 13. Un método de provisión de aire comprimido y energía eléctrica a una aeronave, el método que comprende:

hacer fluir aire comprimido desde una salida de un compresor (18) a una entrada de un núcleo de motor (12) de la unidad de potencia auxiliar;

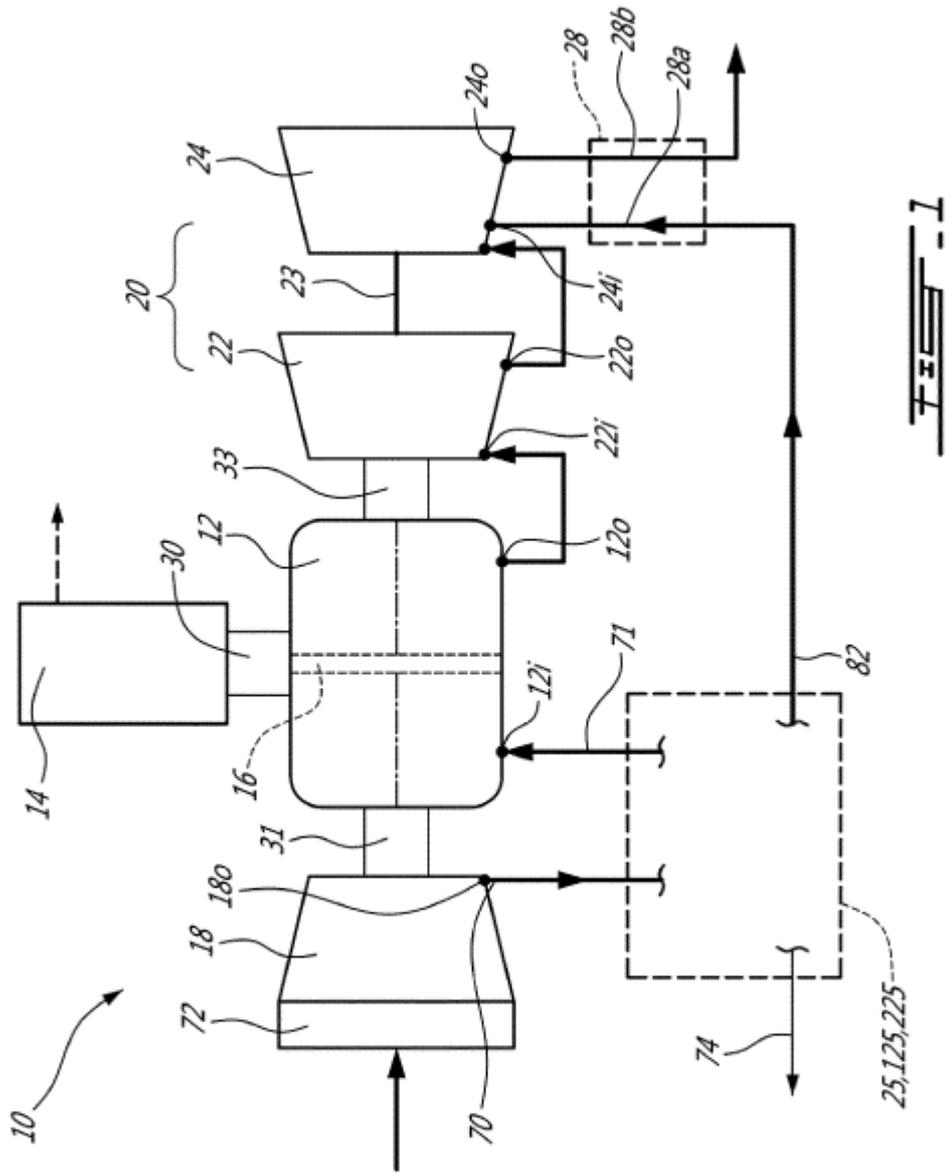
accionar al menos un generador (14) que proporciona energía eléctrica a la aeronave con el núcleo de motor; y

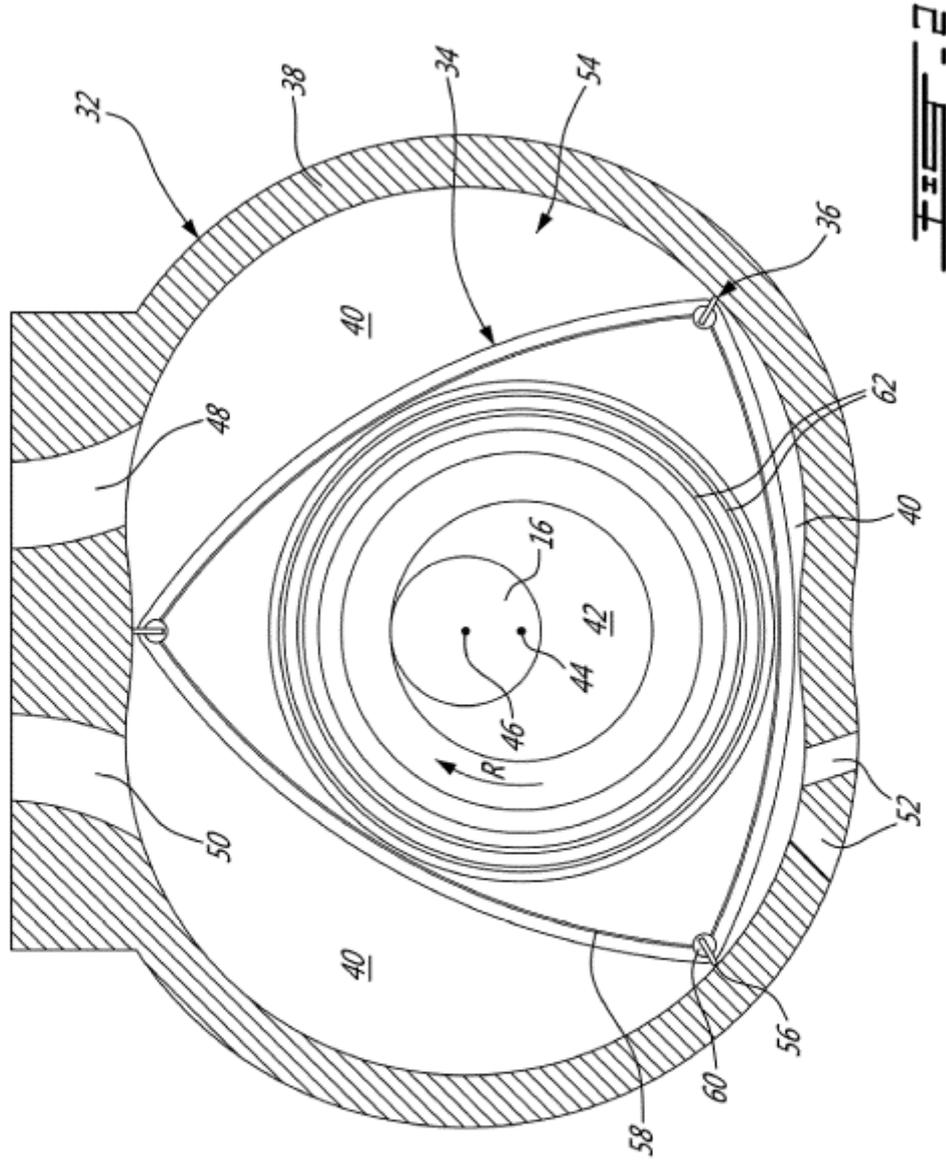
20 hacer fluir el exceso de aire comprimido desde la salida del compresor a una entrada de una turbina (22) de una sección de turbina (20) de la unidad de potencia auxiliar a través de un camino de flujo separado del núcleo de motor

caracterizado por que comprende además:

intercambiar calor entre el aire comprimido que fluye a través del camino de flujo separado del núcleo de motor y un escape de la sección de turbina.

25





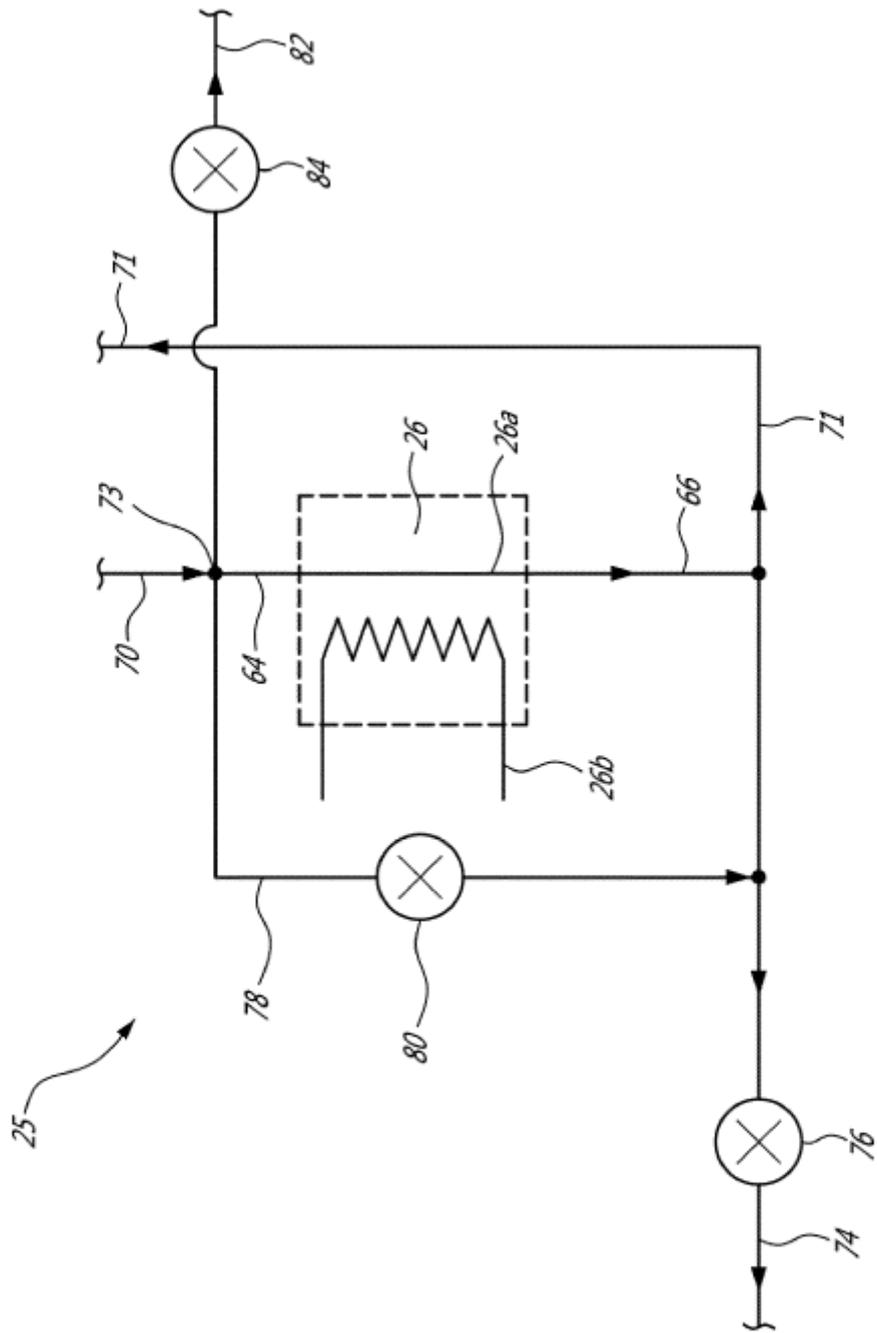
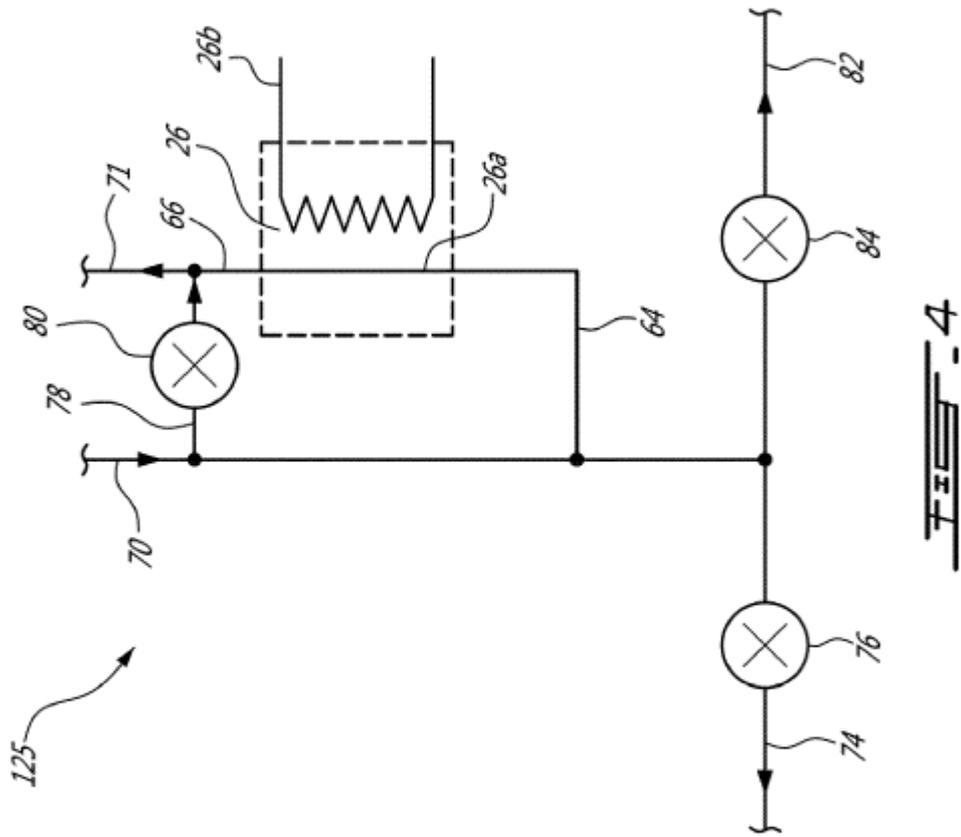


FIG. 3



**FIG. 4**

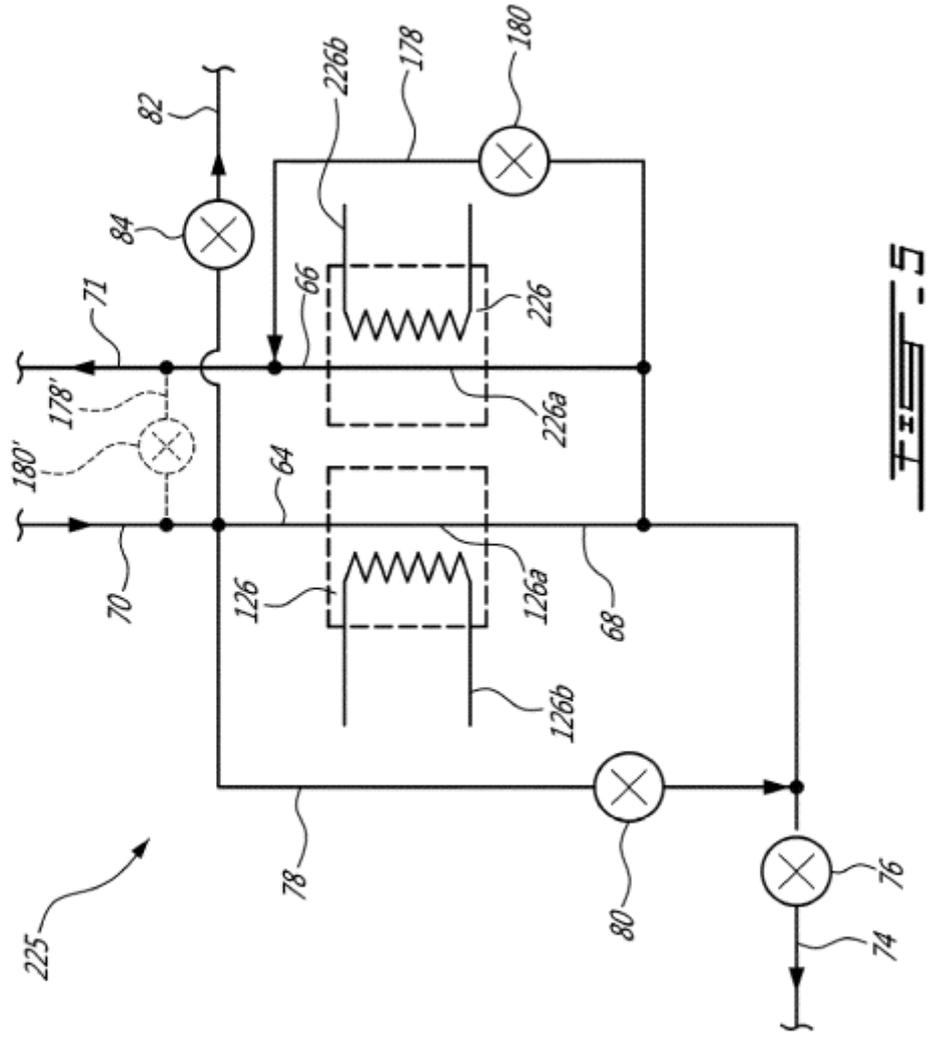
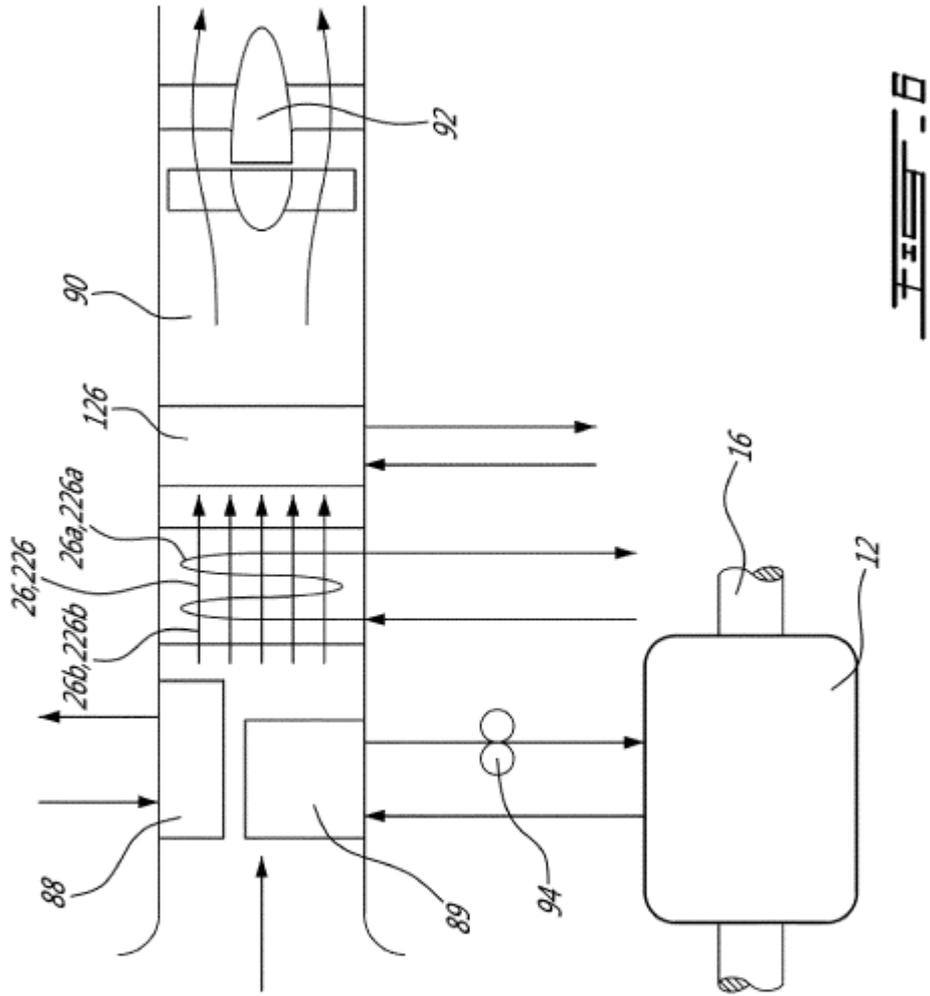
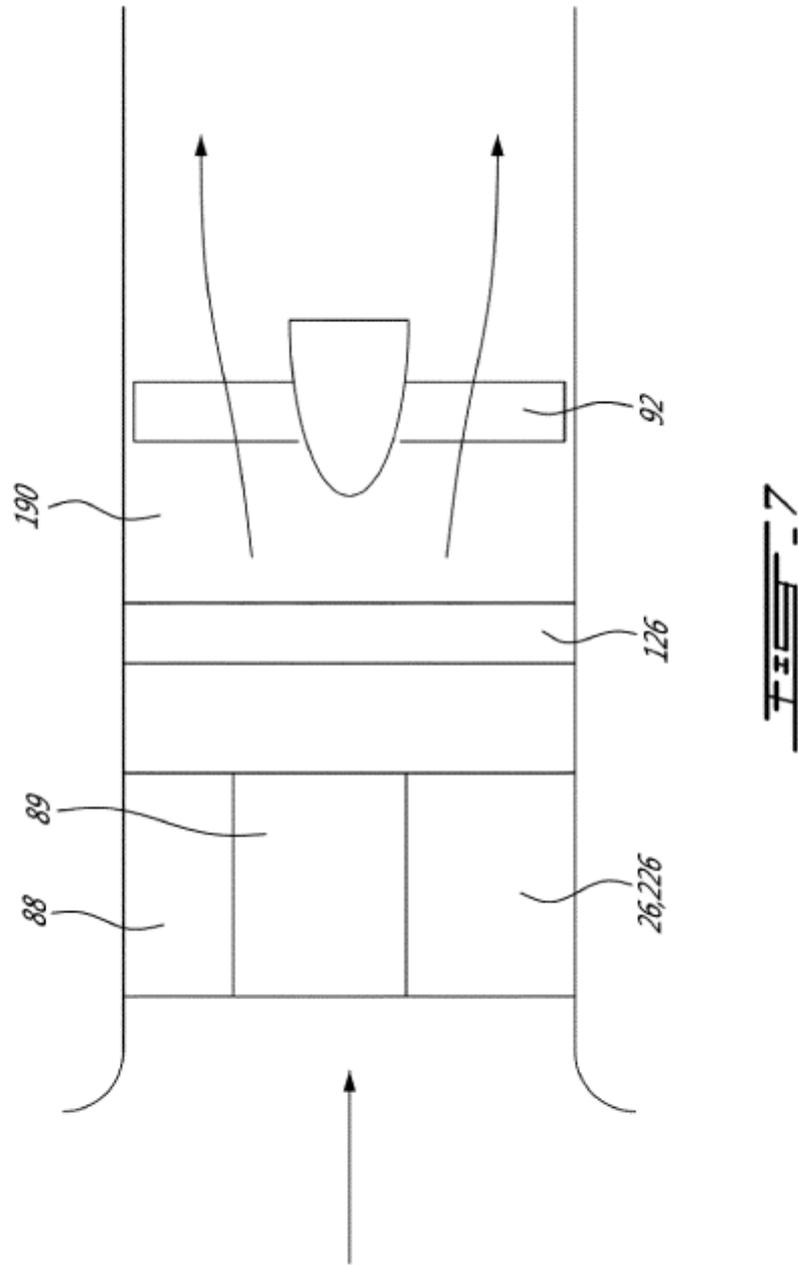
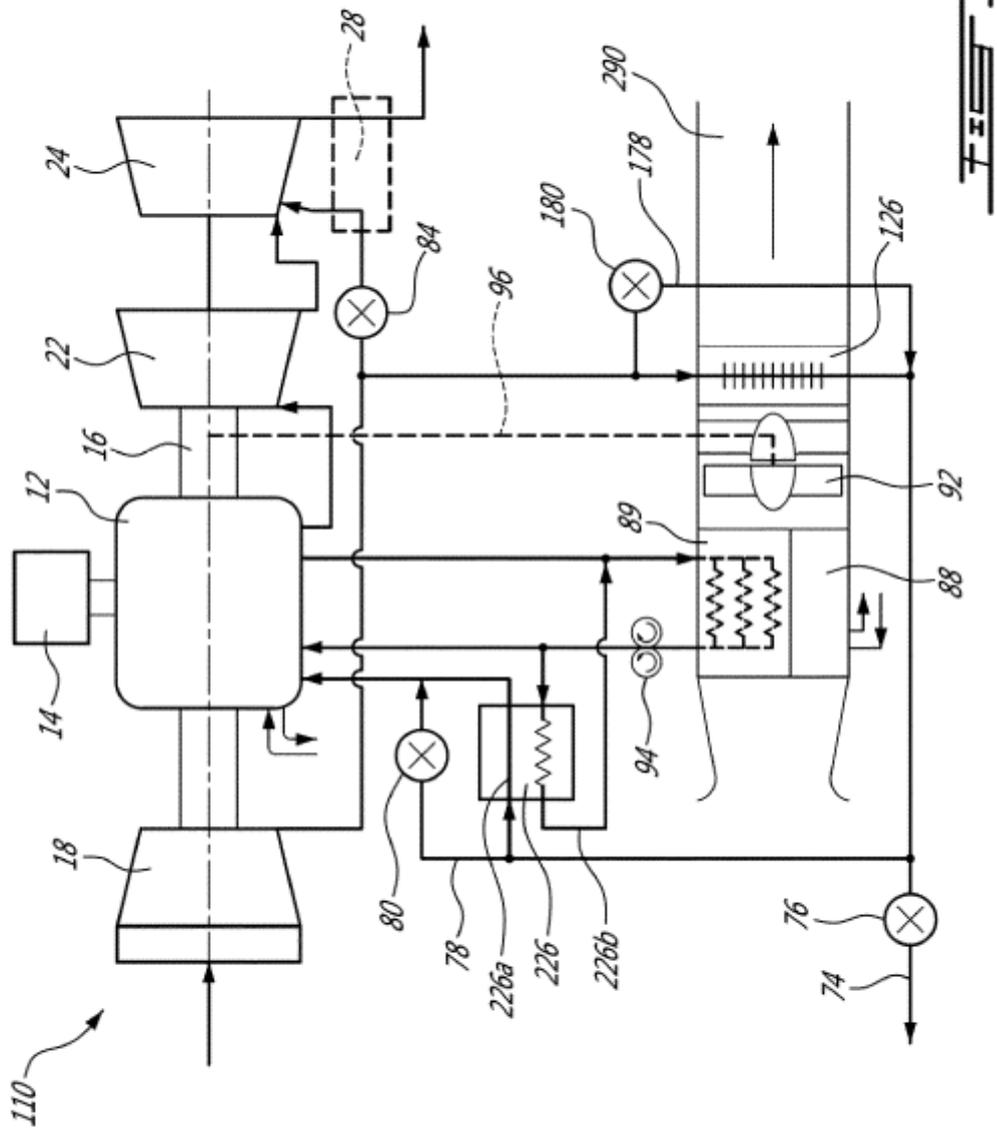


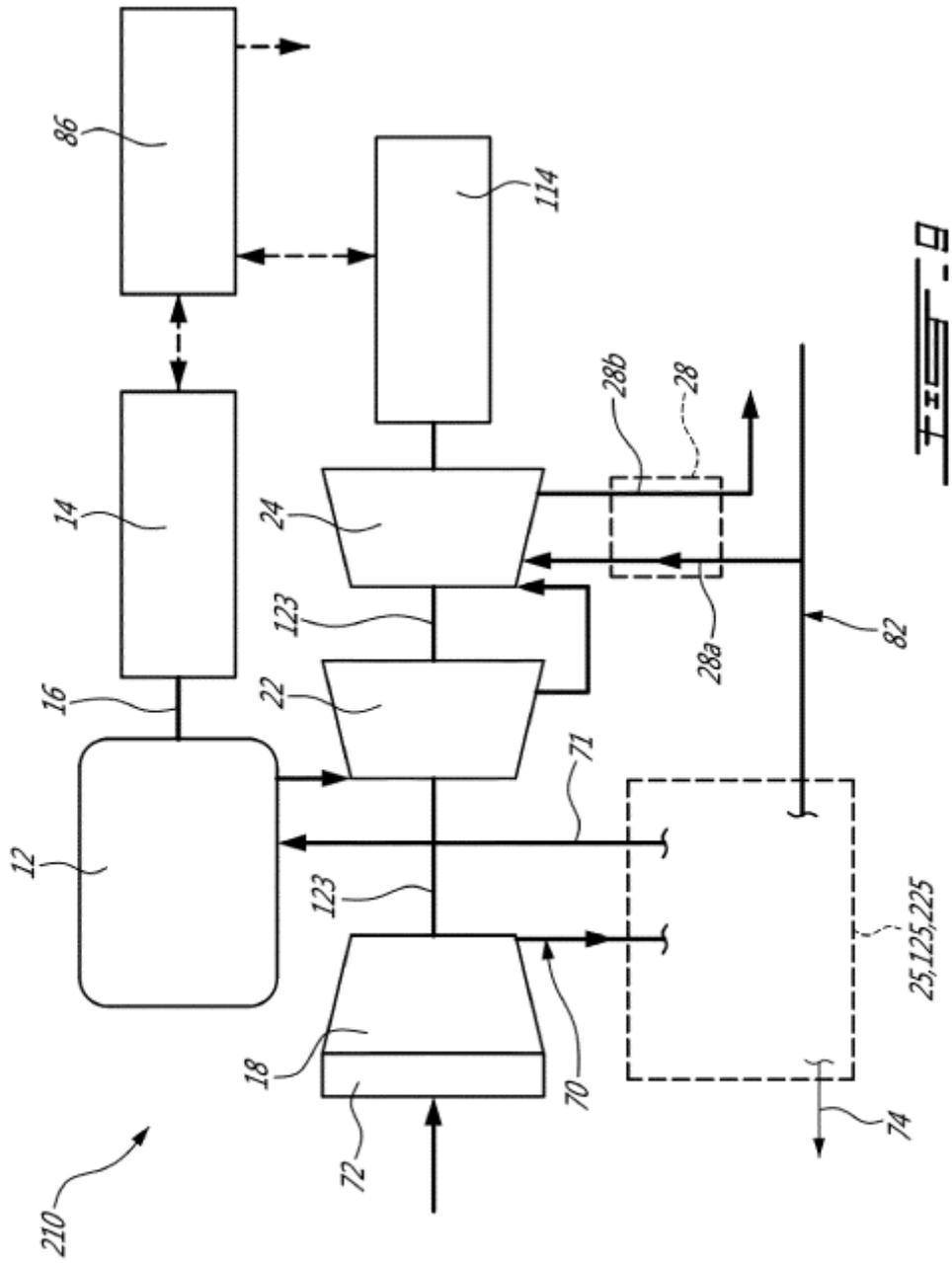
FIG. 5

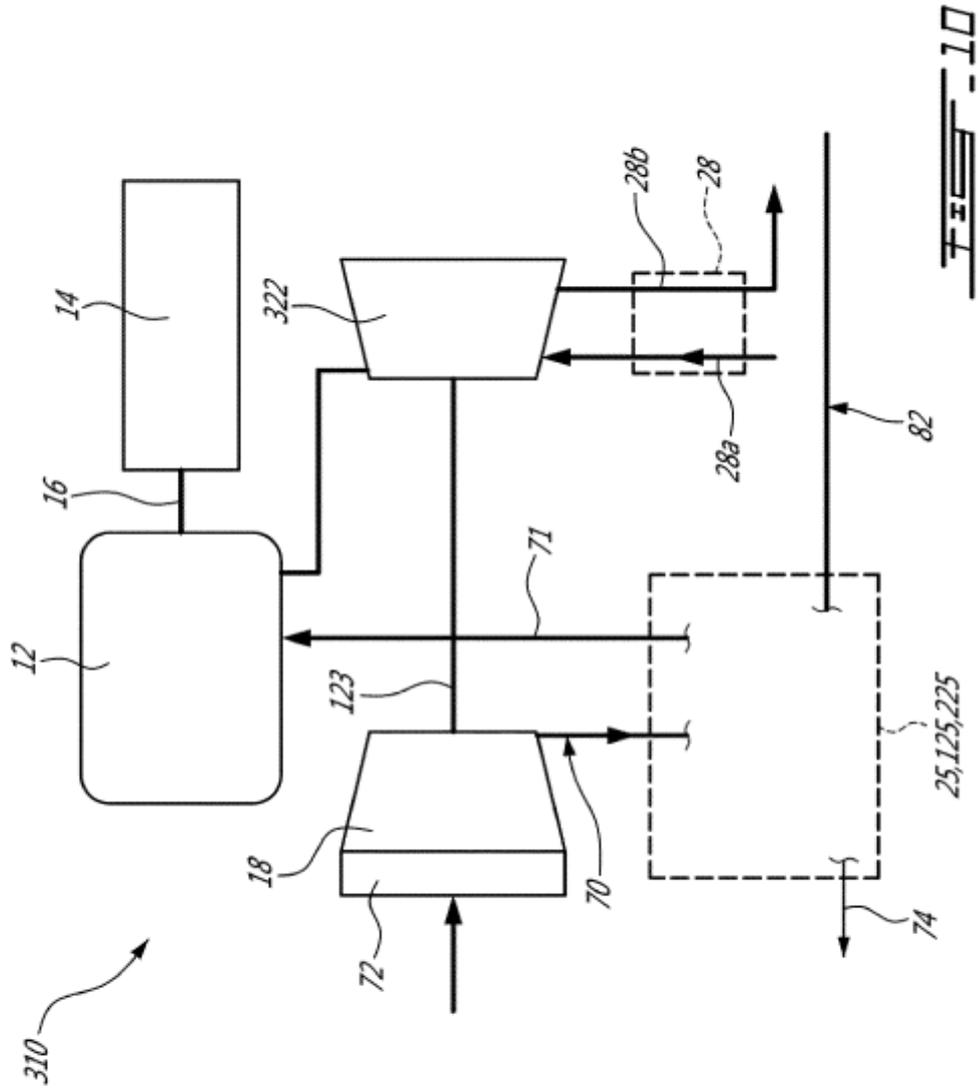


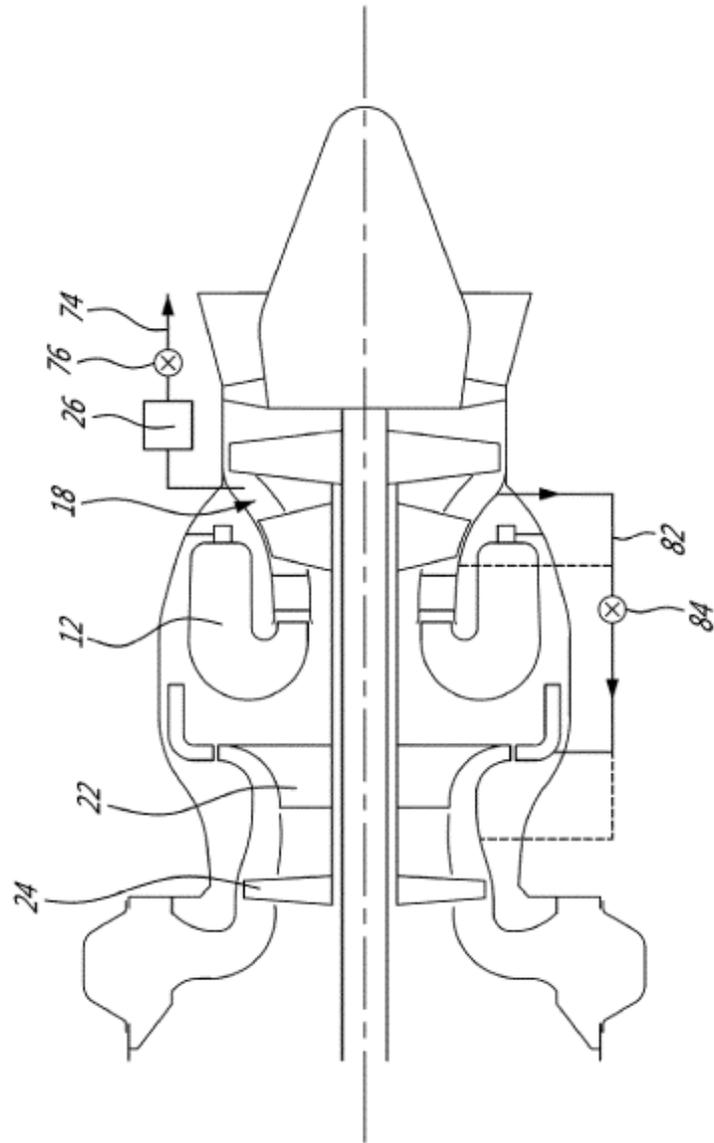




FEI-8







**FIG. 11**