

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 699 483**

51 Int. Cl.:

**B64D 13/02** (2006.01)

**B64D 41/00** (2006.01)

**F01C 1/22** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.06.2016 E 16176122 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.09.2018 EP 3109161**

54 Título: **Conjunto de motor compuesto con accionamiento directo de generador**

30 Prioridad:

**25.06.2015 US 201514750207**

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

**11.02.2019**

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 2 699 483 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

Conjunto de motor compuesto con accionamiento directo de generador

### Campo técnico

5 La solicitud relacionada se refiere en general a conjuntos de motores compuestos y, más particularmente, a dichos conjuntos de motores compuestos usados como unidades de energía auxiliar en aeronaves.

### Antecedentes de la técnica

10 Las unidades de energía auxiliar (Auxiliary Power Units, APU) de aeronaves proporcionan comúnmente aire a presión y energía de eje de velocidad controlada a los sistemas de aeronaves como una alternativa a la extracción de esta energía desde el flujo de compresor de motor principal y las cajas de engranajes accesorias. La APU se usa frecuentemente para sistemas de energía cuando los motores principales están apagados.

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

15 El documento US 2010/313573 A1 describe una válvula de aire de purga de compresor en una unidad de energía auxiliar (APU) que modula el flujo de aire de purga tanto para sistemas neumáticos accesorios accionados por el aire de purga como para reducir o eliminar sobrecargas en el compresor.

Los documentos EP 2631182 A2 y US 2008/057848 A1 pueden ser útiles también en la comprensión de los antecedentes de la presente descripción.

### Sumario

20 La presente invención proporciona un conjunto de motor compuesto para su uso como una unidad de energía auxiliar para una aeronave según se define en la reivindicación 1

25 Un ejemplo no según la presente invención proporciona un conjunto de motor compuesto para su uso como una unidad de energía auxiliar para una aeronave, en el que el conjunto de motor compuesto comprende: un núcleo de motor que incluye al menos un motor de combustión interna, cada uno en acoplamiento de accionamiento con un eje de motor; un generador que tiene un eje de generador en acoplamiento de accionamiento con el eje del motor para proporcionar energía eléctrica para la aeronave en el que los ejes del generador y del motor están acoplados directamente entre sí de manera que puedan girar a una misma velocidad; un compresor que tiene una salida en comunicación de fluido con una entrada del núcleo de motor; una turbina de primera etapa que tiene una entrada en comunicación de fluido con una salida del núcleo de motor; y una turbina de segunda etapa que tiene una entrada en comunicación de fluido con una salida de la turbina de la primera etapa; en el que al menos la turbina de la primera etapa está configurada para combinar energía con el núcleo del motor; y en el que al menos la turbina de la segunda etapa está en acoplamiento de accionamiento con el compresor.

35 El conjunto de motor compuesto puede comprender además un conducto de purga que tiene un extremo configurado para su conexión a un sistema de la aeronave, en el que el conducto de purga 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.

40 Cada uno de los al menos un motor de combustión interna puede incluir un rotor alojado de manera hermética y giratoria en el interior de una cavidad interna respectiva para proporcionar cámaras giratorias de volumen variable en la cavidad interna respectiva, en el que el rotor tiene tres partes de vértice que separan las cámaras giratorias y montadas para realizar revoluciones excéntricas en el interior de la cavidad interna respectiva, en el que la cavidad interna respectiva tiene forma de epitrocoide con dos lóbulos.

El generador puede tener una frecuencia nominal de 400 Hz.

El generador puede tener una velocidad de rotación nominal de al menos 5.700 rotaciones por minuto.

45 El generador puede ser seleccionado de entre el grupo consistente en: un generador de corriente alterna de 6 polos, 3 fases, que tiene una velocidad de diseño de 7.600 a 8.400 rotaciones por minuto; un generador de corriente alterna de 8 polos, 3 fases, que tiene una velocidad de diseño de 5.700 a 6.300 rotaciones por minuto; y un generador de corriente alterna de 4 polos, 3 fases, que tiene una velocidad de diseño de 11.400 a 12.600 rotaciones por minuto.

Los rotores de las turbinas de las etapas primera y segunda y del compresor pueden estar acoplados en un eje de turbina giratorio independientemente del eje del motor, el generador es un primer generador, el conjunto comprende además un segundo generador en acoplamiento de accionamiento con el eje de la turbina, y un controlador de energía

conectado a los generadores primero y segundo y que controla la transferencia de energía entre los generadores primero y segundo.

El segundo generador puede tener un segundo eje de generador acoplado directamente al eje de turbina de manera que los ejes de la turbina y del segundo generador puedan girar a una misma velocidad.

- 5 La turbina de la primera etapa puede estar configurada como una turbina de impulsos con una relación de reacción basada en la presión que tiene un valor de 0,25 como máximo, en el que la turbina de la segunda etapa tiene una relación de reacción superior a la de la turbina de la primera etapa.

La presente invención proporciona además un procedimiento para proporcionar energía eléctrica a una aeronave según se define en la reivindicación 14

10 **Descripción de los dibujos**

Ahora, se hace referencia a las figuras adjuntas, en las que:

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 puede ser usado en un conjunto de motor compuesto tal como se muestra en la Fig. 1, según una realización particular;

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

Las Figs. 6-7 son vistas esquemáticas de conjuntos de refrigeración que pueden ser usados 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;

- 20 La Fig. 9 es una vista esquemática de un conjunto de motor compuesto según otra realización particular, que puede ser usado con los conjuntos de distribución de flujo de las Figs. 3-5 y/o los conjuntos de refrigeración de las Figs. 6-7;

La Fig. 10 es una vista esquemática de un conjunto de motor según otra realización particular, que puede ser usado con los conjuntos de distribución de flujo de las Figs. 3-5 y/o los conjuntos de refrigeración de las Figs. 6-7; y

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

25 **Descripción detallada**

- Con referencia a la Fig. 1, se muestra esquemáticamente un conjunto 10 de motor compuesto. El conjunto 10 de motor compuesto es particularmente, aunque no exclusivamente, adecuado para su uso como unidad de energía auxiliar (APU) aérea. El conjunto 10 de motor compuesto incluye un núcleo 12 de motor que tiene un eje 16 de motor 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 están limitadas a, un eje motriz, accesorios, mástil o mástiles de rotor, un compresor, o cualquier otro tipo de carga o combinación de las mismas. El conjunto 10 de motor compuesto incluye además un compresor 18, una sección 20 de turbina que combina energía con el núcleo 12 de motor y en acoplamiento de accionamiento con el compresor 18 y que incluye generalmente una turbina 22 de primera etapa y una turbina 24 de segunda etapa, y un conjunto 25, 125, 225 de distribución de flujo, cuyos ejemplos se describirán adicionalmente más adelante.
- 30
- 35

- En una realización particular, el núcleo 12 de motor incluye uno o más motores giratorios acoplados de manera accionada al eje 16 común que acciona la carga y en el que cada uno tiene un rotor acoplado de manera hermética en un alojamiento respectivo, en el que cada motor de tipo giratorio tiene una fase de combustión de volumen casi constante para una alta eficiencia de ciclo. El motor o los motores giratorios pueden ser 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 preferentemente una epitrocoide. Un rotor 34 está alojado en el interior de la cavidad interna. El rotor define tres partes 36 de vértice separadas circunferencialmente, y un perfil generalmente triangular con lados arqueados hacia el exterior. Las partes 36 de vértice están en acoplamiento hermético con la superficie interna de una pared 38 periférica de la carcasa 32 para formar tres cámaras 40 de trabajo entre el rotor 34 y la carcasa 32.
- 40
- 45

El rotor 34 está acoplado a una parte 42 excéntrica del eje 16 para realizar revoluciones orbitales en el interior de la cavidad interna. El eje 16 realiza tres rotaciones por cada revolución orbital del rotor 34. El eje 44 geométrico del rotor 34 está descentrado con relación, 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 experimentar las cuatro fases de admisión, compresión, expansión y escape.

5 Hay provisto un puerto 48 de admisión a través de la pared 38 periférica para admitir sucesivamente aire comprimido en cada cámara 40 de trabajo. Hay provisto también un puerto 50 de escape a través de la pared 38 periférica para descargar sucesivamente los gases de escape desde cada cámara 40 de trabajo. Hay provistos también conductos 52 para una bujía incandescente, una bujía u otro elemento de encendido, así como para uno o más inyectores de combustible (no mostrados) a través de la pared 38 periférica. De manera alternativa, el puerto 48 de admisión, el puerto 50 de escape y/o los conductos 52 pueden estar provistos a través de una pared 54 extrema o lateral de la carcasa; y/o, el elemento de encendido y un inyector de combustible piloto pueden comunicarse con una sub-cámara piloto (no mostrada) definida en la carcasa 32 y que se comunica con la cavidad interna para proporcionar una inyección piloto. La sub-cámara piloto puede estar definida, por ejemplo, en un inserto (no mostrado) recibido en la pared 38 periférica.

15 En una realización particular, los inyectores de combustible son inyectores de combustible de carril común, y se comunican con una fuente de combustible pesado (por ejemplo, diésel, queroseno (combustible para aviones), biocombustible equivalente) y suministran el combustible pesado al motor o a los motores de manera que la cámara de combustión esté estratificada con una mezcla rica de combustible-aire cerca de la fuente de ignición y una mezcla menos densa en otras partes.

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

25 Cada motor Wankel proporciona un flujo de escape en la forma de un impulso de escape relativamente largo; por ejemplo, en una realización particular, cada motor Wankel tiene una explosión por cada 360° de rotación del eje, permaneciendo el puerto de escape abierto durante aproximadamente 270° de esa rotación, permitiendo de esta manera un ciclo de trabajo de impulsos de aproximadamente el 75%. Por el contrario, un pistón de un motor de pistones de 4 tiempos de movimiento alternativo tiene típicamente una explosión por cada 720° de rotación del eje permaneciendo el puerto de escape abierto durante aproximadamente 180° de esa rotación, proporcionando de esta manera un ciclo de trabajo de impulsos del 25%.

30 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 5 a 9, y una relación de compresión volumétrica menor que la relación de expansión volumétrica. La recuperación de energía de la turbina de la primera etapa puede ser maximizada al tener temperaturas del gas de escape en el límite material, y de esta manera es adecuado para dichas relaciones de compresión volumétricas relativamente bajas, lo que puede ayudar a incrementar la densidad de energía del motor Wankel y puede mejorar también la combustión a alta velocidad y de combustible pesado.

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

40 Con referencia de nuevo a la Fig. 1, el compresor 18 es un compresor súper-cargador que puede ser un dispositivo de una única etapa o un dispositivo de múltiples etapas y puede ser un dispositivo centrífugo o axial con uno o más rotores que tienen palas de flujo radial, axial o mixtas. El aire entra al compresor y es comprimido y suministrado a un conducto 70 de salida que se comunica con la salida 18o del compresor 18, y a continuación se hace circular en parte a un conducto 71 de entrada que se comunica con el conducto 70 de salida a través del conjunto 25, 125, 225 de distribución de flujo. El conducto 71 de entrada suministra el aire comprimido a la entrada 12i del núcleo 12 de motor, que corresponde a o se comunica con la entrada de cada motor del núcleo 12 de motor. En una realización particular, la relación de flujo y presión del compresor 18 es regulada usando palas de guía de entrada variable (Variable Inlet Guide Vanes, VIGV) y/o un difusor variable en la entrada del compresor 18 y ambos indicados en general en 72, para conseguir una modulación de flujo y energía. En una realización particular, el compresor 18 tiene una relación de compresión-presión de aproximadamente 4:1. Son posibles también otros valores.

55 En la realización mostrada, la salida 18o del compresor está también en comunicación de fluido con un conducto 74 de purga a través del conjunto 25, 125, 225 de distribución de flujo, que proporciona una comunicación de fluido entre el conducto 70 de salida y el conducto 74 de purga. El conducto 74 de purga tiene un extremo configurado para su conexión a un sistema neumático de la aeronave de manera que parte del aire comprimido desde el compresor 18

pueda ser suministrado también 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 12 de motor.

El núcleo 12 de motor recibe el aire presurizado desde el compresor 18 y quemando combustible a alta presión para proporcionar energía. La energía mecánica producida por el núcleo 12 de motor acciona el generador 14 eléctrico que proporciona energía para la aeronave; en la realización mostrada, la conexión entre el eje 16 del núcleo 12 de motor y el generador 14 se realiza a través de un tipo apropiado de caja 30 de engranajes. En otra realización, el generador 14 eléctrico tiene una velocidad de diseño compatible con la velocidad de rotación del núcleo 12 de motor, por ejemplo, de aproximadamente 6.000 a aproximadamente 10.000 rpm (rotaciones por minuto) con un núcleo 12 de motor que incluye un motor o unos motores giratorios, y el eje 16 del núcleo 12 de motor acciona directamente el generador 14 eléctrico (véase la Fig. 9), es decir, través de cualquier tipo de acoplamiento entre el eje 16 del motor con el eje del rotor del generador, resultando en que ambos ejes giran a una misma velocidad. En una realización particular, el accionamiento directo del generador 14 eléctrico puede permitir una reducción en las pérdidas de engranaje que pueden ser de aproximadamente el 1% de la carga aplicada; en una realización particular, la carga aplicada del generador 14 es de aproximadamente 200 cv y, por consiguiente, puede obtenerse una reducción en la pérdida de aproximadamente 2 cv en el calor residual producido por el conjunto 10 de motor.

En una realización particular, el núcleo 12 de motor incluye un motor o unos motores giratorios, por ejemplo, un motor o unos motores Wankel, y el generador 14 accionado directamente por el núcleo de motor tiene una frecuencia nominal de 400 Hz (por ejemplo, un intervalo de frecuencias real de aproximadamente 380-420 Hz) y es un generador de corriente alterna de 6 polos, 3 fases, que tiene una velocidad de diseño de 7.600 a 8.400 rpm. En otra realización particular, el generador 14 accionado directamente por el núcleo de motor (por ejemplo, Wankel) giratorio tiene una frecuencia nominal de 400 Hz y es un generador de corriente alterna de 8 polos, 3 fases, que tiene una velocidad de diseño de 5.700 a 6.300 rpm. En otra realización particular, el generador 14 accionado directamente por el núcleo de motor (por ejemplo, Wankel) giratorio tiene una frecuencia nominal de 400 Hz y es un generador de corriente alterna de 4 polos, 3 fases, que tiene una velocidad de diseño de 11.400 a 12.600 rpm.

Se entiende que pueden usarse otros tipos de generadores 14. Por ejemplo, el conjunto 10 de motor usado como una APU puede estar configurado para proporcionar otros suministros de corriente alterna de alta frecuencia seleccionando la velocidad de operación y el número de polos del generador para proporcionar un peso, un volumen y/o un calor mínimo según se requiera. El funcionamiento de velocidad variable puede emplearse cuando la carga eléctrica asociada no es sensible a la frecuencia. También son posibles otras variaciones.

El eje 16 del núcleo 12 de motor está acoplado también mecánicamente al rotor o a los rotores del compresor 18 de manera que se proporcione energía mecánica al mismo, a través de otra caja 31 de engranajes. En una realización particular, la caja 31 de engranajes que proporciona el acoplamiento mecánico entre el rotor o los rotores del compresor 18 y el núcleo 12 de motor define una relación de velocidad de aproximadamente 10:1 entre el rotor o los rotores del compresor y el núcleo de motor.

En una realización particular en la que el núcleo 12 de motor incluye un motor o unos motores de combustión interna, cada motor del núcleo 12 de motor proporciona un flujo de escape en forma de impulsos de escape de gas caliente a alta presión que sale a alta velocidad máxima. La salida 12o del núcleo 12 de motor (es decir, la salida de cada motor del núcleo 12 de motor) está en comunicación de fluido con la entrada 22i de la turbina 22 de la primera etapa y, por consiguiente, el flujo de escape desde el núcleo 12 de motor es suministrado a la turbina 22 de la primera etapa. La energía mecánica recuperada por la turbina 22 de la primera etapa está acoplada al eje 16 del núcleo 12 de motor por medio de una caja 33 de engranajes; de esta manera, el rotor o los rotores del compresor 18 están acoplados de manera accionada al rotor o a los rotores de la turbina 22 de la primera etapa a través del núcleo 12 de motor. En una realización particular, la turbina 22 de la primera etapa está configurada como una turbina de velocidad, conocida también como turbina de impulsos, y recupera la energía cinética del gas de escape del núcleo mientras crea una contrapresión mínima o nula. La turbina 22 de la primera etapa puede ser un dispositivo centrífugo o axial con uno o más rotores que tienen palas de flujo radial, axial o mixtas.

La entrada 24i de la turbina 24 de la segunda etapa está en comunicación de fluido con la salida 22o de la turbina 22 de la primera etapa y completa la recuperación de energía mecánica disponible desde el gas de escape. La segunda turbina 24 está acoplada también al eje 16 del núcleo 12 de motor a través de la caja 33 de engranajes; de esta manera, el rotor o los rotores del compresor 18 están acoplados de manera accionada al rotor o a los rotores de la turbina 24 de la segunda etapa a través del núcleo 12 de motor. En una realización particular, la turbina 24 de la segunda etapa está configurada como una turbina de presión, conocida también como una turbina de reacción. La turbina 24 de la segunda etapa puede ser un dispositivo centrífugo o axial con uno o más rotores que tienen palas de flujo radial, axial o mixtas.

En la realización mostrada, los rotores de las turbinas 22, 24 de la etapas primera y segunda están conectados al mismo eje 23 que está acoplado al núcleo 12 de motor a través de la caja 33 de engranajes. De manera alternativa, las turbinas 22, 24 podrían estar montadas en diferentes ejes, por ejemplo, con la turbina 22 de la primera etapa montada

## ES 2 699 483 T3

en un primer eje acoplado al eje 16 del motor (por ejemplo, a través de la caja 23 de engranajes) y la turbina 24 de la segunda etapa montada en un segundo eje acoplado de manera accionada al compresor 18.

5 Una turbina de impulso puro funciona cambiando la dirección del flujo sin acelerar el flujo en el interior del rotor; el fluido es desviado sin una caída de presión significativa a través de las palas del rotor. Las palas de la turbina de impulso puro están diseñadas de manera que, en un plano transversal perpendicular a la dirección de flujo, el área definida entre las palas es la misma en los bordes delanteros o de ataque de las palas y en los bordes posteriores o de salida de las palas: el área de flujo de la turbina es constante y las palas son normalmente simétricas con relación al plano del disco giratorio. El trabajo de la turbina de impulso puro es debido solo al cambio de dirección del flujo a través de las palas de la turbina. Las turbinas de impulso puro típicas incluyen turbinas de vapor e hidráulicas.

10 En contraste, una turbina de reacción acelera el flujo en el interior del rotor, pero necesita una caída de presión estática a través del rotor para permitir esta aceleración del flujo. Las palas de la turbina de reacción están diseñadas de manera que, en un plano transversal perpendicular a la dirección de flujo, el área definida entre las palas sea mayor en los bordes delanteros de las palas que en los bordes posteriores de las palas: el área de flujo de la turbina se reduce a lo largo de la dirección de flujo y las palas son normalmente no simétricas con relación al plano del disco giratorio. El trabajo de la turbina de reacción pura es debido principalmente a la aceleración del flujo a través de las palas de la turbina.

15 La mayoría de las turbinas aeronáuticas no son de "impulso puro" o de "reacción pura", sino que funcionan siguiendo una mezcla de estos dos principios opuestos, pero complementarios, es decir, existe una caída de presión a través de las palas, existe cierta reducción del área de flujo de las palas de la turbina a lo largo de la dirección de flujo, y la velocidad de rotación de la turbina es debida tanto a la aceleración como al cambio de la dirección del flujo. El grado de reacción de una turbina puede determinarse usando la relación de reacción basada en la temperatura (ecuación 1) o la relación de reacción basada en la presión (ecuación 2), que típicamente proporcionan valores próximos entre sí para una misma turbina:

$$25 \quad (1) \text{Reacción}(T) = \frac{(t_{s3} - t_{s5})}{(t_{s0} - t_{s5})}$$

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

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

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

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

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

45 Se entiende que cualquiera de las relaciones de reacción indicadas anteriormente para la turbina 24 de la segunda etapa puede ser combinada con cualquiera de las relaciones de reacción indicadas anteriormente para la turbina 22 de la primera etapa, y que estos valores pueden corresponder a 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 puede tener una relación de reacción igual o similar; en otra realización, la turbina 22 de la primera etapa tiene una relación de reacción más alta que la de la turbina 24 de la segunda etapa. Ambas turbinas 22, 24 pueden estar configuradas como turbinas de impulsos, o ambas turbinas 22, 24 pueden estar configuradas como turbinas de presión.

50

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 de las turbinas 22, 24 pueden estar acoplados al núcleo 12 de motor mediante un sistema de engranajes o una unidad de velocidad variable de manera que la energía pueda ser compartida mecánicamente. De manera alternativa, el compresor puede ser un turbo-cargador accionado directamente por la turbina 24 de la segunda etapa sin transferencia de energía entre el compresor 18 y el núcleo 12 de motor, por ejemplo, al estar los rotores del compresor 18 y de la turbina 24 de la segunda etapa montados en un eje común que gira independientemente del eje 16 del núcleo 12 de motor. En este caso, puede proporcionarse una pala de turbina de área variable en la entrada de la turbina 24 de la segunda etapa (turbo-cargador) para proporcionar un control adecuado del accionamiento del compresor.

Durante el uso, típicamente existen situaciones operativas en las que la aeronave no puede aceptar aire comprimido desde la APU pero todavía requiere que la APU funcione, por ejemplo, para accionar el generador 14. En este caso, el compresor 18 produce un exceso de flujo y debe ser protegido contra sobrecargas. En la realización mostrada, la salida 18o del compresor está también en comunicación de fluido con un conducto 82 de aire en exceso que recibe este exceso o flujo de sobrecarga, a través del conjunto 25, 125, 225 de distribución de flujo que proporciona una comunicación de fluido entre el conducto 70 de salida y el conducto 82 de aire en exceso. El conducto 82 de aire en exceso proporciona una trayectoria alternativa para el exceso de aire producido por el compresor 18.

En una realización particular no mostrada, el exceso de aire se descarga a la atmósfera, por ejemplo, al tener el conducto 82 de aire en exceso en comunicación de fluido con el escape del conjunto 10 de motor. En la realización mostrada, el conducto 82 de aire en exceso tiene un primer extremo que se comunica con la salida 18o del compresor y un extremo opuesto que se comunica con la entrada 24i de turbina de la segunda etapa, para recuperar energía desde el flujo principal y el flujo de exceso de sobrecarga. De esta manera, el conducto 82 de aire en exceso define una trayectoria de flujo entre la salida 18o del compresor y la sección de turbina que está separada del núcleo 12 de motor. El conducto 82 de aire en exceso puede comunicarse con la entrada 24i de turbina de la segunda etapa junto con el escape desde la salida 22o de turbina de la primera etapa a través de un dispositivo de mezclado de entrada, o a través de una configuración de turbina de admisión segregada parcial (boquilla de admisión segregada) donde algunos pasajes de pala en la boquilla de entrada de la turbina están dedicados al flujo de escape desde el conducto 82 de aire en exceso mientras que otros pasajes de pala están dedicados al flujo de escape desde la salida 22o de turbina de la primera etapa. La turbina 24 de la segunda etapa puede disponer de una boquilla variable para facilitar el control de la compartición de carga y diferentes niveles de aire en exceso devuelto.

De manera alternativa, el conducto 82 de aire en exceso puede comunicarse con la entrada 22i de la turbina 22 de la primera etapa, o con la entrada de una tercera turbina (no mostrada) dedicada a recuperar energía desde el exceso de aire. Dicha tercera turbina puede estar conectada al eje 16 del núcleo 12 de motor, por ejemplo, a través de un embrague de rueda libre, para devolver la energía extraída desde el flujo en exceso al eje 16, o puede ser usada para accionar otros elementos, incluyendo, pero sin limitarse a, un ventilador de refrigeración y/o un generador adicional. También son posibles otros tipos de conexiones y configuraciones.

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

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

A continuación, se describirán realizaciones ejemplares para el conjunto 25, 125, 225 de distribución de flujo. Sin embargo, se entiende que la salida 18o del compresor/el conducto 70 de salida pueden estar en comunicación de fluido con la entrada 12i del núcleo de motor/el conducto 71 de entrada, el conducto 74 de purga y/o el conducto 82 de aire en exceso a través de cualquier otro tipo o configuración de comunicación de fluido apropiados. Por ejemplo, el conducto 74 de purga podría estar conectado a la salida 18o del compresor por separado del conducto 70 de salida.

Con referencia a la Fig. 3, en una realización particular, el conjunto 25 de distribución de flujo incluye un inter-refrigerador 26, y el conducto 70 de salida está conectado a una rama 73 que divide el flujo entre un conducto 78 de derivación, un conducto 64 de entrada de inter-refrigerador y el conducto 82 de aire en exceso. La comunicación entre la rama 73 y el conducto 82 de aire en exceso se realiza a través de una válvula 84 de desvío para efectuar el estrangulamiento del flujo de aire en exceso o para cerrarlo o detenerlo cuando se requiera. De esta manera, el

conducto 82 de aire en exceso se comunica con el conducto 70 de salida aguas arriba del inter-refrigerador 26; en una realización particular, dicha configuración permite dejar que la máxima energía en el aire comprimido sea desviada al interior del conducto 82 de aire en exceso.

5 El inter-refrigerador 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 inter-refrigerador 26 tiene una entrada en comunicación de fluido con el conducto 64 de entrada del inter-refrigerador, y una salida en comunicación de fluido con un conducto 66 de salida del inter-refrigerador. Cada segundo conducto 26b del inter-refrigerador 26 está configurado para la circulación de un refrigerante a través del mismo, por ejemplo, aire de refrigeración. El aire comprimido que circula a través del primer conducto o conductos 26a es refrigerado de esta manera por el refrigerante que circula a través del segundo conducto o conductos 26b.

10 El conducto 66 de salida del inter-refrigerador está en comunicación de fluido con el conducto 71 de entrada (y, por consiguiente, con la entrada 12i del núcleo de motor) y con el conducto 74 de purga; la comunicación con el conducto 74 de purga se realiza a través de una válvula 76 de aire de purga que, en una realización particular, es una válvula de control de carga, para efectuar el estrangulamiento de la purga o cerrarla cuando se requiera. Por consiguiente, el inter-refrigerador 26 reduce la temperatura del aire comprimido que va al núcleo 12 de motor, así como el aire comprimido canalizado hacia la aeronave a través de la válvula 76 de aire de purga y el conducto 74 de purga. En una realización particular, la refrigeración previa del aire que va a la aeronave permite una presión de suministro más alta que los sistemas APU que no están refrigerados previamente y, por consiguiente, están limitados en temperatura por razones de seguridad. Un suministro de presión más alta puede permitir generalmente conductos y equipos neumáticos más pequeños, lo que puede permitir ahorros de peso en la aeronave.

15 El conducto 78 de derivación proporciona comunicación de fluido entre el conducto 70 de salida y cada uno de entre el conducto 71 de entrada y la válvula 76 de aire de purga en paralelo del inter-refrigerador 26, permitiendo de esta manera que una parte seleccionada del flujo circunvale el inter-refrigerador 26 antes de llegar a la válvula 76 de aire de purga (y, por consiguiente, al conducto 74 de purga) y al conducto 71 de entrada (y, por consiguiente, a la entrada 12i del núcleo de motor). El conducto 78 de derivación incluye una válvula 80 de derivación que regula el flujo que circunvala el inter-refrigerador 26. Por consiguiente, la temperatura del aire comprimido que se hace circular a los conductos 71, 74 de entrada y de purga puede ser regulada cambiando la proporción del flujo que pasa a través del inter-refrigerador 26 controlando la proporción del flujo que pasa a través del conducto 78 de derivación con la válvula 80 de derivación. En esta realización particular, el flujo comprimido que se hace circular al conducto 71 de entrada tiene la misma temperatura que el flujo comprimido que se hace circular al conducto 74 de purga. En una realización particular, el aire comprimido es refrigerado por el inter-refrigerador 26 de manera que el aire que se hace circular al conducto 74 de purga y al conducto 71 de entrada tenga una temperatura de 121°C (250°F) o menor; también son posibles otros valores.

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

25 El conducto 66 de salida del inter-refrigerador está en comunicación de fluido con el conducto 71 de entrada (y, por consiguiente, con la entrada 12i del núcleo de motor); el inter-refrigerador 26 reduce de esta manera la temperatura del aire comprimido que va al núcleo 12 de motor. El conducto 78 de derivación proporciona comunicación de fluido entre el conducto 70 de salida y el conducto 71 de entrada en paralelo al inter-refrigerador 26, permitiendo de esta manera que una parte seleccionada del flujo circunvale el inter-refrigerador 26 antes de llegar al conducto 71 de entrada (y, por consiguiente, a la entrada 12i del núcleo de motor). La temperatura del aire comprimido que se hace circular al conducto 71 de entrada puede ser regulada cambiando la proporción del flujo que pasa a través del inter-refrigerador 26 controlando la proporción del flujo que pasa a través del conducto 78 de derivación con la válvula 80 de derivación incluida en el mismo. En una realización particular, el aire comprimido que circula en el conducto 70 de salida y al conducto 74 de purga tiene una temperatura de 232°C (450°F) o inferior, y el inter-refrigerador 26 refrigera parte del aire comprimido de manera que el aire que se hace circular al conducto 71 de entrada tenga una temperatura de 121°C (250°F) o inferior; también son posibles otros valores. En una realización particular, el uso del inter-refrigerador 26 para refrigerar solo la parte del aire comprimido que se hace circular al conducto 71 de entrada puede permitir que el inter-refrigerador 26 sea significativamente menor que un inter-refrigerador usado también para refrigerar la parte del aire que se hace circular al conducto 74 de purga, tal como se muestra en la Fig. 3.

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



entrada del inter-refrigerador, y una salida en comunicación de fluido con un conducto 68 intermedio del inter-refrigerador.

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

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

15 El conducto 66 de salida del inter-refrigerador está en comunicación de fluido con el conducto 71 de entrada (y, por consiguiente, con la entrada 12i del núcleo de motor); de esta manera, el segundo inter-refrigerador 226 reduce adicionalmente la temperatura del aire comprimido que pasa al núcleo 12 del motor. Un conducto 178 de derivación adicional proporciona comunicación de fluido entre el conducto 68 intermedio del inter-refrigerador y el conducto 71 de entrada en paralelo al inter-refrigerador 226, permitiendo de esta manera que una parte seleccionada del flujo circunvale el inter-refrigerador 226 antes de llegar al conducto 71 de entrada (y, por consiguiente, a la entrada 12i del núcleo de motor). El conducto 178 de derivación adicional incluye una válvula 180 de derivación adicional para regular el flujo que circula a través del mismo. La temperatura del aire comprimido que se hace circular al conducto 71 de entrada puede ser regulada cambiando la proporción del flujo que pasa a través de los inter-refrigeradores 126, 226 controlando la proporción del flujo que pasa a través de los conductos 78, 178 de derivación con las válvulas 80, 180 de derivación.

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

30 De esta manera, el conducto 71 de entrada se comunica con el inter-refrigerador 126 del pre-refrigerador al menos en parte a través del segundo inter-refrigerador 226, mientras que el conducto 74 de purga se comunica con el inter-refrigerador 126 del pre-refrigerador aguas arriba del segundo inter-refrigerador 226, por lo tanto, independientemente del mismo. De esta manera, la disposición permite una regulación separada de la temperatura del flujo que llega al conducto 74 de purga y del flujo que llega al conducto 71 de entrada. Por ejemplo, la proporción del flujo que circula a través del inter-refrigerador 126 puede ser seleccionada de manera que la temperatura del flujo que llega al conducto 74 de purga sea de 232°C (450°F) o inferior, y la temperatura del flujo se reduzca adicionalmente en el segundo inter-refrigerador 226 para tener un valor de 121°C (250°F) o menor cuando llega al conducto 71 de entrada. También son posibles otros valores.

40 En todas las realizaciones, el conjunto 25, 125, 225 de distribución de flujo puede incluir sensores de presión, de temperatura y/o de flujo, y/o un sistema o unos sistemas de bucle cerrado que controlan la posición de una, algunas o todas las válvulas 76, 80, 84, 180, 180'. Una cualquiera, algunas o todas las válvulas 76, 80, 84, 180, 180' pueden ser válvulas moduladoras accionadas hidráulica, neumática o eléctricamente.

45 En una realización particular, el conjunto 10 de motor puede ser arrancado desde el sistema neumático de la aeronave o la purga del motor, en oposición a la energía eléctrica. La apertura de la válvula 76 de aire de purga y la válvula 84 de desvío admite aire presurizado a la turbina 24 de la segunda etapa, proporcionando de esta manera un medio para iniciar la rotación del conjunto 10 de motor. De esta manera, dicha configuración puede permitir un arranque rápido en vuelo sin la necesidad de usar energía eléctrica. Cuando está provista, la tercera turbina (no mostrada) que recibe aire desde el conducto 82 de aire en exceso podría permitir también el arranque en el aire del conjunto 10 de motor. Pueden necesitarse válvulas de retención o válvulas de derivación (no mostradas) para prevenir un flujo inverso a través de otras partes del conjunto 10 de motor. En ambos casos, el compresor 18 está incomunicado en el lado de purga, de manera que el motor arranca a baja velocidad y el flujo de arranque externo se cancela lo antes posible antes de acelerar a la velocidad máxima para prevenir que el compresor de alta energía se detenga.

55 En una realización alternativa, la válvula 84 de desvío se omite o puede ser simplificada a una válvula de apertura/cierre de dos posiciones. El flujo desde el compresor 18 es canalizado al núcleo 12 del motor y al conducto 82 de aire en exceso, y el aire comprimido es "purgado" desde el conducto 82 de aire en exceso según lo requiera la aeronave, limitado si es necesario por la válvula 76 de control de carga. Dicha configuración puede permitir una reducción de pérdidas al eliminar la caída de presión de la válvula reguladora o de desvío entre el compresor 18 y el

intercambiador 28 de calor aguas abajo y la turbina. Cuando se emplea una válvula 84 de desvío de dos posiciones, la válvula se cierra cuando la aeronave tiene una demanda neumática elevada sobre el conjunto 10 de motor y se abre completamente cuando el conjunto 10 de motor es operado con baja demanda neumática o solo para energía eléctrica.

5 En una realización alternativa, los inter-refrigeradores 26, 126, 226 se omiten y el flujo se hace circular al conducto 71 de entrada y al conducto 74 de purga sin refrigerar.

Con referencia a la Fig. 6, en una realización particular, el conjunto 10 de motor incluye un refrigerador 88 de aceite para eliminar el calor desde el sistema de aceite del conjunto 10 de motor, y un refrigerador 89 de líquido de núcleo de motor para eliminar el calor desde el refrigerante (por ejemplo, agua, aceite u otro refrigerante líquido) del sistema de refrigeración del núcleo 12 de motor. Una bomba 94 de refrigerante hace circular el refrigerante entre el núcleo 12 de motor y el refrigerador 89 de líquido de núcleo de motor. Los refrigeradores 88, 89 están integrados con el inter-refrigerador 26/226 (y el inter-refrigerador 126 del pre-refrigerador si se proporciona) en un conjunto de refrigeración para prevenir la replicación de elementos tales como ventiladores de refrigeración y eductores. En esta realización particular, los refrigeradores 88, 89 y los inter-refrigeradores 26/226, 126 están dispuestos en serie en un único conducto 90 de aire que es ventilado por un ventilador 92 de refrigeración en operaciones en tierra o parte de un circuito de aire forzado en vuelo. El ventilador 92 de refrigeración puede ser accionado por cualquier elemento giratorio adecuado del conjunto 10 de motor, o accionado por el generador 14. De esta manera, puede usarse una única entrada y escape para proporcionar refrigerante a todos los refrigeradores 88, 89 y a los inter-refrigeradores 26/226, 126. Los refrigeradores 88, 89 y el inter-refrigerador 26/226, 126 se colocan en el interior del conducto según sus requisitos de temperatura. En la realización mostrada, el refrigerador 88 de aceite y el refrigerador 89 de líquido de núcleo de motor tienen los requisitos de temperatura más bajos (por ejemplo, el requisito de refrigerar los fluidos en su interior a entre aproximadamente 82°C (180°F) y 93°C (200°F), y la temperatura del aire de refrigeración en la entrada del conducto 90 de aire es de 54°C (130°F) o menor; el inter-refrigerador 26/226 tiene un requisito de temperatura más alta que los refrigeradores 88, 89 (por ejemplo, aproximadamente 121°C (250°F)), y el inter-refrigerador 126 del pre-refrigerador (si se proporciona) tiene un requisito de temperatura más alta que el inter-refrigerador 26/226 (por ejemplo, aproximadamente 232°C (450°F)). También son posibles otros valores.

Con referencia a la Fig. 7, se muestra otra realización para el conjunto de refrigeración. En esta realización, los refrigeradores 88, 89 y el inter-refrigerador 26/226 están en paralelo en el conducto 190 de aire ventilado por el ventilador 92 de refrigeración, en el que el inter-refrigerador 126 del pre-refrigerador está provisto aguas abajo con relación a los otros. En otra realización no mostrada, los refrigeradores 88, 89 y los inter-refrigeradores 26/226, 126 están todos ellos en paralelo en el conducto de aire.

Con referencia a la Fig. 8, se muestra un conjunto 110 de motor compuesto con conjunto de refrigeración según una realización particular. En esta realización, el segundo conducto o los segundos conductos 226b del inter-refrigerador 226 están en comunicación de fluido con el sistema de refrigeración de líquido del núcleo 20 de motor de manera que el refrigerante desde el sistema de refrigeración de líquido se hace circular en el segundo conducto o los segundos conductos 226b para refrigerar el aire comprimido que se hace circular en el primer conducto o los primeros conductos 226a. En esta realización, se proporciona un accionamiento 96 mecánico entre el ventilador 92 de refrigeración y el eje 16 del núcleo 12 de motor. Los refrigeradores 88, 89 están colocados en paralelo en el conducto 290 de aire de refrigeración aguas arriba del ventilador 92, y el inter-refrigerador 126 del pre-refrigerador está colocado en el conducto 290 aguas abajo del ventilador 92. En una realización particular, dicha disposición permite una delta T de refrigeración óptima al aceite, al refrigerante de motor y al aire comprimido mientras se conservan las temperaturas de entrada aceptables al ventilador 92 para mantener su energía por debajo de un umbral deseable y evitar la necesidad de materiales más caros que podrían requerirse si el ventilador 92 estuviera situado en una zona más caliente aguas abajo del inter-refrigerador 126.

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

En esta realización, el eje 16 del núcleo 12 de motor solo está acoplado mecánicamente al generador 14, y no a los rotores del compresor 18 y de las turbinas 22, 24. Las turbinas 22, 24 de las etapas primera y segunda están acopladas mecánicamente al compresor 18, por ejemplo, con sus rotores soportados por un mismo eje 123 de turbina. Las turbinas 22, 24 de las etapas primera y segunda están acopladas también mecánicamente a un segundo generador/motor 114 eléctrico. En una realización particular, cada uno de entre el eje 16 del núcleo 12 de motor y el eje 123 de turbina está acoplado a su generador 14, 114 respectivo a través de una conexión directa; de esta manera, el generador 14 acoplado al núcleo 12 de motor puede tener una velocidad de rotación más baja que el generador 114

acoplado al eje 123 de la turbina. De manera alternativa, una o ambas conexiones pueden realizarse a través de una caja de engranajes respectiva (no mostrada).

5 En otra realización particular, el generador 114 accionado directamente por las turbinas 22, 24 (o por una de las turbinas en una realización en la que las turbinas están en diferentes ejes) tiene una frecuencia nominal de al menos 400 Hz adecuada para equipos eléctricos de aeronave de alta densidad de energía, por ejemplo, un generador de corriente alterna de 2 polos con una frecuencia nominal de 400 Hz que tiene una velocidad de diseño de 22.800 a 25.300 rpm, que puede corresponder a una velocidad nominal de 24.000 rpm. Dicho generador 114 puede ser usado en combinación con cualquiera de los generadores 14 particulares indicados anteriormente.

10 La energía desde los dos ejes 16, 123 se combina mediante la transferencia de energía eléctrica entre los dos generadores 14, 114. Por ejemplo, el primer generador 14 transfiere energía al segundo generador/motor 114 que actúa como un motor para accionar el rotor o los rotores del compresor 18. Los generadores 14, 114 proporcionan también energía eléctrica para la aeronave.

15 En la realización mostrada, hay provisto un controlador 86 de energía para controlar la transferencia de energía entre los dos generadores 14, 114 y la energía proporcionada a la aeronave. En una realización particular, el controlador 86 de energía permite que la relación de velocidad entre el compresor y el núcleo del motor sea variable, en el que cada velocidad de giro está planificada independientemente para un rendimiento óptimo. La parte de la energía transferida desde el primer generador 14 al segundo generador/motor 114 puede ser controlada para conseguir 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 excesiva energía, el segundo generador/motor 114 puede proporcionar también energía a la aeronave y/o al primer generador 14 que puede actuar también como un motor. El controlador 86 de energía puede contener también características tales como regulación de frecuencia y de tensión para gestionar la calidad de la energía de CA suministrada al fuselaje.

20 Aunque no se muestra, la transferencia de energía desde el núcleo 12 de motor al súper-cargador (compresor 18 y turbinas 22, 24) puede realizarse también a través de sistemas CVT hidráulicos o mecánicos para permitir la planificación independiente de la velocidad.

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

30 En esta realización, el eje 16 del núcleo 12 de motor está acoplado mecánicamente al generador 14, y la energía de la turbina o las turbinas no se combina con la del núcleo 12 de motor. Aunque se muestra una única turbina 322, pueden proporcionarse múltiples turbinas. La turbina 322 está acoplada mecánicamente al compresor 18, por ejemplo, con sus rotores soportados por un mismo eje 123. La turbina 322 puede estar configurada como una turbina de impulsos o como una turbina de presión, y puede tener cualquier relación de reacción adecuada, incluyendo, pero sin limitarse a, las relaciones descritas anteriormente para las turbinas 22, 24. En una realización particular, la turbina 322 es reemplazada por turbinas 22, 24 de las etapas primera y segunda, tal como se ha descrito anteriormente.

35 Puede usarse uno cualquiera de los conjuntos 25, 125, 225 de distribución de flujo o cualquier otro conjunto de distribución de flujo apropiado para distribuir el flujo desde el conducto 70 de salida al conducto 71 de entrada, al conducto 74 de purga y al conducto 84 de aire en exceso. Cuando se proporcionan más de una turbina, el flujo desde el conducto 84 de aire en exceso puede hacerse circular a la entrada de cualquiera de las turbinas.

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

45 La descripción anterior pretende ser solo ejemplar, y una persona con conocimientos en la materia reconocerá que pueden realizarse cambios a las realizaciones descritas sin apartarse del alcance de la invención descrita. Por ejemplo, aunque se ha mostrado que el compresor 18 proporciona aire comprimido tanto para el núcleo 12 de motor como para la aeronave, de manera alternativa, el compresor 18 puede estar configurado para actuar solamente como un súper-cargador para el núcleo 12 del motor, y un compresor de carga independiente puede estar configurado para proporcionar el aire para la aeronave. Dicho compresor de carga puede ser accionado por el núcleo 12 de motor y/o las turbinas 22, 24, 322 bien directamente o bien a través de una caja de engranajes. Los dos compresores pueden tener una entrada común. Además, aunque se ha descrito que el núcleo 12 de motor incluye uno o más motores de combustión interna, de manera alternativa, el núcleo 12 de motor puede ser cualquier otro tipo de núcleo de motor en el que el aire comprimido se mezcla con combustible y se quema para generar gases de combustión calientes, incluyendo, pero sin limitarse a, una cámara de combustión de un motor de turbina de gas; como ejemplos no limitativos, el inter-refrigerador 26, 126 refrigera el aire comprimido que se hace circular a la aeronave, y la circulación del exceso de aire desde el compresor 18 a una turbina 22, 24 con el conducto 82 de aire en exceso para proporcionar

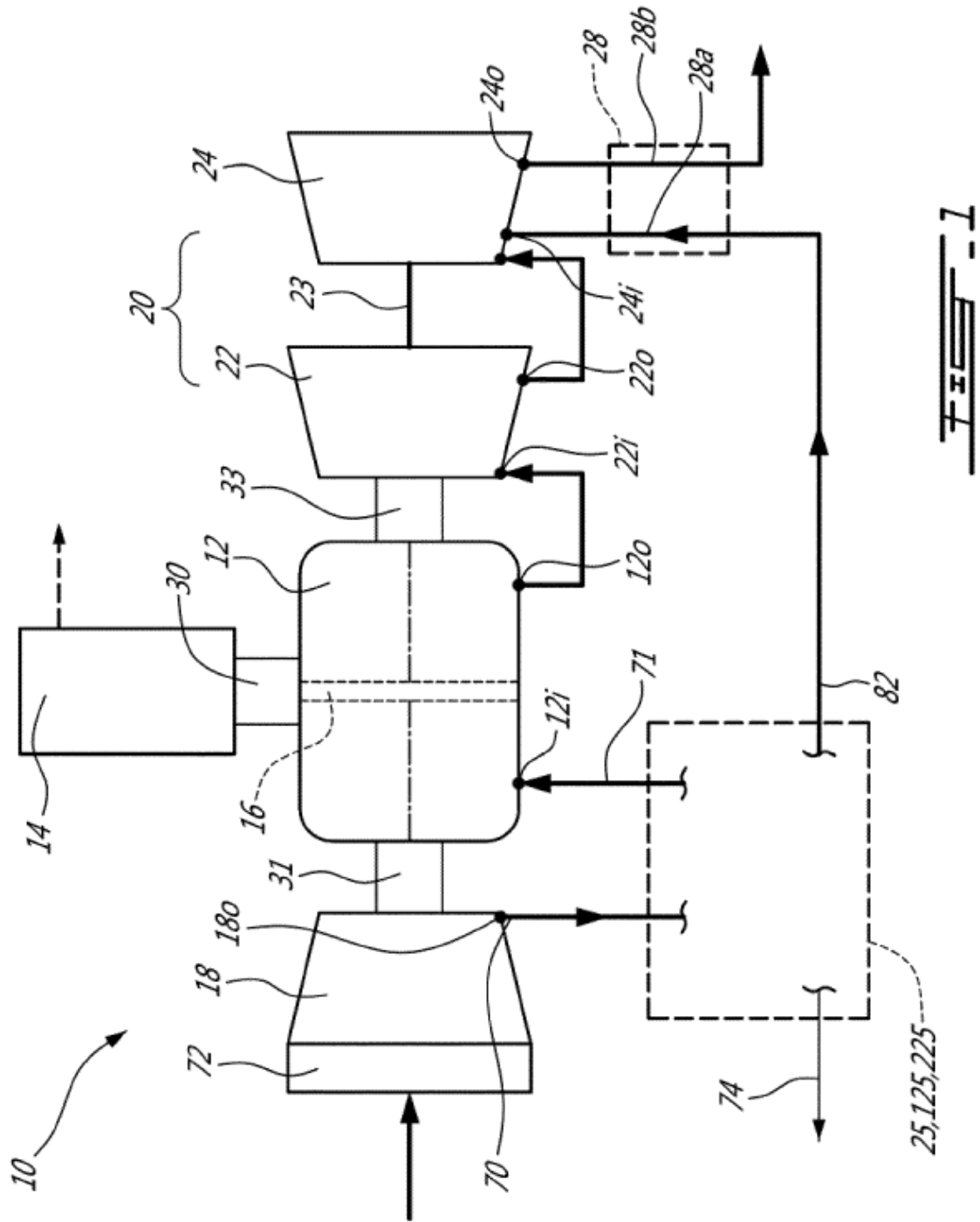
trabajo adicional con o sin un intercambiador 28 de calor de escape entre el exceso de aire y el escape de la turbina, puede aplicarse a un motor de turbina de gas con una cámara de combustión, tal como se ilustra esquemáticamente en la Fig. 11. Otras modificaciones incluidas dentro del alcance de la presente invención serán evidentes para las personas con conocimientos en la materia, teniendo en cuenta la presente descripción, y se pretende que dichas modificaciones estén incluidas dentro de las reivindicaciones adjuntas.

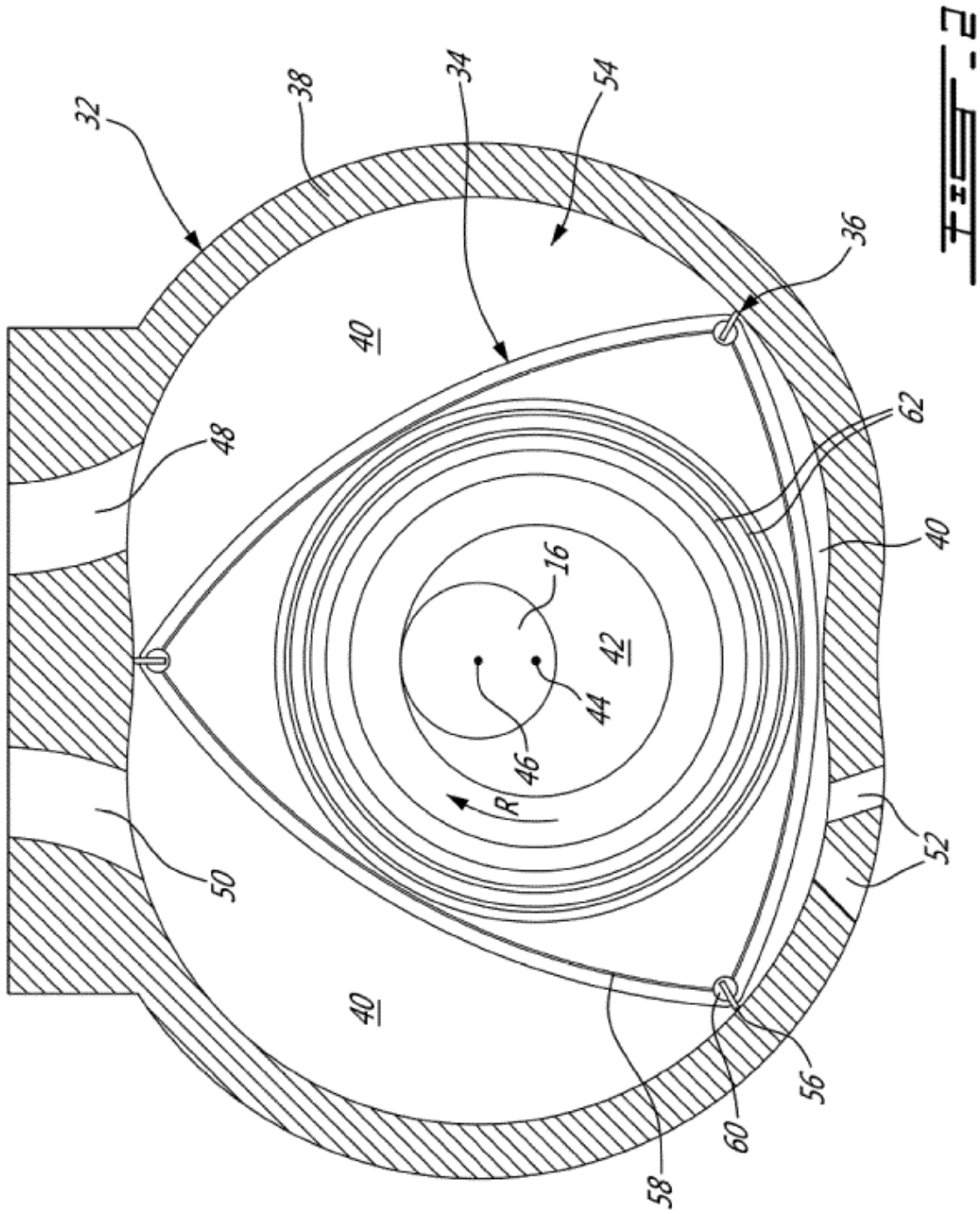
5

**REIVINDICACIONES**

1. Conjunto (10, 110, 210) de motor compuesto para su uso como unidad de energía auxiliar para una aeronave, en el que el conjunto de motor compuesto comprende:
  - 5 un núcleo (12) de motor que tiene un eje (16) de motor para accionar una carga, en el que el núcleo (12) del motor incluye al menos un motor de combustión interna, cada uno en acoplamiento de accionamiento con el eje (16) del motor;
  - un generador (14) que tiene un eje de generador en acoplamiento de accionamiento con el eje (16) del motor para proporcionar energía eléctrica para la aeronave, en el que los ejes del generador y del motor están acoplados directamente entre sí de manera que puedan girar a la misma velocidad;
  - 10 un compresor (18) que tiene una salida (18o) en comunicación de fluido con una entrada (12i) del núcleo (12) del motor; y
  - una sección (20) de turbina que tiene una entrada (22i) en comunicación de fluido con una salida (12o) del núcleo (12) del motor;
  - caracterizado porque:
    - 15 cada uno de los al menos un motor de combustión interna incluye un rotor (34) alojado de manera hermética y giratoria en el interior de una cavidad interna respectiva para proporcionar cámaras (40) giratorias de volumen variable en la cavidad interna respectiva, en el que el rotor (34) tiene tres partes (36) de vértice que separan las cámaras (40) giratorias y montadas para realizar revoluciones excéntricas en el interior de la cavidad interna respectiva, en el que la cavidad interna respectiva tiene una forma epitrocoide con dos lóbulos; y
    - 20 la sección (20) de turbina está configurada para combinar energía con el núcleo (12) del motor.
2. Conjunto de motor compuesto según la reivindicación 1, que comprende además un conducto (74) de purga que tiene un extremo configurado para su conexión con un sistema neumático de la aeronave, el conducto (74) de purga está en comunicación de fluido con la salida (18o) del compresor (18) a través de una válvula (76) de aire de purga que abre y cierra de manera selectiva la comunicación de fluido entre la salida (18o) del compresor (18) y el extremo del conducto (74) de purga configurado para su conexión al sistema neumático.
- 25 3. Conjunto de motor compuesto según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el generador (14) tiene una frecuencia nominal de 400 Hz.
4. Conjunto de motor compuesto según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el generador (14) tiene una velocidad de rotación nominal de al menos 5.700 rotaciones por minuto.
- 30 5. Conjunto de motor compuesto según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el generador (14) se selecciona de entre el grupo que consiste en: un generador de corriente alterna de 6 polos, 3 fases que tiene una velocidad de diseño de 7.600 a 8.400 rotaciones por minuto; un generador de corriente alterna de 8 polos, 3 fases que tiene una velocidad de diseño de 5.700 a 6.300 rotaciones por minuto; y un generador de corriente alterna de 4 polos, 3 fases que tiene una velocidad de diseño de 11.400 a 12.600 rotaciones por minuto.
- 35 6. Conjunto de motor compuesto según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el generador (14) es un primer generador, la sección (20) de turbina incluye al menos un rotor acoplado a un eje (123) de turbina que puede girar independientemente del eje (16) del motor, en el que el conjunto comprende además un segundo generador (114) en un acoplamiento de accionamiento con el eje (123) de la turbina, y un controlador (86) de energía conectado a los generadores (14, 114) primero y segundo y que controla la transferencia de energía entre los generadores (14, 114) primero y segundo.
- 40 7. Conjunto de motor compuesto según la reivindicación 6, en el que el segundo generador (114) tiene un segundo eje de generador acoplado directamente al eje (123) de la turbina de manera que los ejes de la turbina y del segundo generador puedan girar a una misma velocidad.
8. Conjunto de motor compuesto según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la sección (20) de turbina incluye una turbina (22) de primera etapa que tiene una entrada (22i) en comunicación de fluido con la salida (12o) del núcleo (12) del motor, y una turbina (24) de segunda etapa que tiene una entrada (24i) en comunicación de fluido con una salida (22o) de la turbina (22) de la primera etapa.
- 45 9. Conjunto de motor compuesto según la reivindicación 8, en el que al menos la turbina (22) de la primera etapa está configurada para combinar energía con el núcleo (12) del motor; y en el que al menos la turbina (24) de la segunda etapa está en acoplamiento de accionamiento con el compresor (18).
- 50

10. Conjunto de motor compuesto según la reivindicación 8 o 9, en el que la turbina (22) de la primera etapa está configurada como una turbina de impulso con una relación de reacción basada en la presión que tiene un valor de 0,25 como máximo, en el que la turbina (24) de la segunda etapa tiene una relación de reacción más alta que la de la turbina de la primera etapa.
- 5 11. Conjunto de motor compuesto según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en el que los rotores de las turbinas (22, 24) de las etapas primera y segunda y del compresor (18) están acoplados en un eje (123) de la turbina que puede girar independientemente del eje del motor.
12. Conjunto de motor compuesto según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además palas de guía de entrada variable, un difusor variable o una combinación de los mismos en una entrada del compresor  
10 (18).
13. Procedimiento para proporcionar energía eléctrica a una aeronave con el conjunto (10, 110, 210) de motor compuesto según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el procedimiento comprende:
- hacer fluir aire comprimido desde la salida (18o) del compresor (18) a la entrada (12i) del al menos un motor de combustión interna;
- 15 hacer girar el eje (16) del motor con al menos un motor de combustión interna;
- accionar el generador (14) proporcionando energía eléctrica a la aeronave con el eje (16) del motor a través de un acoplamiento de accionamiento directo entre un eje del generador (14) y el eje (16) del motor que causa que el eje del generador y el eje (16) del motor giren a una misma velocidad;
- accionar la sección (20) de la turbina con escape desde al menos un motor de combustión interna; y
- 20 combinar la energía desde la sección (20) de turbina con la energía desde el al menos un motor de combustión interna.







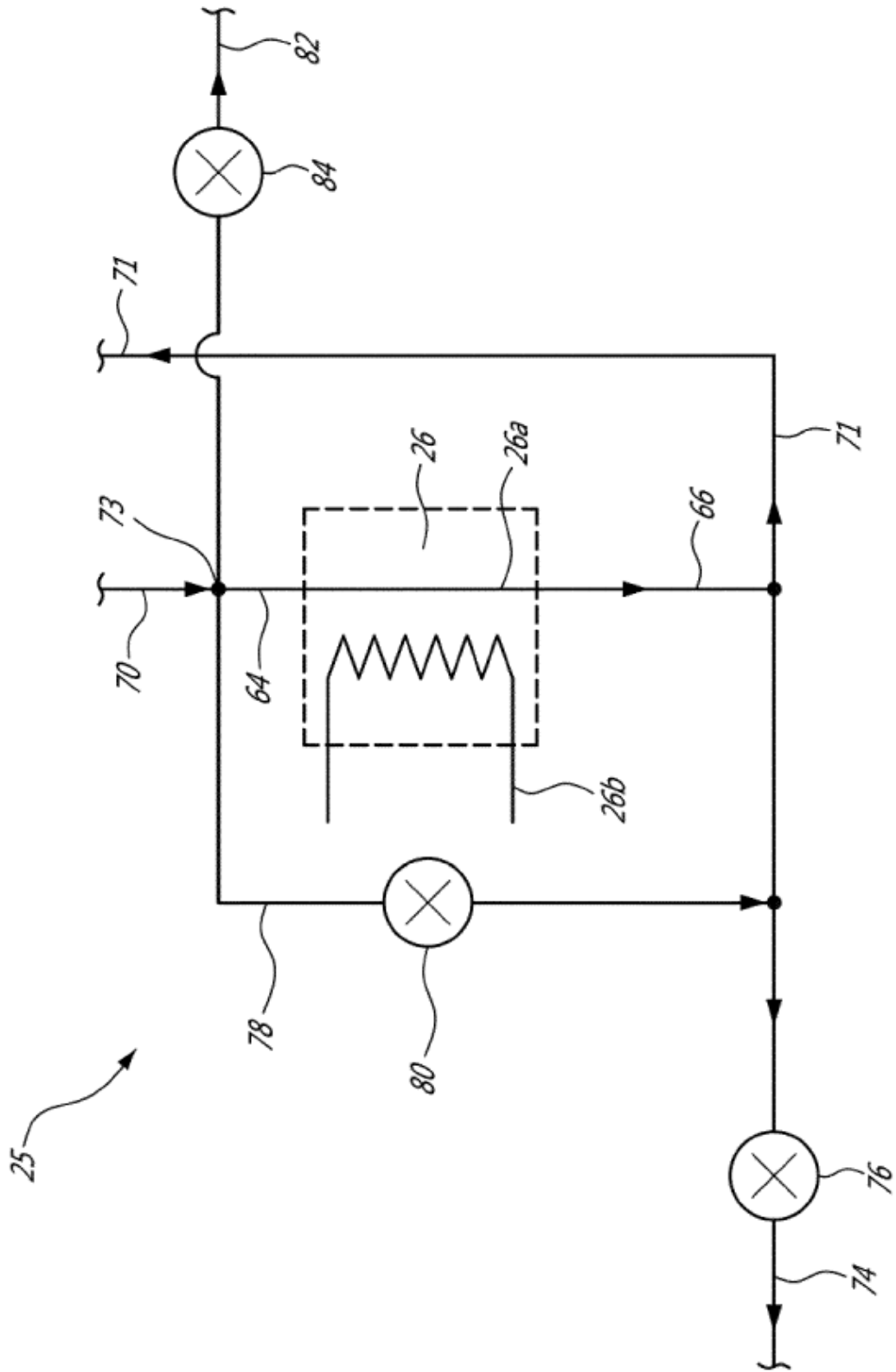


FIG. 3

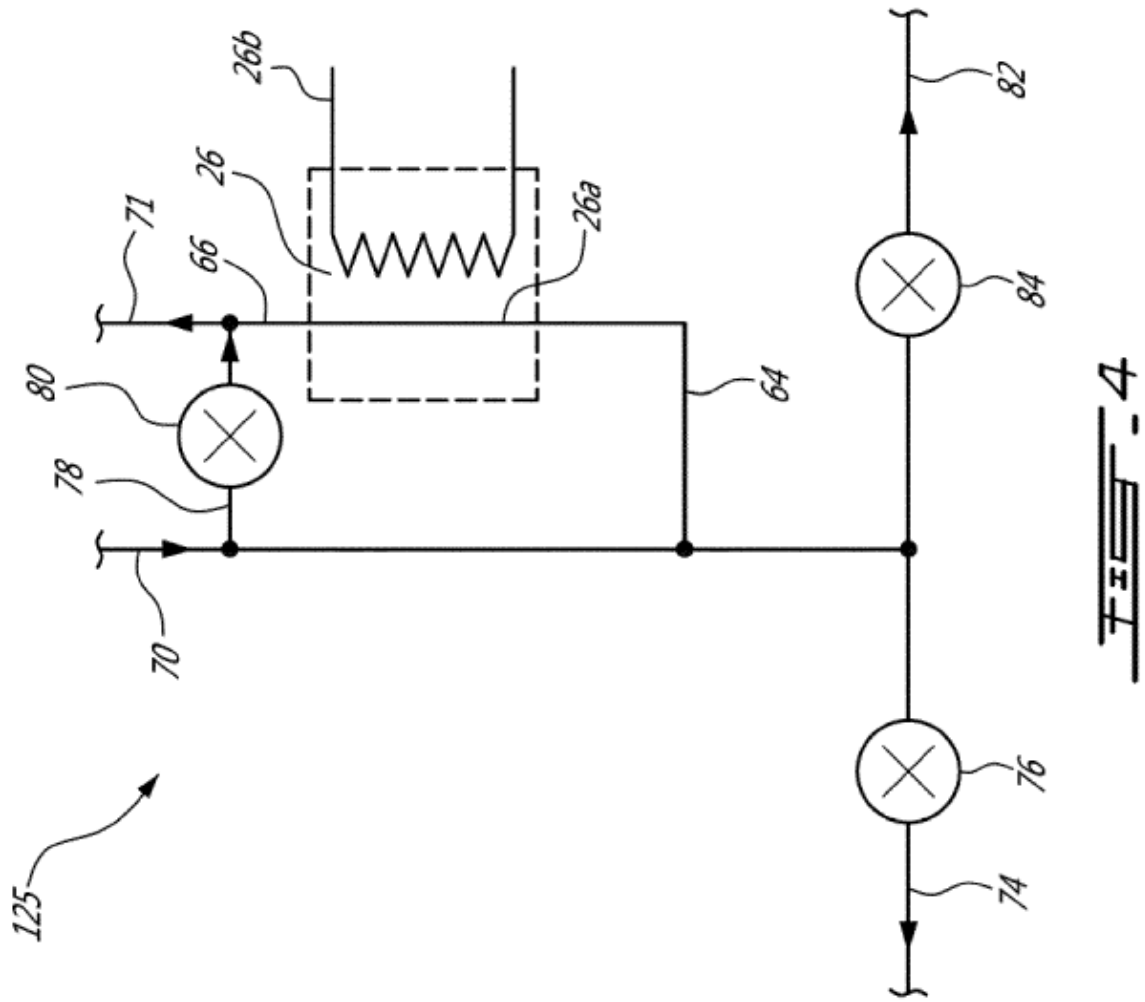


FIG. 4

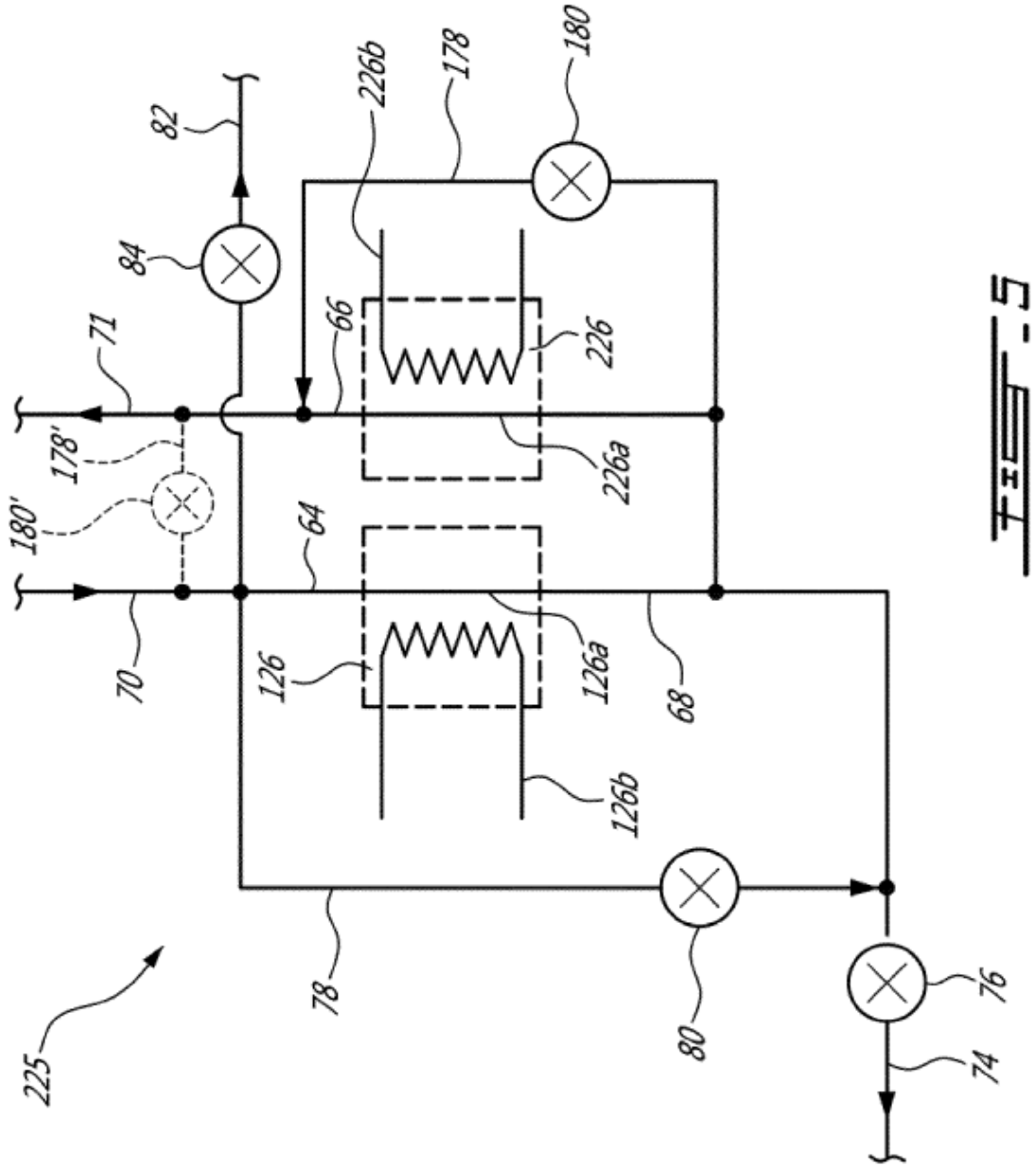


FIG. 5

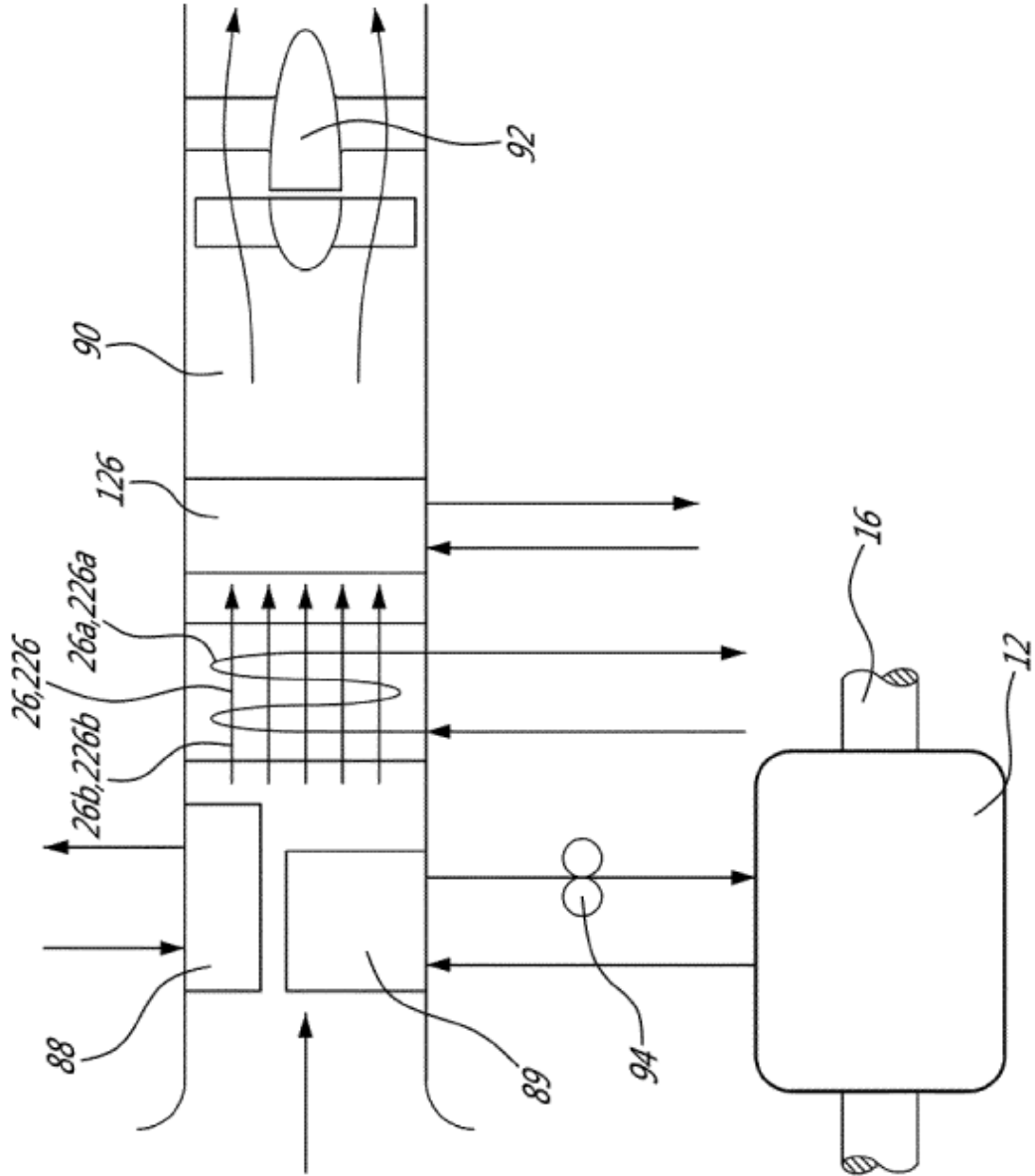


FIG. 10

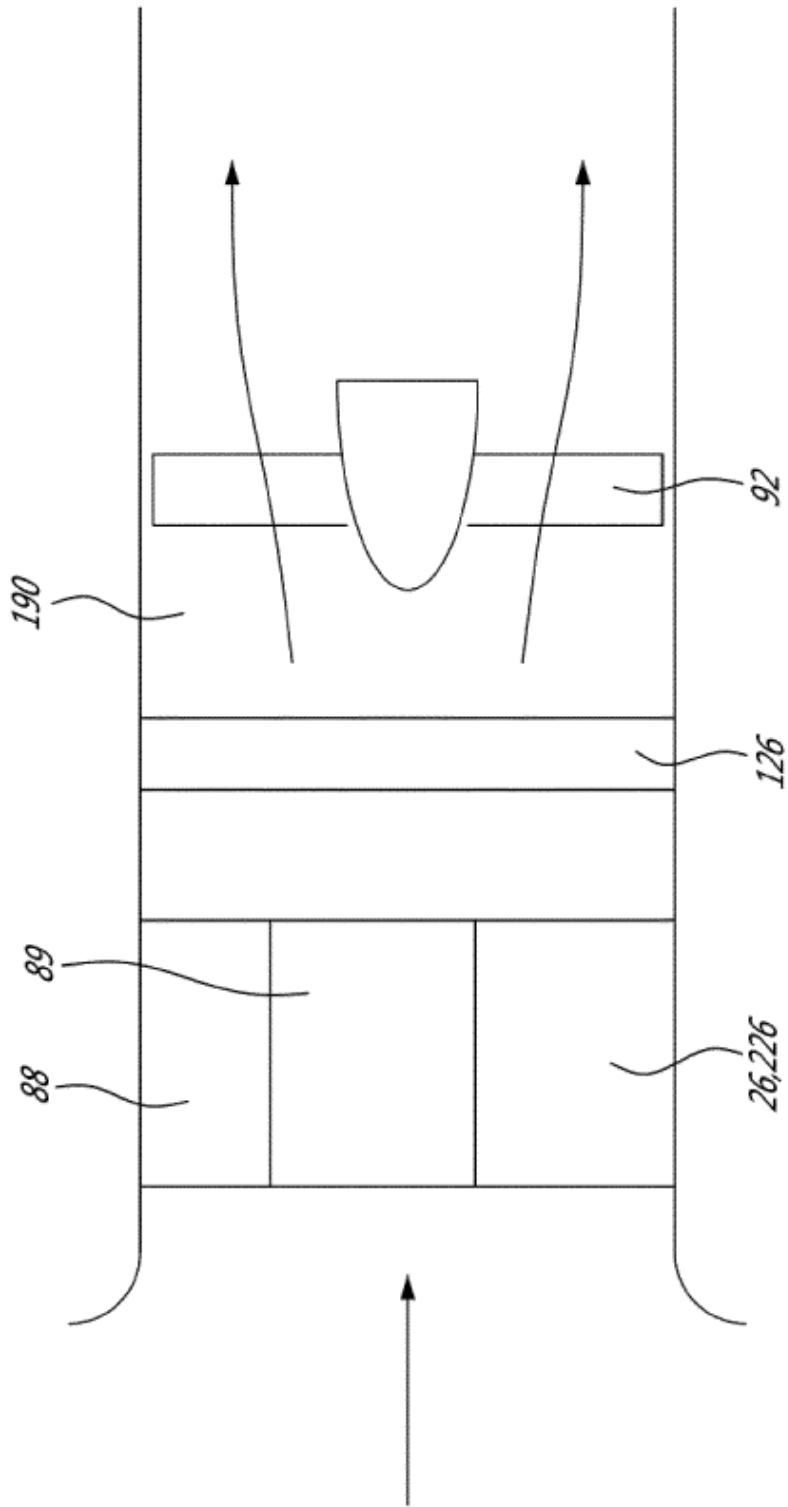
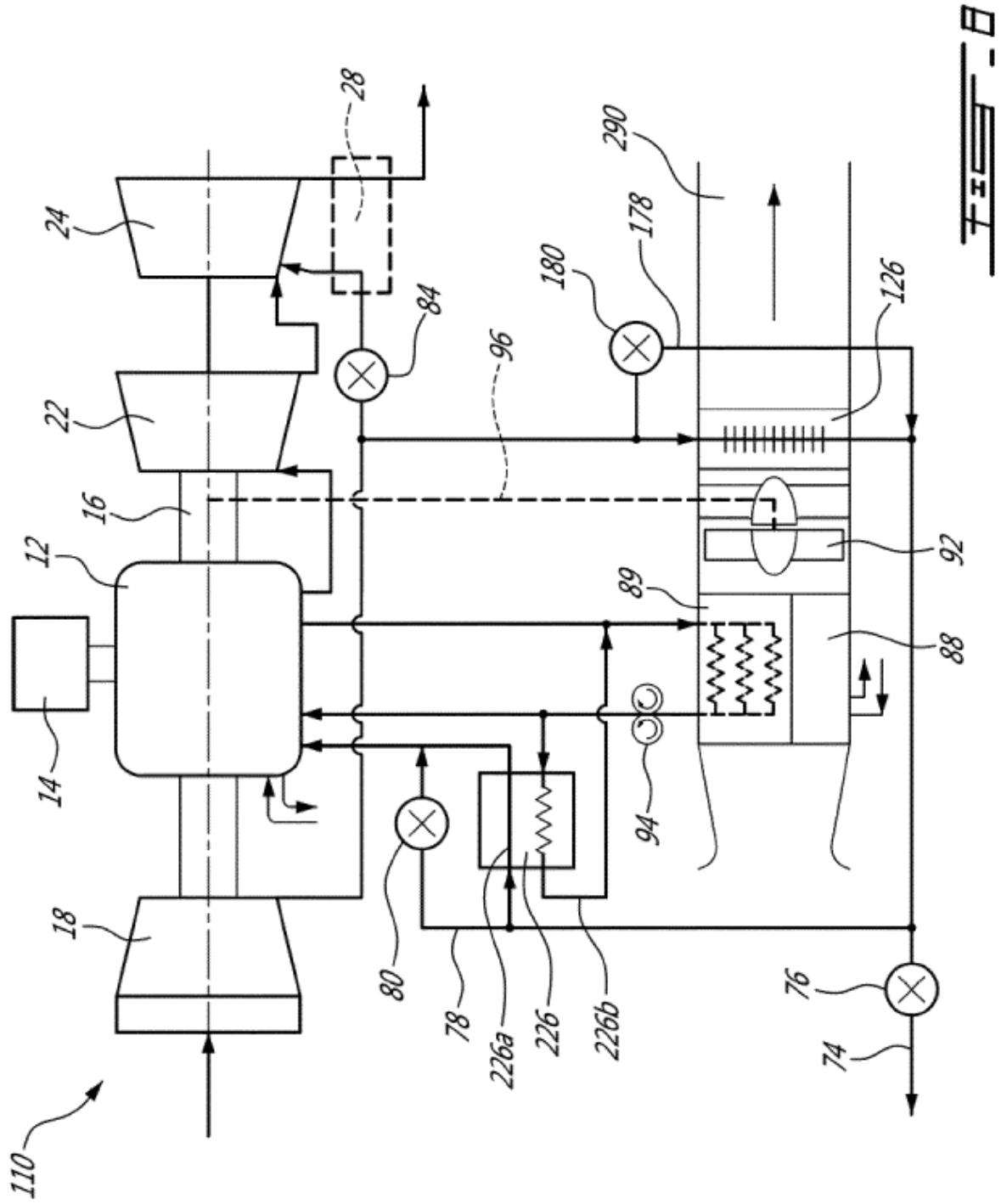
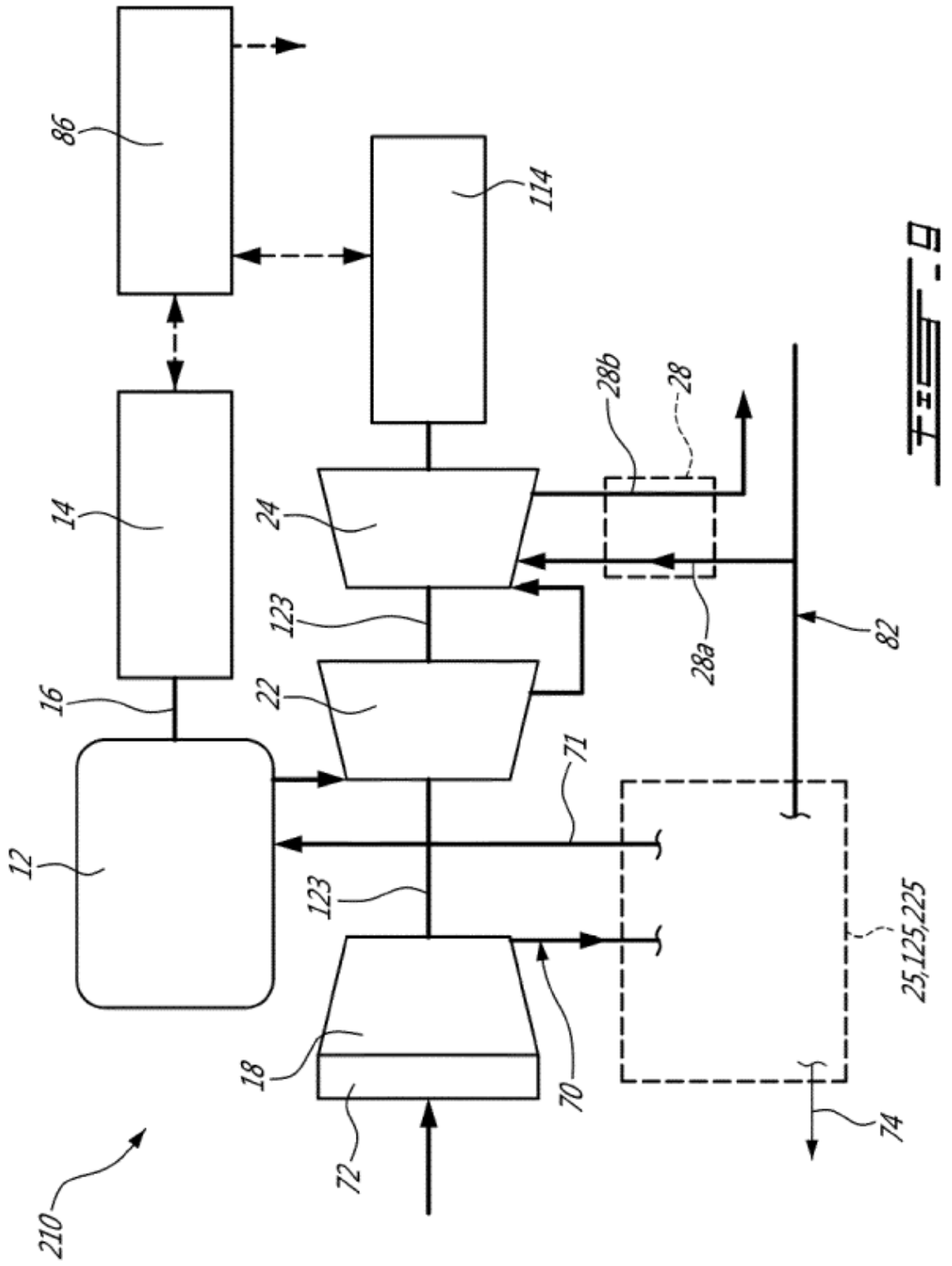
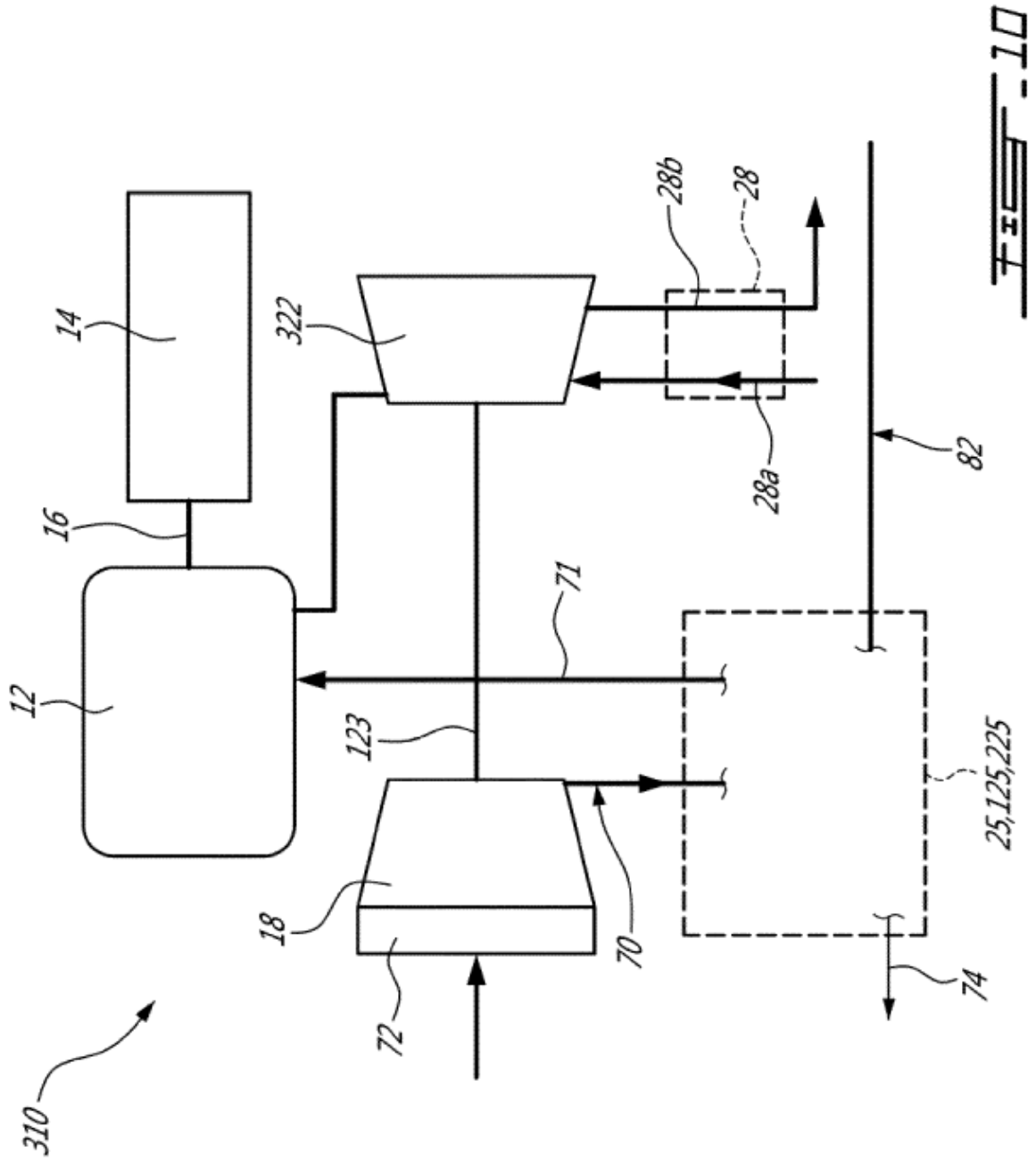


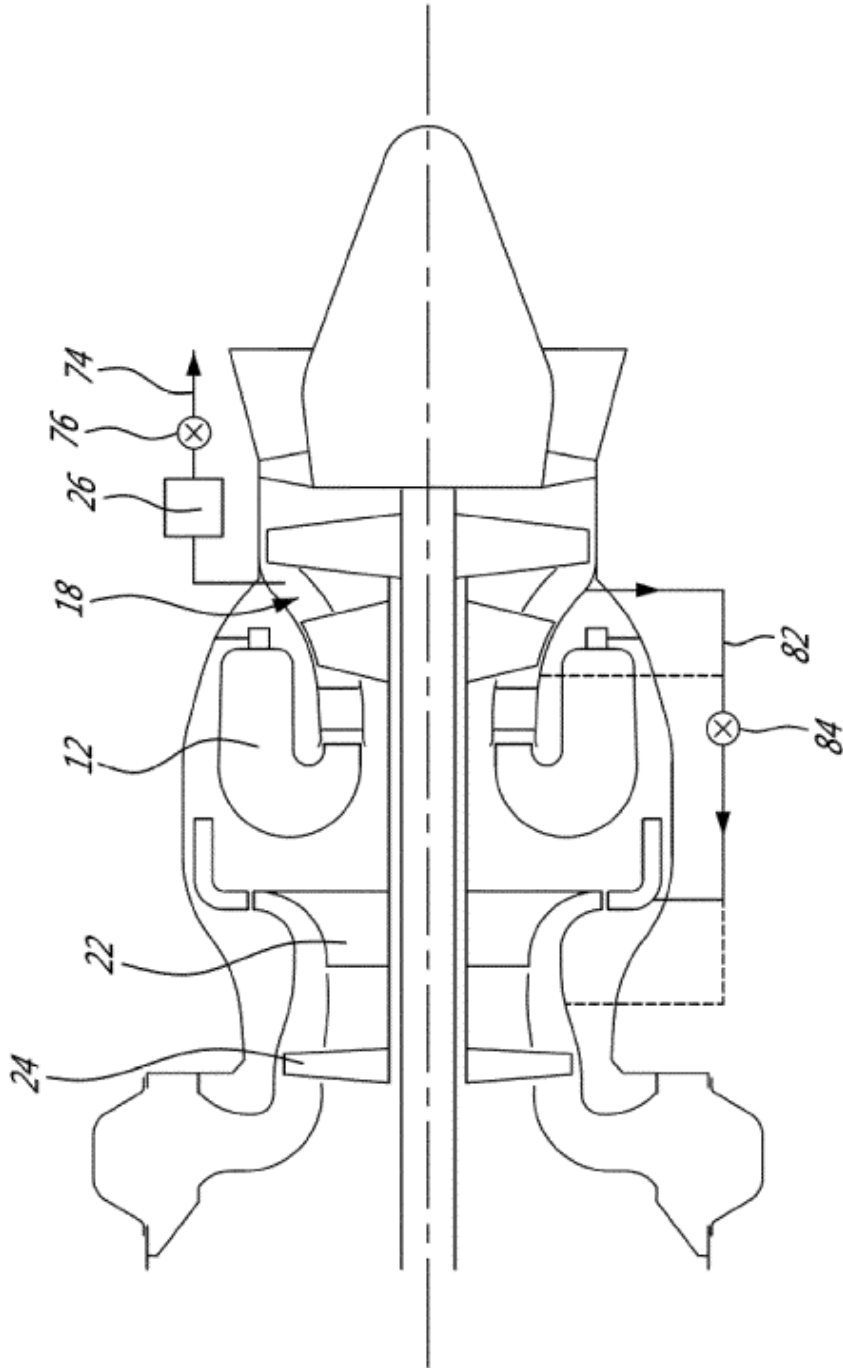
FIG. 7











**FIG. 11**