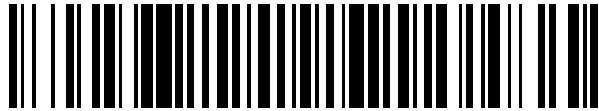


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 729 246**

51 Int. Cl.:

**F02C 7/224** (2006.01)

**F02M 31/125** (2006.01)

**F02M 31/08** (2006.01)

**F02K 3/06** (2006.01)

**F02C 3/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.02.2013 PCT/US2013/025685**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.09.2013 WO13133935**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.02.2013 E 13758632 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2019 EP 2823170**

54 Título: **Sistema de calentamiento de combustible para motor de turbina de gas**

30 Prioridad:

**06.03.2012 US 201213413419**

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

**31.10.2019**

73 Titular/es:

**HAMILTON SUNDSTRAND CORPORATION  
(100.0%)**

**Four Coliseum Centre, 2730 West Tyvola Road  
Charlotte, NC 28217, US**

72 Inventor/es:

**OSORIO, OMAR, I.**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 729 246 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Sistema de calentamiento de combustible para motor de turbina de gas

### 5 ANTECEDENTES

La presente invención se dirige, en general, a sistemas de control de fluidos para motores de turbina de gas y en particular a sistemas de calentamiento de combustible.

10 Los motores de turbina de gas operan en distintas condiciones ambientales, incluso a temperaturas por debajo del punto de congelación del agua. Adicionalmente, es posible que el combustible absorba agua en determinadas condiciones. Por lo tanto, existe una tendencia a que se formen cristales de hielo en el combustible en determinadas condiciones, particularmente a altitudes elevadas o antes de poner en marcha el motor. Los cristales de hielo pueden tapar los conductos y orificios de combustible en el sistema de combustible, lo que puede alterar el rendimiento del motor de turbina de gas o incluso provocar que se cale el motor. Como tales, los motores de turbina de gas están provistos de sistemas para eliminar o retirar las partículas de hielo de los conductos de combustible. Por ejemplo, a menudo se colocan filtros de última etapa justo antes de la bomba de combustible para retirar los cristales de hielo. Sin embargo, los filtros se deben limpiar periódicamente para impedir que se bloquee el flujo de combustible. Por lo tanto, resulta más conveniente eliminar del todo los cristales de hielo del sistema de combustible. Los sistemas de eliminación de hielo comunes comprenden un intercambiador de calor que transmite calor al combustible desde el aceite del motor que se utiliza para enfriar los cojinetes en el motor. Sin embargo, dichos sistemas requieren tiempo para que el aceite del motor se caliente, y por lo tanto los cristales de hielo tardan más en fundirse. Además, es posible que en condiciones de gran altitud el intercambiador de calor no pueda extraer suficiente calor del aceite del motor para fundir el hielo. Por lo tanto, existe la necesidad de mejorar los sistemas de calentamiento de combustible.

25 El control de flujo de fluidos también se divulga en los documentos US 4.932.204, US 2011/0297357 y US 2007/0095068.

### 30 RESUMEN

La presente invención se dirige a un motor de turbina de gas de acuerdo con la reivindicación 1.

La presente invención se dirige también a un método de acuerdo con la reivindicación 8.

### 35 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La única figura muestra un esquema de un motor de turbina de gas que cuenta con un sistema de calentamiento de combustible de la presente invención.

### 40 DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La única figura muestra un esquema de un motor de turbina de gas 10 que cuenta con un sistema de calentamiento de combustible 12 e incluye el calentador de combustible 14 de la presente invención. El motor de turbina de gas 10 incluye un compresor 16, una turbina 18, un árbol 20 y una cámara de combustión 22. El sistema de calentamiento de combustible 12 incluye, además, una bomba de combustible 24, un intercambiador de calor 26, una válvula del calentador 28 y un sensor de temperatura 29. El motor de turbina de gas 10 se interconecta también con un sistema de lubricación 30, que incluye un enfriador de aceite 32 y un ventilador 34. En la presente realización, el motor de turbina de gas 10 comprende una unidad de potencia auxiliar (APU) configurada para operar un generador eléctrico 36. Sin embargo, el motor de turbina de gas 10 y el calentador 14 de la presente invención se pueden instalar en otros tipos de motor de turbina de gas, como los que se utilizan como fuerza propulsora en los aviones y los que se utilizan en el sector de las turbinas de gas industriales. La cámara de combustión 22, el ventilador 34, la válvula 28 y la bomba de combustible 24 se comunican electrónicamente con el controlador del motor 37.

55 El motor de turbina de gas 10 funciona de forma convencional mediante la combustión de combustible desde la bomba de combustible 24 y aire comprimido desde el compresor 16 en la cámara de combustión 22 para producir gases con mucha energía que muevan la turbina 18. La bomba de combustible 24 incluye el conducto de entrada 38, que recibe combustible de un depósito de combustible (no mostrado), y el conducto de salida 40, que transporta el combustible a la cámara de combustión 22. El conducto de salida 40 puede incluir otros componentes, como una válvula dosificadora, conectada al controlador 37 para regular de forma precisa el flujo de combustible a la cámara de combustión 22. El controlador del motor 37 determina la velocidad de flujo de combustible a la cámara de combustión 22 según la demanda del motor 10, como se conoce en la materia. Por ejemplo, el controlador del motor 37 puede comprender un control digital del motor con plena autoridad (FADEC, por sus siglas en inglés). El compresor 16 introduce aire ambiente  $A_A$ , lo comprime y lo transporta a la cámara de combustión 22. La cámara de combustión 22 incluye inyectores de combustible y cebadores convencionales para quemar una mezcla de combustible y aire y obtener gas de escape  $G_E$  que hace girar la turbina 18. La rotación de la turbina 18 activa el árbol 20, que hace rotar el compresor 16 y el generador eléctrico 36. El generador eléctrico 36 se muestra de forma esquemática activado por

## ES 2 729 246 T3

5 el árbol de transmisión radial 41, que se acopla al árbol 20 a través de una caja de engranajes, como se conoce en la materia. La bomba de combustible 24 también incluye el conducto de derivación 42 y el conducto de retorno 44, que se regulan con la válvula 28. La válvula 28 controla el flujo de combustible que pasa al intercambiador de calor 26 para fundir el hielo antes de pasar al conducto de combustible 40, donde se podrían obstruir los orificios de la válvula dosificadora de combustible o la cámara de combustión.

10 Además de gas de escape  $G_E$ , la puesta en marcha del motor de turbina de gas 10 produce calor, en particular en los cojinetes que se utilizan como apoyo del árbol 20. Como tal, el sistema de lubricación 30 crea un flujo de aceite en constante circulación entre los cojinetes, los cárteres de aceite y el depósito de aceite mediante una bomba de aceite (no se muestra) que se acopla a los conductos de aceite 46A y 46B. El enfriador de aceite 32 se acopla a los conductos de aceite 46A y 46B para recibir el aceite caliente de los cárteres de aceite y para introducir aceite enfriado en la bomba de aceite. En la presente realización, el enfriador de aceite 32 comprende un intercambiador de calor enfriado por aire que recibe aire de refrigeración  $A_C$  del ventilador 34. El controlador del motor 37 se comunica con sensores (no se muestran) que determinan la temperatura del aceite y pueden ajustar la velocidad del ventilador 34 para aumentar o reducir el enfriamiento del enfriador de aceite 32. El enfriador de aceite 32 y el ventilador 34 se muestran situados encima del compresor 16, pero no tienen por qué estarlo en otras configuraciones.

20 El ventilador 34 incluye palas de ventilador que rotan mecánicamente para impulsar un flujo de aire de refrigeración  $A_C$  a través de las aletas de refrigeración en el enfriador de aceite 32. El ventilador 34 se puede activar mecánicamente con el árbol 20, un tren de engranajes acoplado al árbol 20 o un motor eléctrico impulsado por un generador eléctrico 36 u otra alimentación eléctrica similar. El ventilador 34 se conecta con fluidez al intercambiador de calor 26 a través del conducto de aire 48A, el calentador 14 y el conducto de aire 48B. En la realización mostrada, el fluido comprende aire comprimido que se desplaza del ventilador 34 y se transporta al intercambiador de calor 26. Las palas del ventilador presurizan el aire comprimido del ventilador 34 con para producir un flujo a través del conducto de aire 48A, el calentador 14, el conducto de aire 48B, el intercambiador de calor 26 y el conducto de aire 48C. Por ejemplo, la velocidad del ventilador 34 y la presión resultante del aire se pueden aumentar mediante el controlador 37 según sea necesario. El aire comprimido del intercambiador de calor 26 se expulsa del sistema de calentamiento de combustible 12 a través del conducto de aire 48C. En otras realizaciones se puede hacer circular de forma continua un líquido de refrigeración entre el calentador 14 y el intercambiador de calor 26 a través de una bomba.

30 El intercambiador de calor 26 recibe un flujo motriz de fluido caliente del calentador 14 y un flujo motriz de fluido frío de la bomba 24. En una realización, el intercambiador de calor 26 comprende un intercambiador de calor de fluido doble y placas con aletas. Después de atravesar el intercambiador de calor 26, el fluido motriz se expulsa del sistema 12. El combustible frío de la bomba de combustible 24 penetra en el intercambiador de calor 26 a través del conducto de derivación 42 y el combustible caliente se devuelve a la bomba de combustible 24 a través del conducto de retorno 44. La válvula 28 responde a la información del sensor de temperatura 29 para conectar periódicamente el intercambiador de calor 26 en series entre la bomba 24 y la cámara de combustión 22 según las temperaturas detectadas por el sensor 29.

40 El controlador del motor 37 se comunica electrónicamente con el sensor 29 y la bomba de combustible 24 para modular la circulación de combustible en el intercambiador de calor 26, dependiendo de condiciones atmosféricas como la temperatura y la presión barométrica. La bomba de combustible 24 se configura para llevar el flujo motriz de combustible a la cámara de combustión 22 en condiciones de operación por defecto. En condiciones atmosféricas adversas, el controlador del motor 37 acciona la válvula 28 para que el combustible circule por el intercambiador de calor 26 antes de continuar hacia la cámara de combustión 22.

50 El sensor de temperatura 29 se comunica de forma térmica con el combustible en el conducto 38. Si el sensor de temperatura 29 detecta temperaturas por encima de un nivel umbral, se envía una señal al controlador del motor 37 para mantener la válvula 28 cerrada. Con la válvula 28 cerrada, se permite que el combustible fluya de forma ininterrumpida desde el depósito de combustible a través del conducto de entrada 38, la bomba 24 y el conducto de salida 40, mientras se impide que el combustible entre en el conducto 42. La válvula de retención 52 impide el reflujos de combustible en el conducto 44. El nivel umbral puede ser el punto de congelación del agua (0 °C o 32 °F), una temperatura umbral por encima del punto de congelación del agua para obtener un factor de seguridad, o una temperatura por encima del punto de congelación del agua a la que el agua se pueda congelar debido a la altitud elevada, lo que se puede detectar mediante el controlador del motor 37. Se acepta y recomienda la operación por defecto, que indica la ausencia de hielo en los conductos de combustible y la imposibilidad de aparición del mismo.

60 Las temperaturas al nivel umbral o por debajo del mismo producen condiciones en las que se pueden formar cristales de hielo en los conductos de combustible 38 y 40, la bomba de combustible 24, la válvula dosificadora de combustible o los inyectores dentro de la cámara de combustión 22, que pueden tener un impacto negativo en la operación del motor 10. Los conductos de combustible 38 y 40 cuentan con filtros para filtrar los cristales del sistema. Por ejemplo, el filtro 50 se sitúa encima de la bomba de combustible 24 para eliminar los cristales de hielo del sistema de calentamiento de combustible 12. Los filtros se pueden equipar con medios para eliminar o fundir los cristales en el filtro para impedir el bloqueo del flujo de combustible, como se conoce en la materia. Sin embargo, es recomendable impedir por completo la formación de los cristales para evitar la necesidad de su eliminación y retirada. Por ejemplo, al poner en marcha el motor 10 se pueden haber formado cristales de hielo en el combustible que ya está en el

conducto 40, que el filtro 50 no detectará. De este modo, las temperaturas en el umbral o por debajo del mismo le indican al controlador del motor 37 la necesidad de calentar el combustible. Cuando el controlador del motor 37 detecta una temperatura del sensor de temperatura 29 al nivel umbral o por debajo del mismo, se envía una señal para abrir la válvula 28.

5 El sensor de temperatura 29 se sitúa aguas arriba de la bomba de combustible 24, de modo que el controlador del motor 37 pueda actuar para evitar que los cristales de hielo lleguen a la cámara de combustión 22, donde se encuentran los inyectores que cuentan con pequeños orificios. La válvula 28 utiliza los conductos 42 y 44 para desviar el combustible al intercambiador de calor 26 para fundir los cristales de hielo e impedir que se bloqueen los orificios del inyector antes de permitir que el combustible continúe y pase a la cámara de combustión 22. El calentador 14 se posiciona para tener comunicación térmica con el gas de escape  $G_E$ , de forma que se caliente el aire comprimido del ventilador 34. El calentador 14 se puede situar directamente en el flujo de gas de escape  $G_E$  o adyacente al flujo de gas de escape  $G_E$ .

15 El calentador 14 comprende un intercambiador de calor que transfiere el calor del gas de escape  $G_E$  al aire comprimido del ventilador 34. Como tal, el calentador 14 puede comprender un intercambiador de calor de fluido doble y placas con aletas que se acoplan a las tuberías y comprende los conductos 48A y 48B. En la realización mostrada, el calentador 14 comprende un tubo que se enrolla de forma helicoidal y se dispone dentro de los límites diametrales exteriores del flujo de gas de escape  $G_E$ . De este modo, el calentador 14 tiene aproximadamente el mismo diámetro que la salida inferior de la turbina 18. En otras realizaciones, el calentador 14 puede comprender un tubo que se enrolla en forma de serpentina para formar un cuerpo plano que se puede situar de forma perpendicular al flujo de gas de escape  $G_E$ . Las realizaciones en espiral del calentador 14 también pueden incluir accesorios que mejoren la transmisión, tales como aletas, en otras realizaciones. En otro ejemplo que no forma parte de la invención reivindicada, el intercambiador de calor 26 se puede omitir y el calentador 14 comprende un tubo envuelto directamente alrededor de un conducto de combustible que conecta los conductos 42 y 44.

El calor del gas de escape  $G_E$  aumenta la temperatura del aire comprimido dentro del calentador 14 hasta temperaturas lo suficientemente altas como para poder aumentar la temperatura del combustible dentro del intercambiador de calor 26 para fundir los cristales de hielo en el combustible e impedir que se vuelvan a formar cristales de hielo en los conductos 44 y 40. El controlador del motor 37 puede aumentar la velocidad del ventilador 34 para aumentar el flujo de aire comprimido para el calentador 14 y, por lo tanto, aumentar el calentamiento del combustible, según las temperaturas detectadas por el sensor 29. Así se elimina el riesgo de que los cristales de hielo obstruyan el conducto de combustible 40 y los pequeños orificios de la bomba de combustible 24 y la cámara de combustión 22, y por lo tanto se aumenta la eficiencia de operación y la seguridad del motor de turbina de gas 10. El calor del gas de escape  $G_E$  está disponible inmediatamente al poner en marcha el motor 10. Por ejemplo, en cuanto se pone en marcha el motor 10 tiene lugar la combustión en la cámara de combustión 22 a temperaturas superiores a 1000 °F (538 °C), lo suficiente para calentar el combustible y fundir todos los cristales de hielo en cuestión de momentos de ignición. Así se elimina cualquier tiempo de espera necesario para el calentamiento del combustible, como sí sucedía en los sistemas de calentamiento de combustible de la técnica anterior que utilizaban calor generado mediante la circulación ininterrumpida del aceite del motor.

Si bien se ha descrito la invención tomando como referencia una(s) realización(es) ejemplar(es), los expertos en la materia comprenderán que se pueden realizar diversos cambios y algunos equivalentes se pueden sustituir por elementos de la misma sin apartarse del alcance de la invención. Además, se pueden realizar diversas modificaciones para adaptar una situación o material particulares a las características de la invención sin apartarse del alcance esencial de la misma. Por lo tanto, se pretende que la invención no quede limitada a la(s) realización(es) particular(es) incluida(s), sino que la invención incluya todas las realizaciones que entren en el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un motor de turbina de gas que comprende:
- 5 una bomba de combustible (24) para generar un flujo de combustible;  
un compresor (16) para comprimir el aire de entrada;  
una cámara de combustión (22) para mezclar el flujo de combustible con aire de entrada comprimido y producir gas de escape; y  
una turbina (18) para recibir gas de escape de la cámara de combustión;
- 10 una bobina dispuesta entro del gas de escape que deja la turbina para que se caliente, la bobina configurada para recibir un flujo motriz de fluido; y  
un intercambiador de calor (26) en comunicación fluida con el flujo motriz de fluido de la bobina y el flujo de combustible de la bomba de combustible para transferir calor del flujo motriz de fluido al flujo de combustible; y en donde la bomba de combustible comprende:
- 15 un conducto de entrada (38) para recibir combustible, incluyendo el conducto de entrada un sensor de temperatura (29);  
un conducto de salida (40) en comunicación fluida con la cámara de combustión;  
un conducto de derivación (42) en comunicación fluida con el intercambiador de calor, incluyendo el conducto de derivación una válvula de apertura/cierre (28); y  
20 un conducto de retorno (44) en comunicación fluida con el intercambiador de calor, incluyendo el conducto de retorno una válvula de retención (52).
2. El motor de turbina de gas de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, además, un ventilador (34) y en donde el flujo motriz de fluido comprende aire generado por el ventilador.
- 25 3. El motor de turbina de gas de acuerdo con la reivindicación 2 y que comprende, además:  
un enfriador de aceite (32) configurado para recibir aire del ventilador y aceite de un sistema de lubricación conectado al motor de turbina de gas.
- 30 4. El motor de turbina de gas de acuerdo con la reivindicación 2 o 3, en donde el flujo motriz de fluido del intercambiador de calor se descarga del sistema de combustible del motor de turbina de gas.
5. El motor de turbina de gas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores y en donde la válvula de apertura/cierre (28) responde a la temperatura detectada del flujo de combustible, estando la válvula está configurada para encaminar el flujo de combustible de la bomba de combustible al intercambiador de calor cuando la temperatura detectada desciende por debajo de un nivel de temperatura umbral.
- 35 6. El motor de turbina de gas de acuerdo con la reivindicación 5 en donde el intercambiador de calor se configura para desviar el flujo de combustible de nuevo a la bomba de combustible para administrarlo a la cámara de combustión.
- 40 7. El motor de turbina de gas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores en donde el motor de turbina de gas comprende una unidad de potencia auxiliar.
8. Un método para calentar combustible en un motor de turbina de gas, comprendiendo el método proporcionar combustible a un motor de turbina de gas con una bomba de combustible para mantener un proceso de combustión;
- 45 calentar un flujo de aire con gas de escape del proceso de combustión; y  
calentar combustible de forma selectiva de la bomba de combustible al motor de turbina de gas con el flujo de aire según la temperatura del combustible; y  
50 en donde calentar un flujo de aire con gas de escape comprende, además, pasar el flujo de aire a través de una bobina dispuesta en el gas de escape; y  
en donde calentar combustible de la bomba de combustible comprende, además, pasar el flujo de aire a través de un intercambiador de calor en comunicación térmica con el combustible; y comprendiendo, además, modular el flujo de combustible que pasa al intercambiador de calor usando una válvula que responde a la temperatura detectada del combustible.
- 55 9. El método de acuerdo con la reivindicación 8 y que comprende, además, generar el flujo de aire utilizando un ventilador.
- 60 10. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 y 9 y que comprende, además, detectar una temperatura del combustible antes de que el combustible penetre en la bomba de combustible.

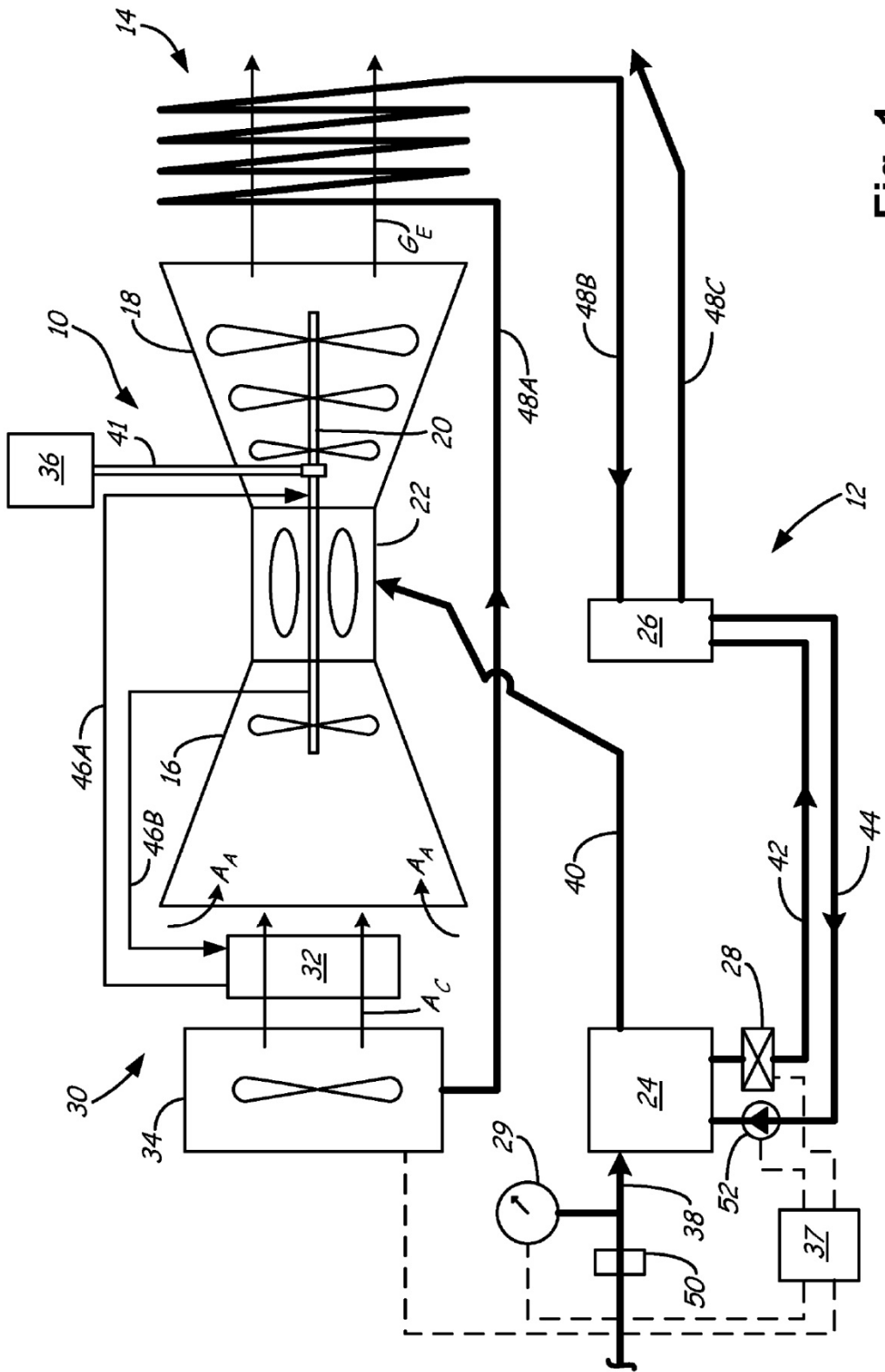


Fig. 1