

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 551 506**

51 Int. Cl.:

**F02C 3/28** (2006.01)

**F02C 6/18** (2006.01)

**F02C 9/42** (2006.01)

**F02C 7/26** (2006.01)

**F01K 23/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.05.2007 E 07728847 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.07.2015 EP 2024620**

54 Título: **Procedimiento para el funcionamiento de una turbina de gas y central eléctrica combinada para la realización del procedimiento**

30 Prioridad:

**07.06.2006 CH 916062006**

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

**19.11.2015**

73 Titular/es:

**ALSTOM TECHNOLOGY LTD (100.0%)  
BROWN BOVERI STRASSE 7  
5400 BADEN, CH**

72 Inventor/es:

**EROGLU, ADNAN;  
HELLAT, JAAN;  
GÜTHE, FELIX y  
FLOHR, PETER**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 551 506 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**

Procedimiento para el funcionamiento de una turbina de gas y central eléctrica combinada para la realización del procedimiento

5

**ÁMBITO TÉCNICO**

La presente invención está relacionada con el ámbito técnico de las turbinas de gas. Se refiere a un procedimiento para el funcionamiento de una turbina de gas conforme al concepto general de la reivindicación 1, a una aplicación del procedimiento en una central eléctrica combinada con gasificación integrada así como a una central eléctrica combinada con gasificación integrada para la puesta en práctica del procedimiento.

10

**ESTADO DE LA TÉCNICA**

Una central eléctrica combinada con gasificación integrada (Integrated Gasification Combined Cycle IGCC) se utilizan normalmente con un gas sintético (Syngas o gas Mbtu) que se produce por gasificación de carbón, biomasa y otros combustibles (véase, por ejemplo, la memoria impresa US-A-5,901,547). Para mejorar la disponibilidad de la central eléctrica y para garantizar la constante producción de energía eléctrica, se necesita normalmente durante los tiempos de espera de la instalación de gasificación, un sistema de funcionamiento de apoyo bien con gas natural o bien con un combustible líquido.

15

20

Las centrales eléctricas IGCC de este tipo se ponen en marcha normalmente con un combustible de apoyo como, por ejemplo, gas natural o aceite combustible, cambiando posteriormente a gas sintético después de haber puesto en marcha el dispositivo de gasificación. El cambio de combustible (Fuel Switch Over FSWO) del combustible de apoyo al gas sintético es un proceso de transición muy complejo que, por regla general, conlleva variaciones de carga, pulsaciones y el riesgo de un retroceso de la llama. Por otra parte, el riesgo de una parada de emergencia de la turbina de gas durante el FSWO es máximo.

25

En determinados casos cabe la posibilidad de cambiar el combustible individualmente para cada uno de los diferentes grupos de quemadores en una cámara de combustión de la turbina de gas y de reducir así el alcance de las variaciones de carga o el riesgo de una parada de emergencia de la turbina de gas. Esta modalidad de funcionamiento por grupos también puede utilizarse para una combustión combinada en la que se hacen funcionar distintos grupos de quemadores con diferentes composiciones de combustible como, por ejemplo, gas sintético/aceite combustible o gas sintético/gas natural.

30

35

El problema principal con este tipo de funcionamiento antes descrito consiste en un alto riesgo de retroceso de la llama o de pulsaciones en virtud de diferentes formas de llama y coeficientes de caída de presión de quemadores en la misma cámara de combustión con distintos combustibles.

40

Por otra parte, hace mucho tiempo que se conocen turbinas de gas (US-A-5,577,378 ó A. Eroglu et al., desarrollo del sistema de combustión secuencial para la familia de turbinas de gas GT24/GT26, ABB Technik 4/1998, páginas 4-16 (1998) que funcionan con sobrecalentamiento por medio de una segunda cámara de combustión. A diferencia de una combustión de una sola etapa, la combustión secuencial con sobrecalentamiento por medio de una segunda cámara de combustión ofrece la posibilidad de hacer funcionar cada una de las cámaras de combustión con combustibles diferentes. Las turbinas de gas de este tipo con combustión secuencial permiten, por consiguiente, nuevas formas de arranque, de funcionamiento y de combustión combinada.

45

La memoria impresa US-A-5,689,948 revela una instalación de turbinas de gas con combustión secuencial en la que ambas cámaras de combustión funcionan fundamentalmente con el mismo combustible gaseoso. Ciertamente se advierte de la adición de aceite combustible como "auxiliary fuel" en la segunda cámara de combustión, a fin de garantizar la inflamación espontánea.

50

La memoria impresa US-A-6,167,706 revela una instalación de turbinas de gas con una sola cámara de combustión (105 en figura 8). Una segunda cámara externa de combustión (106) sólo emite indirectamente calor al aire comprimido, sin embargo no funciona directamente en otra turbina. La utilización simultánea de distintos combustibles para las dos cámaras de combustión no se menciona de forma explícita, sino que sólo enumera a modo de sumario una serie de posibles combustibles.

55

La memoria impresa DE-C-947 843 revela una instalación de turbinas de gas con varias cámaras de combustión que, sin embargo, funcionan todas con el mismo gas aportado por un gasificador a presión que se produce directamente como gas comprimido o bien como gas de alcantarilla.

60

La memoria impresa US-A-6,116,016 revela una instalación de turbinas de gas (Fig. 6) con dos cámaras de combustión (secuenciales) de las que la primera funciona con aceite combustible o gas natural y la segunda con gas de carbón.

65

La memoria impresa EP-A1-0 723 068 revela una instalación de turbinas de gas con combustión secuencial en la que ambas cámaras de combustión funcionan con combustibles gaseosos con un distinto contenido de H<sub>2</sub> que se producen en un proceso de reformación.

## 5 REPRESENTACIÓN DE LA INVENCION

La función de la invención consiste en indicar un procedimiento para el funcionamiento de una turbina de gas, así como una central eléctrica combinada con gasificación integrada para la realización del procedimiento que evite los inconvenientes de las soluciones planteadas hasta ahora y que se caracterice especialmente por un funcionamiento muy flexible y estable también y especialmente en fases transitorias.

La tarea se resuelve gracias a la totalidad de las características de las reivindicaciones 1 y 7. Resulta fundamental para la invención que las dos cámaras de combustión de la turbina de gas con combustión secuencial funcionen (al menos en parte) con combustibles diferentes, siendo posible llevar a cabo el funcionamiento con los distintos combustibles incluso en una fase transitoria como, por ejemplo, una fase de arranque, y comprendiendo la primera y/o la segunda cámara de combustión varios grupos de quemadores y funcionando los distintos grupos de quemadores dentro de la cámara de combustión con combustibles distintos.

Una variante del procedimiento según la invención se caracteriza porque como primer y segundo combustible se utiliza un combustible del grupo de gas sintético, gas natural y combustible líquido, especialmente aceite combustible. Gracias a estas combinaciones de combustible resulta para esta turbina de gas un amplio ámbito de aplicación y la posibilidad de un funcionamiento muy flexible y a prueba de averías.

Otra variante se caracteriza porque para el arranque de la turbina de gas la primera cámara de combustión se hace funcionar en un primer paso con un primer combustible del grupo de gas natural y combustible líquido, en especial aceite combustible, como combustible de apoyo hasta que la turbina de gas alcance una parte preestablecida, especialmente un 33% más o menos, de la carga base y porque en un segundo paso se hace funcionar adicionalmente la segunda cámara de combustión con gas sintético como segundo combustible hasta alcanzar la carga base. Sobre todo, en el segundo paso la primera cámara de combustión se puede conmutar para el funcionamiento con gas sintético.

Alternativamente sería imaginable que la segunda cámara de combustión comprendiera varios grupos de quemadores, que para el arranque de la turbina de gas se activara la primera cámara de combustión con un primer combustible del grupo de gas natural y combustible líquido, especialmente aceite combustible, como combustible de apoyo hasta que la turbina de gas alcance una parte preestablecida, especialmente un 33% más o menos, de la carga base y que en un segundo paso se hiciera funcionar adicionalmente la segunda cámara de combustión, primero con una combinación de gas sintético y de un combustible de apoyo del grupo de gas natural y combustible líquido, especialmente aceite combustible, quemándose el gas sintético y el combustible de apoyo en distintos grupos de quemadores y activándose finalmente la segunda cámara de combustión en un tercer paso por completo con gas sintético.

Una variante de la central eléctrica combinada según la invención se caracteriza porque la primera cámara de combustión y/o la segunda cámara de combustión presentan una pluralidad de grupos de quemadores que se pueden alimentar individualmente con combustible y porque los grupos de quemadores se pueden unir individualmente a través del dispositivo de distribución de combustible haciéndolo opcionalmente al sistema de alimentación de combustible o a la salida de la instalación de gasificación.

## BREVE EXPLICACIÓN DE LAS FIGURAS

La invención se explica a continuación con mayor detalle por medio de unos ejemplos de realización y en relación con el dibujo. Se ve en la

Fig. 1 en un esquema de conexiones en bloque muy simplificado, una central eléctrica combinada con gasificación integrada según el ejemplo de realización de la invención; y en la

Fig. 2 el régimen de temperatura ( $T_1$ ) en la primera cámara de combustión y la posición de las álabes de distribución de entrada regulables (VIGV) en el compresor sobre la carga (L, en % de la carga base BL) de la turbina de gas según la Fig. 1 durante el aumento de la potencia.

## 60 MODOS DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

En la figura 1 se representa, en un esquema de conexiones en bloque muy simplificado, una central eléctrica combinada con gasificación integrada según un ejemplo de realización de la invención. La central eléctrica combinada 10 con gasificación integrada comprende una turbina de gas GT que en un árbol 18 presenta un compresor de baja presión 12, un compresor de alta presión 13, una turbina de alta presión 15 y una turbina de baja presión 16 y que impulsa un generador 11. En la turbina de alta presión 15 se descomprime el gas caliente

procedente de una primera cámara de combustión 14 que, a continuación, se conduce a una segunda cámara de combustión 16 donde mantiene un segundo proceso de combustión cuyos gases de escape calientes se descomprimen en la turbina de baja presión 17. Los gases de escape que salen de la turbina de baja presión 17 se hacen pasar por un generador de vapor de calor de escape 21 para producir vapor para una turbina de vapor (no representada en la figura 1), dentro de un circuito de agua/vapor 29 conectado. Los gases de escape enfriados se emiten finalmente, a través de una salida de gases de escape 22, a una chimenea o similar con las correspondientes posibilidades de filtración.

La primera cámara de combustión 14 recibe del compresor de alta presión 13 aire de combustión comprimido, aspirado y previamente comprimido por el compresor de baja presión 12, a través de una entrada de aire 23. En la salida del compresor de alta presión 13 (o en su caso en una fase intermedia) el aire comprimido se desvía, se enfría en un refrigerador continuo de alta presión 19 y se conduce, como aire de refrigeración, a la primera cámara de combustión 14 y a la turbina de alta presión 15. En la salida del compresor de baja presión 12 (o en su caso en una fase intermedia) se desvía igualmente aire comprimido, enfriándolo en un refrigerador continuo de baja presión 20 y conduciéndolo, como aire de refrigeración, a la segunda cámara de combustión 14.

La primera cámara de combustión 14 contiene varios grupos de quemadores 14a, 14b con varios quemadores cada uno que funcionan independientemente los unos de los otros y que se pueden alimentar con diferentes tipos de combustible. La segunda cámara de combustión 16 también contiene varios grupos de quemadores 16a, 16b que funcionan de forma independiente los unos de los otros y que se pueden alimentar con distintos tipos de combustible. En la figura 1, los grupos de quemadores 14a, b y 16a, b sólo se indican de manera esquemática y se simbolizan por medio de llamas separadas.

La central eléctrica combinada 10 comprende, además de la turbina de gas GT y del circuito de agua/vapor 29 con la correspondiente turbina de vapor, una instalación de gasificación 24 en la que se puede gasificar carbón, biomasa u otra materia prima transformable en gas de combustión sintético. La instalación de gasificación 24 se representa en la figura 1 como simple bloque, pero comprende una pluralidad de subunidades y conexiones con la parte restante de la central eléctrica combinada 10 que sirve, sobre todo, para la generación y aportación de oxígeno y para la depuración del gas producido. La instalación de gasificación 24 se alimenta, a través de un primer sistema de suministro de combustible 27, con una materia prima apropiada (carbón, etc.) y conduce el gas sintético producido, posiblemente a través de un sistema de almacenamiento intermedio, a la turbina de gas GT.

A través de un segundo sistema de suministro de combustible 28, la turbina de gas GT se alimenta además con gas natural o combustible líquido, por ejemplo aceite combustible, como combustible adicional que sirve especialmente para apoyar el funcionamiento.

Para aprovechar al máximo las posibilidades de funcionamiento muy flexibles de la turbina de gas GT con combustión secuencial en el presente caso de la central eléctrica combinada con gasificación, se prevén posibilidades para utilizar no sólo las dos cámaras de combustión 14, 16 de la turbina de gas GT opcionalmente con gas sintético procedente de la instalación de gasificación 24 ó con un combustible de apoyo aportado a través del segundo sistema de suministro de combustible 28, sino también para hacer funcionar cada cámara de combustión 14, 16 por sí sola, al mismo tiempo y de manera regulable, con los dos combustibles. Para ello, los distintos grupos de quemadores 14a, b y 16a, b de las cámaras de combustión 14 y 16 se pueden utilizar opcionalmente con uno de los combustibles. A estos efectos se prevé un dispositivo de distribución de combustible 25, 26 maniobrable y conmutable (representado en la figura 1 a modo de ejemplo) unido por el lado de entrada a la salida de la instalación de gasificación 24 y a un segundo sistema de suministro de combustible 28 y que, por el lado de salida, conduce a los diferentes grupos de quemadores 14a, b y 16a, b de las cámaras de combustión 14, 16. Dentro del dispositivo de distribución de combustible 25, 26 se montan, por ejemplo, unas válvulas controlables que se pueden abrir, cerrar o conmutar para conducir uno de los dos combustibles, en la cantidad preestablecida, a uno de los grupos de quemadores 14a, b ó 16a, b.

Con una configuración como esta de la turbina de gas GT y de su sistema de suministro de combustible se pueden realizar en una central eléctrica IGCC nuevos tipos de cambio de combustible (FSWO) y de la alimentación con dos combustibles. Como consecuencia de la separación local de las dos cámaras de combustión 14 y 16 en la turbina de gas GT es posible calentar cada una de las dos cámaras de combustión con un combustible distinto sin correr el riesgo de variaciones de la carga, pulsaciones o de un retroceso de las llamas. Así resulta especialmente posible utilizar una de las cámaras de combustión con gas sintético y la otra cámara de combustión, en cambio, con gas natural o con un combustible líquido, respectivamente en función de las cantidades disponibles de los diferentes combustibles.

No obstante, también es posible elevar la potencia de la turbina de gas GT calentando la primera cámara de combustión 14 con gas natural o combustible líquido hasta llegar a una cierta carga (L), y arrancar después la segunda cámara de combustión 16 exclusivamente con gas sintético. La curva superior A de la figura 2 indica, para tal procedimiento, la temperatura  $T_1$  en la primera cámara de combustión 14: hasta una carga L del 33%, aproximadamente, de la carga base BL, la primera cámara de combustión 14 se alimenta con un combustible de apoyo (gas natural o aceite combustible), subiendo la temperatura en la cámara de combustión hasta una carga del

15%, aproximadamente, manteniéndose después constante. A partir de una carga del 33% se conecta la segunda cámara de combustión 16 alimentada con gas sintético. La curva inferior a rayas B muestra el orificio de los álabes de distribución de entrada regulables (Variable Inlet Guide Vanes VIGV). De este modo se consigue una fiabilidad adicional dado que las dos cámaras de combustión 14, 16 siempre se hacen funcionar uniformemente con combustibles distintos y que el combustible principal y el combustible de apoyo nunca interactúan. La turbina de gas GT puede alcanzar así cargas elevadas a las que la primera cámara de combustión 14 se puede cambiar con seguridad a gas sintético sin causar fluctuaciones de importancia.

Sin embargo, también cabe la posibilidad de que, a partir de una carga del 33%, la segunda cámara de combustión funcione con un combustible de apoyo. Por otra parte, también nos podemos imaginar que uno de los grupos de quemadores 16a, b de la segunda cámara de combustión 16 funcione con gas sintético mientras que el otro grupo de quemadores 16a, b utilice un combustible de apoyo. De este modo, la cámara de combustión de sobrecalentamiento intermedio puede trabajar sin problemas a cargas muy bajas, mientras que la instalación de gasificación 24 comienza poco a poco a producir gas sintético.

En conjunto, la invención destaca por las siguientes características y ventajas:

- En una turbina de gas GT con combustión secuencial se utilizan al menos dos cámaras de combustión distintas con diferentes combustibles como, por ejemplo, gas sintético, gas natural o combustible líquido (aceite combustible).
- En las distintas cámaras de combustión pueden existir además grupos de quemadores separados que funcionan adicionalmente con diferentes combustibles.
- La turbina de gas se arranca por medio de combustible de apoyo en la primera cámara de combustión elevando la carga hasta un 33%, aproximadamente. A continuación, la segunda cámara de combustión se hace funcionar, al principio, con gas sintético hasta cambiar la primera cámara de combustión finalmente, al alcanzar cargas elevadas, a gas sintético.
- Alternativamente, la segunda cámara de combustión puede funcionar, en grupos de quemadores separados y simultáneamente, con gas sintético y con combustible de apoyo. Si existe la suficiente cantidad de gas sintético, se procede a cambiar la segunda cámara de combustión por completo a gas sintético.
- Como consecuencia del calentamiento separado de las cámaras de combustión con diferentes combustibles se consigue un funcionamiento de gran flexibilidad.
- La combustión simultánea, variable en gran medida, de diferentes combustibles en respectivamente una de las cámaras de combustión da lugar a una mayor disponibilidad.
- La solución se caracteriza por una gran sencillez.
- El riesgo de pulsaciones durante el cambio de combustible se reduce considerablemente.
- Igualmente se reduce considerablemente el riesgo de un retorno de las llamas durante el cambio de combustible.

**LISTA DE REFERENCIAS**

	10	Central eléctrica combinada con gasificación integrada
	11	Generador
5	12	Compresor de baja presión
	13	Compresor de alta presión
	14, 16	Cámara de combustión
	14a, b	Grupo de quemadores
	15	Turbina de alta presión
10	16a, b	Grupo de quemadores
	17	Turbina de baja presión
	18	Árbol
	19	Refrigerador continuo de alta presión
	20	Refrigerador continuo de baja presión
15	21	Generador de vapor de calor de escape
	22	Salida de gases de escape
	23	Entrada de aire
	24	Instalación de gasificación
	25, 26	Dispositivo de distribución de combustible
20	27, 28	Suministro de combustible
	29	Circuito de agua/vapor
	GT	Turbina de gas

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el funcionamiento de una turbina de gas (GT) con combustión secuencial, que comprende al menos un compresor (12, 13), una primera cámara de combustión (14) con una primera turbina (15) postconectada y una segunda cámara de combustión (16) con una segunda turbina (17) postconectada, en el que al menos un compresor (12, 13) aspira y comprime aire y aporta el aire comprimido a la primera cámara de combustión (14) para la combustión de un primer combustible y en el que el gas que sale de la primera turbina (15) se aporta a la segunda cámara de combustión (16) para la combustión de un segundo combustible, utilizándose como primer y segundo combustible diferentes combustibles, caracterizado por que la primera cámara de combustión (14) y/o la segunda cámara de combustión (16) comprende varios grupos de quemadores (14a, b; 16a, b) y porque diferentes grupos de quemadores (14a, b; 16a, b) funcionan dentro de una cámara de combustión (14, 16) con distintos combustibles.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que como primer y como segundo combustible se emplea un combustible del grupo de gas sintético, gas natural y combustible líquido, especialmente aceite combustible.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que para el arranque de la turbina de gas (GT) se hace funcionar, en un primer paso, la primera cámara de combustión (14) con un primer combustible del grupo de gas natural y combustible líquido, especialmente aceite combustible, como combustible de apoyo, hasta que la turbina de gas (GT) alcanza una parte preestablecida, en especial el 33%, aproximadamente, de la carga base (BL), y porque en un segundo paso se hace funcionar adicionalmente la segunda cámara de combustión (16) con gas sintético como segundo combustible, hasta alcanzar la carga base (BL).
4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado por que en el segundo paso la primera cámara de combustión (14) cambia al funcionamiento con gas sintético.
5. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que la segunda cámara de combustión (16) comprende varios grupos de quemadores (16a, b), porque para el arranque de la turbina de gas (GT) se hace funcionar, en un primer paso, la primera cámara de combustión (14) con un primer combustible del grupo de gas natural y combustible líquido, especialmente aceite combustible, como combustible de apoyo, hasta que la turbina de gas (GT) alcanza una parte preestablecida, en especial el 33%, aproximadamente, de la carga base (BL), y porque en un segundo paso se hace funcionar adicionalmente la segunda cámara de combustión (16) con una combinación de gas sintético y un combustible de apoyo del grupo de gas natural y combustible líquido, en especial aceite combustible, quemándose el gas sintético y el combustible de apoyo en diferentes grupos de quemadores (16a, b) y cambiándose el funcionamiento de la segunda cámara de combustión (16) finalmente, en un tercer paso, por completo a gas sintético.
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que la turbina de gas (GT) se emplea en una central eléctrica combinada (10) con gasificación integrada, porque en la central eléctrica combinada (10) se produce, por gasificación, gas sintético a partir de carbón o de otra materia prima apropiada, y porque el gas sintético producido se introduce en el primer o en el segundo combustible.
7. Central eléctrica combinada (10) con gasificación integrada para la realización del procedimiento según la reivindicación 6, comprendiendo la central eléctrica combinada (10) una turbina de gas (GT) con combustión secuencial y una instalación de gasificación (24) para la producción de gas sintético por medio de la gasificación de carbón o de otra materia prima apropiada, y comprendiendo la turbina de gas (GT) al menos un compresor (12, 13), una primera cámara de combustión (14) con una primera turbina (15) postconectada y una segunda cámara de combustión (16) con una segunda turbina (17) postconectada y aspirando y comprimiendo al menos un compresor (12, 13) aire para aportar este aire comprimido después a la primera cámara de combustión (14) para la combustión de un primer combustible, y aportándose el gas que sale de la primera turbina (15) a la segunda cámara de combustión (16) para la combustión de un segundo combustible, previéndose un sistema de suministro de combustible (28) para la aportación de un combustible de apoyo, especialmente en forma de gas natural o combustible líquido, pudiéndose conectar el sistema de suministro de combustible (28) y la salida de la instalación de gasificación (24) opcionalmente, a través de un dispositivo de distribución de combustible (25, 26), a la primera y/o segunda cámara de combustión (14 ó 16), caracterizada por que la primera cámara de combustión (14) y/o la segunda cámara de combustión (16) presenta una pluralidad de grupos de quemadores (14a, b; 16a, b) y que a través del dispositivo de distribución de combustible (25,26) los grupos de quemadores (14a, b; 16a, b) se pueden conectar opcionalmente al sistema de suministro de combustible (28) o a la salida de la instalación de gasificación (24).

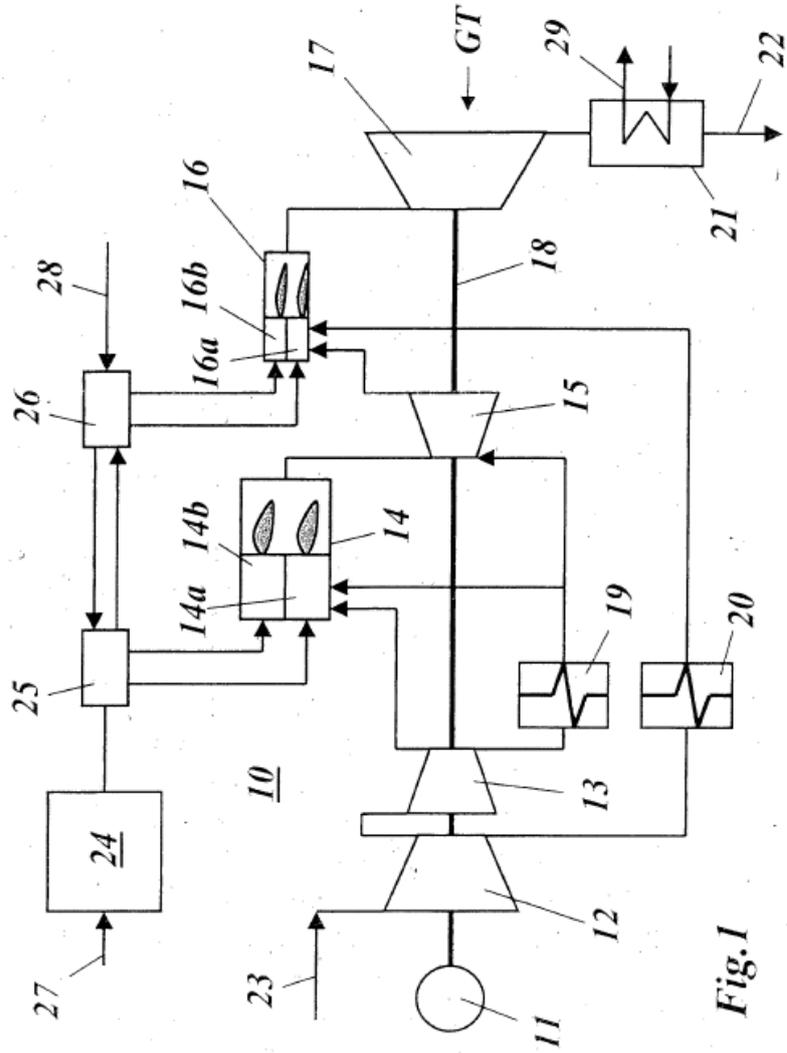


Fig.1

Fig.2

