

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 547 887**

51 Int. Cl.:

**F01D 17/00** (2006.01)

**F04D 27/02** (2006.01)

**F02C 6/06** (2006.01)

**F02C 7/143** (2006.01)

**F02C 9/18** (2006.01)

**F25J 3/04** (2006.01)

**F04D 25/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.07.2011 E 11774066 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.08.2015 EP 2593648**

54 Título: **Una solución para controlar un turbocompresor**

30 Prioridad:

**13.07.2010 FI 20105800**

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

**09.10.2015**

73 Titular/es:

**TAMTURBO OY (100.0%)**

**PL 124**

**33101 Tampere, FI**

72 Inventor/es:

**ALAMÄKI, JARMO;**

**LAINÉ, KIMMO;**

**ERIKSSON, KENNETH y**

**TANTTARI, JUHA**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 547 887 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

Una solución para controlar un turbocompresor

### Campo de la invención

5 La invención presente se refiere a un sistema y a un método para controlar un actuador, particularmente un turbocompresor. La invención se refiere también a un actuador que comprende al menos un turbocompresor, con una salida de dicho al menos un turbocompresor para conducir gas comprimido a una unidad de enfriamiento al menos, y un eje para hacer que gire dicho al menos un turbocompresor, para aumentar la presión del gas a ser suministrado al actuador. El actuador según la invención se refiere a un compresor del tipo turbo en el que los álabes de los discos del turbo giran a una gran velocidad y por tanto aumentan la presión del gas. El aumento de presión puede producirse en una o más etapas.

### Antecedentes de la invención

15 Se conocen principalmente dos tipos de compresores: compresores de desplazamiento positivo y compresores dinámicos. Los compresores de desplazamiento positivo incluyen, por ejemplo, compresores de tornillo, compresores de pistón y compresores de álabes estáticos. Los compresores de desplazamiento positivo son llamados también compresores estáticos. Los compresores dinámicos, a su vez, pueden ser divididos en los del tipo de flujo centrífugo y los de flujo axial (compresores radiales y compresores axiales, respectivamente). En los compresores dinámicos, se proporciona aire con una gran energía cinética que es convertida a continuación en presión. Los compresores dinámicos pueden ser llamados también turbocompresores.

20 En soluciones conocidas para controlar turbocompresores, la cantidad de aire y el aumento de presión producido por el turbocompresor son ajustados, entre otras cosas, mediante álabes de guía instalados en la entrada de aire de turbocompresor, mediante álabes de difusión instalados aguas abajo del disco de impulsión, mediante el cambio de la velocidad de giro del actuador, mediante la recirculación de parte del aire proveniente de la parte trasera del lado de presión de vuelta al lado de succión, o mediante la extracción de algo del aire comprimido fuera del proceso por medio de una válvula.

25 Se presentan métodos conocidos para ajustar turbocompresores relativos a los motores de combustión y sus turboactuadores en la bibliografía técnica de la materia, publicaciones de los fabricantes de turbocompresores, así como en las publicaciones de patentes, por ejemplo, en la publicación de la solicitud de la patente japonesa JP 2008 286039 A, así como en la publicación de la solicitud de la patente internacional WO 1999049222 A1.

30 La patente francesa FR 2 040 794 A5 describe una disposición de turbocompresor que comprende al menos una unidad de enfriamiento, al menos una etapa de turbocompresor con una salida para conducir gas comprimido en dicha etapa única de turbocompresor a dicha al menos una unidad de enfriamiento, un eje para que haga girar dicha al menos una etapa de turbocompresor para aumentar la presión del gas a ser suministrado al actuador, una turbina y una válvula de control, por medio de la que el flujo de gas comprimido producido por el turbocompresor que va a la turbina está dispuesto para ser ajustado.

35 Algunos inconvenientes de las soluciones conocidas para controlar turbocompresores incluyen, por ejemplo, el hecho de que tienen un intervalo de control de capacidad más estrecho en comparación con, por ejemplo, el intervalo de control de capacidad de compresores de tornillo, así como el hecho de que cuando se aplican, disminuye la eficiencia total del proceso y del actuador, debido a, por ejemplo, la fluctuación de la necesidad de gas, en comparación con, por ejemplo, la eficiencia de los compresores de tornillo.

40 La solución del control descrita en la publicación de la patente japonesa JP 2008 286039 A está diseñada particularmente para prevenir el fenómeno de la pérdida en los turbocompresores de los motores de combustión, no para producir aire comprimido libre de aceite en los turbocompresores.

45 En la invención descrita en la publicación WO 19990/44222 A1, la solución para generar presión mediante una turbina es realizada integrando una unidad de turbina en una unidad de compresor, que se corresponde con una estructura de compresor de sobrealimentación conocida como tal. Las otras unidades de compresores tienen dispuestas unidades de motor separadas propias. Estas unidades de motor pueden tener o no tener un engranaje de escalonamiento. En la solución según dicha publicación, el aire/gas superfluo, en otras palabras el aire/gas que no es momentáneamente necesitado por el proceso, es conducido de manera continua a la turbina para que proporcione la energía de salida del eje necesitada por la unidad de compresor. En consecuencia, esta solución no hace que sea posible ajustar la producción de aire comprimido dentro de un intervalo de ajuste amplio sin cambiar un punto de operación, tal como la eficiencia o la velocidad de giro de las unidades de compresor.

### Resumen breve de la invención

Es un objetivo de la invención relacionada con esta solicitud de patente eliminar los inconvenientes de las soluciones de técnica anterior mencionados anteriormente para controlar turbocompresores, y presentar una mejora en las

- maneras de producir la cantidad de gas y los sistemas de control implicados, con respecto a la técnica anterior. El dispositivo según la invención según se define en la reivindicación 1 puede ser usado para complementar más ampliamente el ajuste de la salida conseguido por medio de la velocidad de operación, posiblemente incluso hasta una salida nula, y reducir simultáneamente el consumo de energía recuperando la energía producida en la expansión del gas en el disco de la turbina, para devolverla al proceso.
- 5 El dispositivo según una realización ventajosa de la invención presente opera de tal manera que el gas que ya ha sido comprimido previamente es conducido por medio de una válvula al disco de la turbina, donde el gas, al expandirse, hace que gire la turbina por medio de dicho disco de turbina y retorna alguna energía necesaria para comprimir el gas.
- 10 El disco de la turbina puede ser dispuesto en el mismo eje con uno o más discos de turbocompresor que comprimen el gas, o en un eje separado, para hacer que gire el generador, o el disco de turbocompresor, o una combinación de éstos.
- En un turbocompresor de etapas múltiples, el gas para el disco de turbina puede ser suministrado desde cualquier etapa ya sea aguas arriba o aguas abajo de las unidades de enfriamiento intermedias y posteriores.
- 15 El dispositivo según la invención presente puede ser construido también en el mismo alojamiento que el turbocompresor tanto en las realizaciones de una etapa única como en las de etapas múltiples.
- Para expresarlo con más precisión, el actuador según la invención presente se caracteriza principalmente porque el actuador comprende además una turbina y una válvula de control mediante la que el flujo de aire comprimido generado por el turbocompresor que va a la turbina está dispuesto para ser controlado.
- 20 El método según la invención presente según se define en la reivindicación 12 se caracteriza principalmente porque el actuador comprende además una turbina y una válvula de control, de manera que, en este método, el flujo de gas comprimido producido por el turbocompresor que va a la turbina está controlado por dicha válvula de control.
- El sistema de control según la invención presente según se define en la reivindicación 13 se caracteriza principalmente porque el sistema de control comprende además una turbina y una válvula de control mediante la que el flujo del gas comprimido generado por el turbocompresor que va a la turbina está dispuesto para ser controlado.
- 25 En el actuador según la invención, el ajuste se hace a una velocidad de giro constante o cambiando la velocidad de giro sólo hasta que la eficiencia del actuador o la presión de suministro no resulten sustancialmente perturbadas. Cuando la presión comienza a aumentar en el proceso, o sea, se reduce la necesidad de gas, se abre la válvula de entre o después de las diferentes etapas de turbocompresor, de manera que parte del flujo de aire es guiado hacia un actuador, tal como una unidad de turbina integrada en la unidad de turbocompresor, o a una unidad de turbina separada. Así, si la unidad de turbina está montada en el mismo eje que el turbocompresor, se reduce la energía requerida por el motor. Si la unidad de turbina está montada en un eje de generación separado, el generador hecho girar por la unidad de turbina puede ser usado para recuperar energía eléctrica para el proceso.
- 30 Las diferencias más significativas de esta invención respecto a la solución técnica presentada en la publicación de la patente japonesa JP 2008 286039 A están relacionadas con la utilización de un proceso de aire/gas superfluo en la generación de la energía de salida del eje requerida para la operación de los turbocompresores.
- En la solución según la aplicación presente, la cantidad de gas que pasa a través de turbocompresor permanece casi constante, de manera que la operación puede realizarse siempre dentro del mejor intervalo de eficiencia posible. En la solución presentada en la publicación de la patente japonesa 2008 286039 A, el aire/gas superfluo hecho circular a través de la turbina es retornado a la unidad de compresor, de manera que la cantidad de aire/gas que fluye a través del compresor (y la velocidad de giro del compresor) cambia siempre cuando se ajusta el proceso y, en consecuencia, el compresor raramente opera dentro del intervalo de eficiencia óptimo.
- 40 Comparada con la solución presentada en la publicación WO 19990/44222 A1, la solución según la invención presente tiene, entre otras cosas, la ventaja de que se puede ajustar la conducción del aire/gas superfluo, que momentáneamente no es necesitado por el proceso, hacia la turbina, lo que hace que sea posible ajustar la salida del aire comprimido dentro de un amplio intervalo de ajuste sin que sea necesario cambiar el punto de operación de las unidades de turbocompresor.

### Descripción de los dibujos

- 50 A continuación, se describe la invención con más detalle haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:
- La Figura 1a muestra un sistema de control según una realización preferida de la invención mediante un esquema gráfico reducido,
- La Figura 1b muestra un dispositivo según una segunda realización ventajosa de la invención mediante un esquema gráfico reducido,

La Figura 1c muestra un dispositivo según una tercera realización ventajosa de la invención mediante un esquema gráfico reducido,

La Figura 1d muestra un dispositivo según una cuarta realización ventajosa de la invención mediante un esquema gráfico reducido,

- 5 La Figura 2 muestra curvas características de control de un dispositivo según una realización ventajosa de la invención,

La Figura 3 muestra un sistema de proceso en el que se puede aplicar la invención, y

La Figura 4 muestra el método según una realización preferida de la invención mediante un diagrama de flujo.

### Descripción detallada de la invención

- 10 La Figura 1a muestra mediante un esquema gráfico reducido un sistema de control según una realización ventajosa de la invención para controlar un actuador 10. El actuador 10 es, por ejemplo, un turbocompresor que comprende un motor 5 y los turbocompresores 1a, 1b conectados a un eje 5a del motor 5. Estos turbocompresores 1 pueden ser dispositivos de impulsión o similares, cuyo movimiento de giro produce un aumento de la presión del aire o de otro gas; en otras palabras, el gas es comprimido a un volumen menor. El turbocompresor 10 comprende también una o más unidades de enfriamiento 3a, 3b conectadas entre los compresores 1 del sistema de aire comprimido. Además, el turbocompresor 10 comprende una turbina 2 y una válvula de control 4. Además, el turbocompresor 10 tiene dispuesta una entrada 6 para conducir aire o gas dentro del turbocompresor 10 y, correspondientemente, una salida 7 para conducir aire comprimido fuera del turbocompresor 10, por ejemplo, a un proceso 11. La turbina 2 puede tener dispuesta también una salida 8 para descargar aire o gas de la turbina 2.

- 20 A continuación se describe la operación del sistema según la Figura 1a haciendo referencia al diagrama de flujo de la Figura 4. Se suministra aire u otro gas al turbocompresor 10 a través de la entrada 6, desde la que el aire u otro gas es conducido hacia una primera etapa de turbocompresor 1a (bloque 401 de la Figura 4). El movimiento de giro del eje 5a del motor 5 genera también el giro de los turbocompresores 1a, 1b. Así, el movimiento del impulsor de turbocompresor 1a, 1b aumenta la presión y la temperatura del gas (bloque 402). El gas comprimido es conducido a través de la salida 1c de la primera etapa de turbocompresor y un canal de flujo 12 hasta una primera unidad de enfriamiento 3a, en la que se hace disminuir la temperatura del gas (bloque 403). Desde la primera unidad de enfriamiento 3a, el gas es conducido hasta una segunda etapa de turbocompresor 1b, por ejemplo, por medio de una entrada 1d (bloque 404). El disco de impulsión del segundo turbocompresor 1b está también conectado al eje del motor 5a, de manera que el movimiento de giro del eje del motor 5a genera el giro del disco de impulsión, lo que hace que aumente aún más la presión del gas. Desde la segunda etapa de turbocompresor 1b, el gas comprimido es conducido, por ejemplo, por medio de una salida 1e, hasta una segunda unidad de enfriamiento 3b para reducir la temperatura del gas (bloque 405). Desde la segunda unidad de enfriamiento 3b, el gas comprimido puede ser conducido por medio de una salida 7, por ejemplo, al proceso 11 (bloque 406).

- 35 En una situación en la que la presión empieza a aumentar en el proceso 11, o sea, disminuye la demanda de gas del proceso 11, la válvula de control 4 puede ser usada para dirigir parte del gas del turbocompresor 10 hasta la turbina 2 (bloque 407). En el dispositivo mostrado en la Figura 1a, este flujo de gas hacia la turbina 2 tiene el efecto de que la turbina 2 reduce la necesidad de suministro de energía del motor 5; en otras palabras, de cierta manera, la turbina 2 retorna parte de la energía necesaria para comprimir el gas, al eje del motor 5a. Esta parte del gas que fue conducida a la turbina puede ser conducida por medio de la salida 8 de la turbina, por ejemplo, a la atmósfera, o de vuelta a la entrada 6 al turbocompresor.

- 40 Cuando la temperatura del proceso 11 empieza a declinar, la válvula de control 4 puede ser ajustada en la dirección de cierre o ser cerrada totalmente, de manera que se reduce la cantidad de gas a ser conducida hacia la turbina 2 o se corta el suministro de gas a la turbina 2. Si es necesario volver a hacer un ajuste, éste se puede realizar de la manera descrita anteriormente por medio de la válvula de control 4. De esta manera, se puede ajustar también el control de la energía y simultáneamente la eficiencia del sistema, además de ajustar la velocidad de giro del motor 5, dirigiendo parte del gas hacia la turbina 2.

Durante el ajuste, o ya no es necesario variar la velocidad de giro del eje del motor 5 o sólo es necesario hasta el momento en que la eficiencia o la presión de suministro del turbocompresor 10 se reducen sustancialmente.

Pueden repetirse, si fuera necesario, los pasos anteriormente mencionados.

- 50 En la realización mostrada en la Figura 1a, la turbina 2 está dispuesta en el mismo eje que los compresores 1a, 1b. Este eje es ventajosamente el eje del motor 5a, pero puede ser también otro eje que tenga una conexión de transmisión de energía con el eje del motor 5a. La disposición de la Figura 1a puede ser también realizada de tal manera que un generador esté también acoplado al eje que conecta la turbina 2 y los turbocompresores 1a, 1b, para generar energía eléctrica particularmente en una situación en la que el gas es utilizado para hacer que gire la turbina 2. Esta energía eléctrica puede ser suministrada, por ejemplo, al motor 5 o al proceso 11 (Figura 3).

La Figura 1b muestra un sistema de control según otra realización ventajosa de la invención. La diferencia con la realización de la Figura 1a reside principalmente en que la turbina 2 no está conectada al eje del motor 5a sino que ha sido realizada como un elemento separado. Así, la turbina 2 está dispuesta para que haga que gire el generador 9. Asimismo, en una situación en la que parte del gas es conducido por medio de la válvula 4 hacia la turbina 2, el movimiento de giro de la turbina 2 produce el efecto de que el generador genera energía eléctrica que puede ser suministrada al motor 5. Esto reduce la cantidad de energía eléctrica de otra fuente de energía requerida por el motor 5.

La Figura 1c muestra un sistema de control según una tercera realización ventajosa de la invención. La diferencia con la realización de la Figura 1a reside principalmente en que el gas suministrado a la turbina 2 es enfriado en una unidad de enfriamiento 3c. Así, la temperatura de la salida del gas de la turbina 2 puede ser menor que en una situación en la que no se usa la unidad de enfriamiento 3c. Resultará obvio que la unidad de enfriamiento 3b puede ser realizada también en la realización mostrada en la Figura 1b que incluye la unidad de enfriamiento entre la salida de la válvula de control 4 y la entrada de la turbina 2.

La Figura 1d muestra un sistema de control según una cuarta realización ventajosa de la invención. La diferencia con la realización de la Figura 1b reside principalmente en que la turbina 2 no está conectada al generador, sino a la primera etapa de turbocompresor 1a; en otras palabras, la turbina 2 está dispuesta para hacer que gire la primera etapa de turbocompresor 1a. Así, en una situación en la que parte del gas es conducida a través de la válvula de control 4 hacia la turbina 2, el movimiento de giro de la turbina 2 hace que gire el disco de impulsión de la primera etapa de turbocompresor 1a, de manera que la primera etapa de turbocompresor 1a aumenta la presión del gas de entrada. En algunas realizaciones, la energía puede ser transmitida a la primera etapa de turbocompresor 1a desde el motor 5 y la turbina 2 a la vez. Dicha disposición de transmisión de energía combinada puede requerir un sistema de engranajes u otro similar, mediante el que la energía transmitida desde dos fuentes de energía diferentes puede ser transferida de una manera controlada a la primera etapa de turbocompresor 1a.

Como puede deducirse de la descripción anterior, el sistema de control según la invención puede ser usado para conseguir un mejor ajuste y un intervalo de ajuste más amplio que en la técnica anterior.

Aunque en las realizaciones descritas anteriormente se aplicaron dos etapas de turbocompresor, resultará obvio que puede haber más de dos etapas, por ejemplo, tres, cuatro o más etapas.

La Figura 2 muestra un ejemplo de curvas características de control. El eje horizontal y el eje vertical representan la cantidad de flujo de volumen y la presión, respectivamente. El valor X del flujo de volumen representa el valor proyectado (100%), y el valor de la presión Y representa la presión objeto correspondiente. La curva A representa la curva característica de un sistema de turbocompresor de técnica anterior (la relación del flujo de volumen a la presión) a una velocidad de giro  $n_0$  del motor, la curva B representa la curva característica del sistema a una velocidad de giro máxima dada  $n_1$  mayor que la velocidad de giro  $n_0$ , y la curva C representa la curva característica del sistema a una velocidad de giro mínima dada  $n_{-1}$  menor que la velocidad de giro  $n_0$ . La letra Z indica una relación flujo de volumen/presión que puede ser conseguida por el sistema según la invención, la velocidad de giro correspondiente del eje del motor 5a es  $n_{-1}$ . En un dispositivo de técnica anterior, el ajuste de la velocidad de giro  $n$  puede ser usado para reducir el flujo de volumen tan sólo en un pequeño porcentaje inferior al valor proyectado del 100%. En la solución según la invención presente, es posible conseguir un valor menor de la mitad, en una realización ventajosa incluso un valor de aproximadamente el 20% del valor proyectado, sin tener que reducir significativamente la velocidad de giro. De esta manera, se consigue una buena eficiencia.

En algunas realizaciones ventajosas, el valor de la presión proyectada puede ser del orden de 6 a 10 bares, pero también puede ser mayor que, por ejemplo, 13 bares, o menor aún, incluso inferior a 1 bar.

La invención presente es adecuada para ser usada a lo largo de un intervalo de potencia muy amplio. La potencia del turbocompresor 10 puede estar, por ejemplo, entre 100 kW y 1 MW, pero también puede ser inferior a 100 kW o incluso superior a 1 MW.

La Figura 3 muestra además otro ejemplo del proceso 11, en el que se puede usar el actuador según la invención presente. El proceso 11 puede ser cualquier proceso en el que se necesite gas comprimido. El proceso 11 o la salida 7 del turbocompresor 10 tiene dispuesto, por ejemplo, un sensor de presión 12 o similar, para medir la presión del gas suministrado al proceso 11. Los datos medidos dados por el sensor de presión 12 son transmitidos a una unidad de control 13 que puede, por ejemplo, comparar los datos medidos con un valor de referencia y determinar, sobre la base de la comparación, por ejemplo, si es necesario ajustar la válvula de control 4. Si se encuentra que la presión ha excedido el valor de referencia, la unidad de control 13 transmite información de que la válvula de control 4 tiene que ser abierta, a los medios de control 4a de la válvula de control 4. En algunas realizaciones, la unidad de control 13 puede generar directamente una señal, por ejemplo, un voltaje, que efectúa un cambio en la posición de la válvula de control 4. En tal caso, los medios de control 4a de la válvula de control no son necesarios.

En consecuencia, en una situación en la que la presión ha declinado, por ejemplo, hasta un valor límite dado, la unidad de control 13 puede controlar la válvula de control 4 en la dirección de cierre, lo que reduce o impide totalmente el flujo del gas hacia la turbina 2.

Resultará obvio que la válvula de control 4 puede tener también otras posiciones además de las posiciones de abierta y cerrada, de manera que, según la situación, la cantidad de gas a ser conducida hacia la turbina 2 puede estar también en algún punto entre los valores máximo y mínimo.

5 Incluso aunque se haya dicho anteriormente que el gas es suministrado a la turbina 2 aguas abajo de la segunda etapa de turbocompresor 1b, en un turbocompresor de etapas múltiples el gas puede ser suministrado desde cualquier etapa ya sea aguas arriba o aguas abajo de las unidades de inter – y postenfriamiento 1a, 1b.

El dispositivo según la invención presente puede ser construido también en el mismo alojamiento del turbocompresor tanto en las realizaciones de etapa única o en las de etapas múltiples.

10 En algunas realizaciones, todo o parte del gas que ha fluido a través de la turbina 2 puede ser utilizado para enfriar el motor 5 del turbocompresor, los dispositivos auxiliares y/o el gas producido por el turbocompresor 10.

En algunas realizaciones de la invención, el ajuste de los compresores 1a, 1b y de la turbina 2 es realizado utilizando tecnología de alta velocidad, en la que las velocidades periféricas de los actuadores son típicamente incluso de 100 m/s o superiores. Por ejemplo, se puede usar un motor de alta velocidad como el motor 5.

15 En algunas realizaciones de la invención, los apoyos de los compresores 1a, 1b, la turbina 2 y/o el motor 5 pueden ser realizados con, por ejemplo, apoyos de aire, apoyos de gas o los llamados apoyos híbridos, esto es, como una combinación de un apoyo de aire o gas y un apoyo magnético.

Resultará obvio que la invención presente no está limitada solamente a las realizaciones presentadas anteriormente, sino que puede ser modificada dentro del ámbito de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un actuador (10) comprendiendo:
  - al menos una unidad de enfriamiento (3a, 3b);
  - al menos una etapa de turbocompresor (1a, 1b) con una salida para conducir gas comprimido en dicha al menos una etapa de turbocompresor (1a, 1b) a dicha al menos una unidad de enfriamiento (3a, 3b);
  - un eje (5a) para hacer que gire dicha al menos una etapa de turbocompresor (1a, 1b) para aumentar la presión del gas a ser suministrado al actuador (10);
  - una turbina (2); y
  - una válvula de control (4), por medio de la que el flujo del gas comprimido producido por el turbocompresor (1a, 1b) a la turbina (2) está dispuesto para ser ajustado,
- caracterizado por que** el actuador comprende además un motor (5) dispuesto para hacer que gire dicho eje (5a), y que el actuador está adaptado para usar el gas que ha fluído a través de la turbina (2) para enfriar al menos uno de los siguientes:
  - el motor (5) del turbocompresor;
  - un dispositivo auxiliar.
2. El actuador (10) según la reivindicación 1, **caracterizado por que** dicha turbina (2) está conectada a dicho eje (5a).
3. El actuador (10) según la reivindicación 2, **caracterizado por que** el actuador (10) comprende además un generador (9) conectado a dicho eje (5a).
4. El actuador (10) según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el actuador (10) comprende además un generador (9) dispuesto en una conexión de transmisión de energía con la turbina (2).
5. El actuador (10) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** el actuador (10) comprende al menos un primer turbocompresor (1a) con dicha salida de gas (1c), y una segunda etapa de turbocompresor con una entrada de gas (1d), y una primera unidad de enfriamiento (3a) conectada entre la salida (1c) de la primera etapa de turbocompresor y la entrada (1d) del segundo turbocompresor.
6. El actuador (10) según la reivindicación 5, **caracterizado por que** dicha válvula de control (4) está dispuesta para conducir gas desde la primera unidad de enfriamiento (3a) hasta la turbina (2).
7. El actuador (10) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** el actuador (10) comprende al menos una primera etapa de turbocompresor (1a) con dicha salida de gas (1c), y una segunda etapa de turbocompresor con una entrada de gas (1d) y una salida de gas (1e), una primera unidad de enfriamiento (3a) conectada entre la salida (1c) de la primera etapa de turbocompresor y la entrada (1d) de la segunda etapa de turbocompresor, y una segunda unidad de enfriamiento (3b) conectada entre la salida (1e) del segundo turbocompresor y la salida (7) del actuador.
8. El actuador (10) según la reivindicación 6, **caracterizado por que** dicha válvula de control (4) está dispuesta para conducir gas desde la segunda unidad de enfriamiento (3b) hacia la turbina (2).
9. El actuador (10) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por que** el motor (5) es un motor de alta velocidad.
10. El actuador (10) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado por que** los apoyos de la turbina (2) y/o el motor (5) comprenden apoyos de aire, apoyos de gas, o una combinación de un apoyo de aire o gas y un apoyo magnético.
11. El actuador (10) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado por que** el actuador (10) comprende además una unidad de enfriamiento (3c) conectada entre la turbina (2) y la válvula de control (4).
12. Un método para controlar un actuador (10), cuyo actuador (10) comprende al menos una unidad de enfriamiento (3a, 3b), al menos un turbocompresor (1a, 1b) con una salida para conducir gas comprimido en dicho al menos un turbocompresor (1a, 1b) al menos hasta una unidad de enfriamiento (3a, 3b), una turbina (2), una válvula de control (4), y un eje (5a) al que está conectado dicho al menos un turbocompresor (1a, 1b), de manera que en el método el eje (5a) es hecho girar para elevar la presión del gas a ser suministrado al actuador (10), y el flujo de gas comprimido producido por el turbocompresor (1a, 1b) hacia la turbina (2) es ajustado por medio de dicha válvula de control (4), **caracterizado por que** el método comprende además usar un motor (5) para hacer que gire dicho eje (5a), y usar el gas que ha fluído a través de la turbina (2) para enfriar al menos uno de los siguientes:

- el motor (5) del turbocompresor;
- un dispositivo auxiliar.

13. Un sistema de control para un actuador (10), cuyo actuador (10) comprende:

- al menos una unidad de enfriamiento (3a, 3b);
- 5
- al menos una etapa de turbocompresor (1a, 1b) con una salida para conducir gas comprimido en dicha al menos una etapa de turbocompresor (1a, 1b) hasta al menos una unidad de enfriamiento (3a, 3b),
  - un eje (5a) para hacer que gire dicha al menos una etapa de turbocompresor (1a, 1b) para elevar la presión del gas a ser suministrado al actuador (10),
  - una turbina (2), y
- 10
- una válvula de control (4), por medio de la que el flujo de gas comprimido producido por el turbocompresor (1a, 1b) que va a la turbina (2) está dispuesto para ser ajustado.

**caracterizado por que** el sistema de control comprende además un motor (5) dispuesto para hacer que gire dicho eje (5a), y porque el sistema de control está adaptado para usar el gas que ha fluido a través de la turbina (2) para enfriar al menos uno de los siguientes:

- 15
- el motor (5) del turbocompresor;
  - un dispositivo auxiliar.

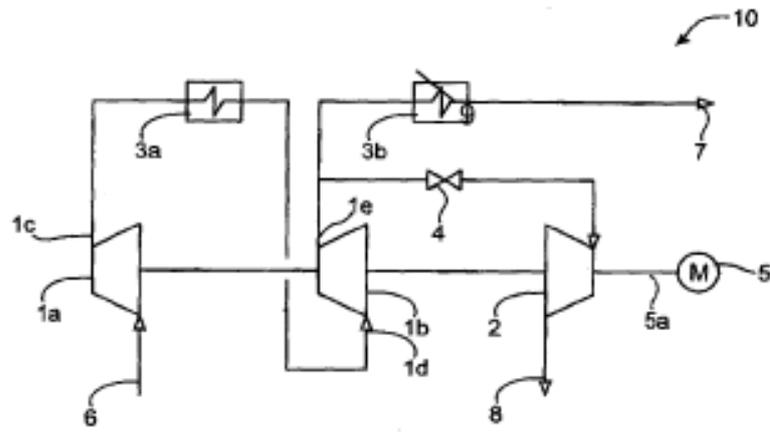


Fig. 1a

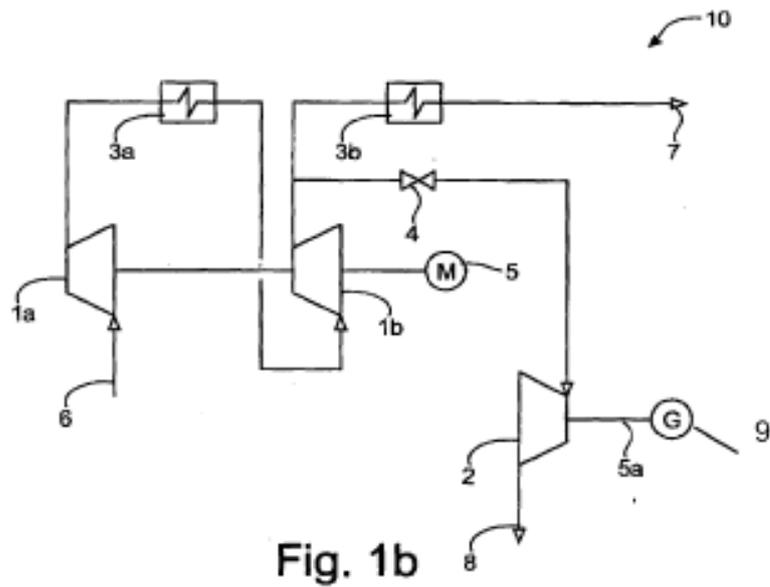


Fig. 1b

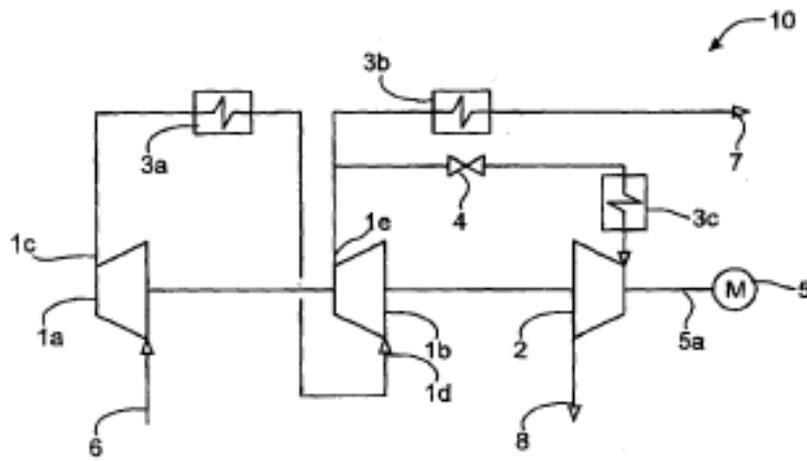


Fig. 1c

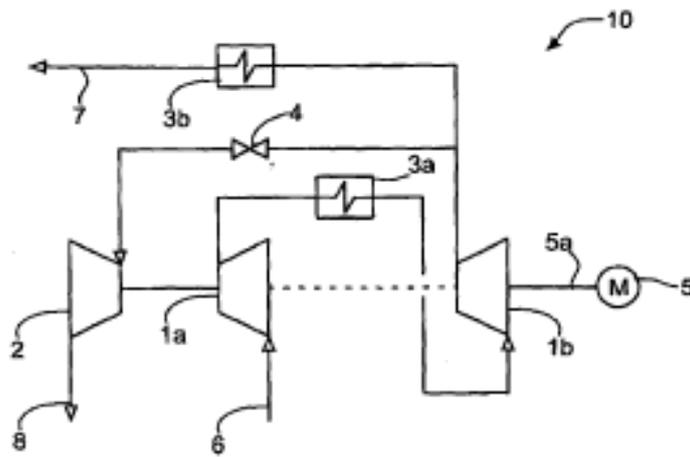


Fig. 1d

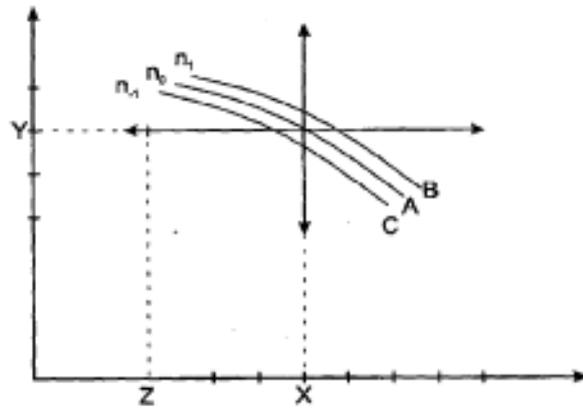


Fig. 2

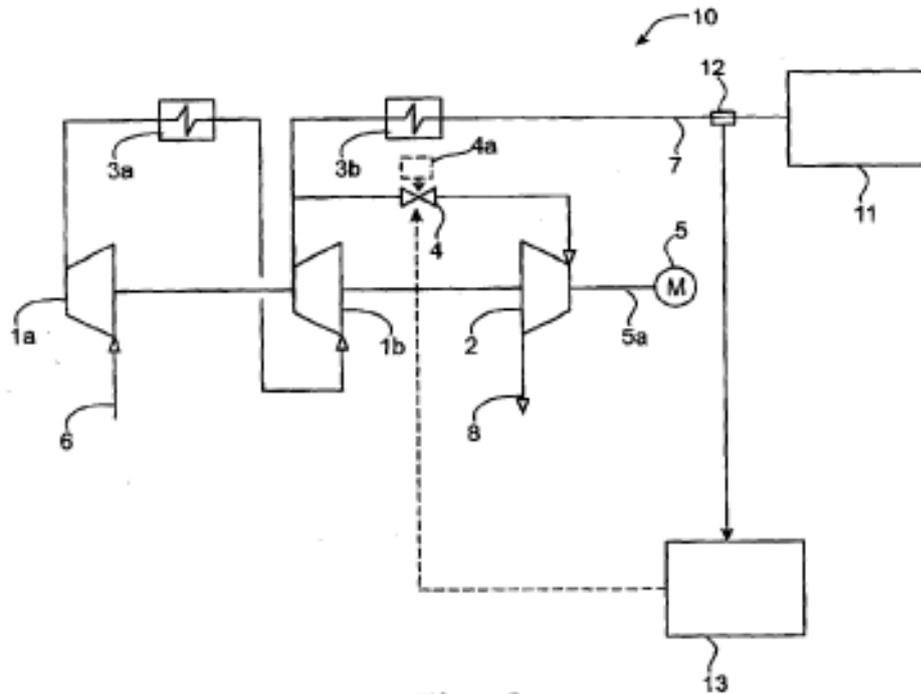


Fig. 3

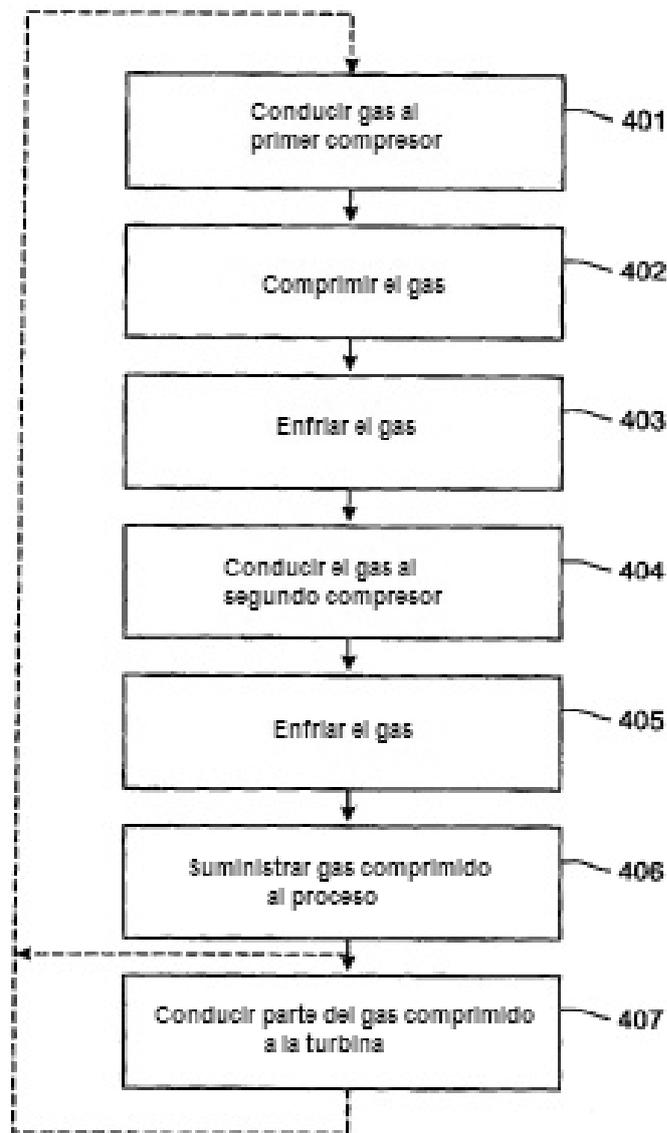


Fig. 4