

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 910 402**

51 Int. Cl.:

F04C 23/00 (2006.01)

F04C 23/02 (2006.01)

F04C 29/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.02.2019 PCT/IB2019/051075**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.10.2019 WO19197913**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.02.2019 E 19704685 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.01.2022 EP 3775557**

54 Título: **Unidad compresora multietapa y método para ajustar la velocidad de rotación de los motores**

30 Prioridad:

12.04.2018 US 201862656472 P

30.08.2018 US 201862724677 P

02.11.2018 BE 201805769

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

12.05.2022

73 Titular/es:

**ATLAS COPCO AIRPOWER, NAAMLOZE
VENNOOTSCHAP (100.0%)
Boomssteenweg 957
2610 Wilrijk, BE**

72 Inventor/es:

DE BONTRIDDER, THOMAS WILLEM I.

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 910 402 T3

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

DESCRIPCIÓN

Unidad compresora multietapa y método para ajustar la velocidad de rotación de los motores

- 5 Esta invención se refiere a una unidad compresora multietapa que comprende una entrada y una salida de gas comprimido, al menos una primera etapa de compresor que comprende un primer elemento compresor impulsado por un primer motor a través de una primera transmisión de engranajes y una segunda etapa de compresor que comprende un segundo elemento compresor impulsado por un segundo motor a través de una segunda transmisión de engranajes separada, en la que cada una de dicha primera y segunda transmisiones de engranajes comprende un engranaje impulsor conectado al primer motor o al segundo motor respectivamente, y un engranaje impulsado configurado para ser un multiplicador, cada uno de dichos engranajes impulsados está conectado a un eje de un rotor de dicho primer elemento compresor o segundo elemento compresor respectivamente, por lo que el primer motor y el segundo motor están adaptados para impulsar el primer elemento compresor y el segundo elemento compresor por separado.
- 10
- 15 Las unidades compresoras multietapas se utilizan ampliamente en la industria, teniendo tales unidades conocidas típicamente al menos dos etapas de compresor con elementos compresores impulsados por el mismo motor o por motores separados.
- 20 Si los elementos compresores son impulsados por el mismo motor, aunque estos puedan ser fiables, estas unidades compresoras experimentan una limitación en la flexibilidad de la regulación de velocidad de las dos etapas de compresor.
- En el documento WO 2017/169 595 A se puede encontrar un ejemplo de un compresor de dos etapas en el que cada etapa consta de un motor impulsado a través de un inversor.
- 25 En otro ejemplo más, el documento WO 01/31202, se proporciona un compresor multietapa en el que los elementos compresores de las etapas de compresor se impulsan por separado con base en la presión medida a la salida del compresor multietapa.
- 30 Típicamente, estas unidades compresoras conocidas incorporan un motor bastante grande que se acciona a bajas velocidades, haciéndolas ineficientes en términos de costos de fabricación y en términos de costos operativos ya que el motor no se utiliza a su máxima capacidad.
- Teniendo en cuenta los inconvenientes mencionados anteriormente, es un objeto de la presente invención proporcionar una unidad compresora multietapa que permita un aumento en la flexibilidad para ajustar la velocidad de las diferentes etapas del compresor dependiendo de sus respectivos parámetros.
- 35 Es otro objeto de la presente invención proporcionar una unidad compresora multietapa que sea eficiente tanto en términos de costes de fabricación como de costes operativos.
- 40 Otro objeto más de la presente invención es proporcionar una solución para utilizar a alta capacidad los motores que accionan los elementos compresores de las diferentes etapas de compresor.
- La presente invención resuelve al menos uno de los problemas anteriores y/u otros al proporcionar una unidad compresora de múltiples etapas que comprende una entrada y una salida de gas comprimido, al menos una primera etapa de compresor que comprende un primer elemento compresor impulsado por un primer motor a través de una primera transmisión de engranajes y una segunda etapa de compresor que comprende un segundo elemento compresor impulsado por un segundo motor a través de una segunda transmisión de engranajes separada, donde cada una de dichas primera y segunda transmisiones de engranajes comprende un engranaje impulsor conectado al primer motor o al segundo motor respectivamente, y un engranaje impulsado configurado para ser un multiplicador, cada uno de dichos engranajes impulsados está conectado a un eje de un rotor de dicho primer elemento compresor o segundo elemento compresor respectivamente, por lo que el primer motor y el segundo motor están adaptados para impulsar el primer elemento compresor y el segundo elemento compresor por separado, donde la relación de engranaje/relación de transmisión entre el engranaje impulsado y el engranaje impulsor de cualquiera de dicha primera transmisión de engranaje y segunda transmisión de engranaje se sitúa entre dos y seis.
- 45
- 50
- 55 Adoptando una relación de engranaje de este tipo entre el engranaje impulsado y el engranaje impulsor de cualquiera de dicha primera y segunda transmisiones de engranajes, la unidad compresora multietapa según la presente invención puede incorporar motores más pequeños que se impulsan a una velocidad mayor sin dejar de cumplir la demanda del usuario, aumentando la eficiencia de la unidad compresora multietapa, en comparación con las unidades compresoras existentes.
- 60
- Por lo tanto, debido a que los motores son más pequeños, no sólo se incrementa la eficiencia operativa de la unidad compresora multietapa, sino que también se reducen los costes de fabricación.
- 65 Además, la huella energética de una unidad compresora multietapa según la presente invención también se vuelve más pequeña.

Además, al usar motores más pequeños, las dimensiones y el peso de la unidad compresora multietapa disminuyen.

5 Debido a esto, la manipulación de la unidad compresora multietapa se vuelve más fácil no solo durante la fabricación sino también durante el transporte.

Usando tal diseño, las velocidades de rotación de los rotores de los respectivos elementos compresores son mayores que las respectivas velocidades de rotación de los motores, aumentando la eficiencia de la unidad compresora multietapa.

10 De hecho, debido a esta disposición, los rotores del primer elemento compresor y del segundo elemento compresor alcanzan las mismas velocidades utilizando un motor pequeño que habrían alcanzado utilizando un motor grande. Esto se traduce en una reducción de los costes globales de fabricación y de la complejidad del sistema, ya que un motor más pequeño requeriría el uso de materiales convencionales, medios de conexión convencionales y controles convencionales.

15 La presente invención se dirige además a un método para ajustar la velocidad de rotación de los motores de una unidad compresora multietapa, en donde el método comprende los siguientes pasos:

- proporcionar una primera etapa de compresor que comprende un primer elemento compresor e impulsar dicho primer elemento compresor por medio de un primer motor a través de una primera transmisión de engranajes;
- 20 - proporcionar una segunda etapa de compresor que comprende un segundo elemento compresor e impulsar dicho segundo elemento compresor por separado del primer elemento compresor por medio de un segundo motor a través de una segunda transmisión de engranajes separada;
- conectar un engranaje impulsor de cada una de la primera transmisión de engranajes y la segunda transmisión de engranajes al primer motor o segundo motor respectivamente;
- 25 - conectar un engranaje impulsado de cada una de la primera transmisión de engranajes y la segunda transmisión de engranajes a un eje de un rotor de dicho primer elemento compresor o segundo elemento compresor respectivamente, donde el método comprende además el paso de establecer la relación de engranaje entre el engranaje impulsor y el engranaje impulsado de cualquiera de dichas primera transmisión de engranajes y segunda transmisión de engranajes entre dos y seis.

30 La presente invención se dirige además a una unidad compresora multietapa que comprende al menos un primer elemento compresor y un segundo elemento compresor y al menos un primer motor y un segundo motor para impulsar, cada uno por separado, otro de dicho primer elemento compresor y segundo elemento compresor a través de una primera transmisión de engranajes y una segunda transmisión de engranajes separadas, comprendiendo cada una de dichas primera transmisión de engranajes y segunda transmisión de engranajes un engranaje impulsor conectado a un motor respectivo de dicho primer motor o segundo motor, y un engranaje impulsado que se conecta a un eje de un rotor de uno de dicho primer elemento compresor o segundo elemento compresor, donde la relación entre el número de dientes del engranaje impulsor y el número de dientes del engranaje impulsado de cualquiera de dichas primera transmisión por engranajes y segunda la transmisión por engranajes está situada entre dos y seis.

40 En el contexto de la presente invención, debe entenderse que los beneficios presentados anteriormente con respecto a la unidad compresora multietapa también son válidos para el método para ajustar la velocidad de rotación.

45 Con la intención de mostrar mejor las características de la invención, a continuación se describen a modo de ejemplo, sin carácter limitativo, algunas configuraciones preferidas según la presente invención, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 ilustra esquemáticamente una unidad compresora multietapa según una realización de la presente invención;

50 La figura 2 ilustra esquemáticamente un ejemplo de la primera etapa de compresor según una realización de la presente invención;

La figura 3 ilustra esquemáticamente una unidad compresora multietapa según una realización de la presente invención;

55 La figura 4 ilustra esquemáticamente una vista lateral de la unidad compresora multietapa según la figura 3;

La figura 5 ilustra esquemáticamente una vista rotada de la unidad compresora multietapa de la figura 3;

60 La figura 6 ilustra esquemáticamente una unidad compresora multietapa según otra realización de la presente invención; y

La figura 7 ilustra esquemáticamente una representación de diagrama de flujo del método según una realización de la presente invención.

65 La figura 1 ilustra una unidad compresora multietapas 1, en este caso en forma de una unidad compresora de dos etapas que comprende una primera etapa de compresor 2 y una segunda etapa de compresor 3 que suministran gas comprimido

a la red 4 de un usuario.

Dicha primera etapa de compresor 2 comprende un primer elemento compresor 5 que tiene una entrada 6 y una salida de gas comprimido 7.

El primer elemento compresor 5 siendo impulsado por un primer motor 8 a través de una primera transmisión de engranajes 9.

Normalmente, una transmisión de engranajes de este tipo 9 se recibe dentro de una carcasa, y el conjunto se conoce normalmente como caja de engranajes.

De manera similar, la segunda etapa de compresor 3 comprende un segundo elemento compresor 10 que tiene una entrada 11 y una salida de gas comprimido 12. El segundo elemento compresor 10 es accionado por un segundo motor 13 a través de una segunda transmisión de engranajes 14.

Debido a tal diseño, se logra una regulación de velocidad independiente.

Sin embargo, no debe excluirse que la unidad compresora multietapa 1 según la presente invención también pueda comprender más de dos etapas de compresor, como por ejemplo y sin limitación: tres, cuatro o incluso más.

En el contexto de la presente invención, la unidad compresora multietapa 1 debe entenderse como la instalación completa de compresor, incluidos los elementos compresores 5 y 10, todas las tuberías y válvulas de conexión típicas, la cubierta y posiblemente los motores 8 y 13 que accionan los elementos compresores 5 y 10.

En el contexto de la presente invención, el elemento compresor debe entenderse como la carcasa del elemento compresor en la que tiene lugar el proceso de compresión, típicamente por medio de uno o más rotores.

Cada una de dichas primera transmisión de engranajes 9 y segunda transmisión de engranajes 14 comprende un engranaje impulsor y un engranaje impulsado acoplados entre sí.

Considerando la primera etapa de compresor 2, el engranaje impulsor está montado sobre un eje de motor de un rotor de dicho primer motor 8, y el engranaje impulsado está montado sobre un eje del primer elemento compresor 5.

De manera similar, el engranaje impulsor de la segunda transmisión de engranajes 14 se monta sobre un eje de motor de un rotor de dicho segundo motor 13 y el engranaje impulsado se monta sobre un eje del segundo elemento compresor 10.

Durante el funcionamiento, el eje de motor y, en consecuencia, el engranaje impulsor, giran, haciendo girar también el engranaje impulsado y, en consecuencia, los rotores en el elemento compresor 5.

Debido a que el engranaje impulsado está construido como un multiplicador, la velocidad de rotación del engranaje impulsado, durante la operación, es mayor que la del engranaje impulsor. En consecuencia, los rotores en el primer elemento compresor 5 y en el segundo elemento compresor 10 alcanzarán velocidades de rotación más altas que el rotor de sus respectivos motores.

Cada uno de dichos primer elemento compresor 5 y segundo elemento compresor 10 comprende típicamente dos rotores: un rotor macho y un rotor hembra (no mostrado) que se entrelazados entre sí.

Cada uno de dichos rotores comprende un eje, por lo que preferiblemente, pero sin limitarse a ello, el eje del rotor macho está conectado al engranaje impulsado de la transmisión de engranajes respectiva.

No debe excluirse que el eje del rotor hembra se pueda conectar al engranaje impulsado en lugar del eje del rotor macho.

El uso de una transmisión de engranajes de este tipo ofrece la ventaja de la flexibilidad en términos de rango de velocidad.

Además, cuanto menor es la relación de engranaje entre el engranaje impulsado y el engranaje impulsor de dicha transmisión de engranajes, mayor es la velocidad del primer motor 8 y del segundo motor 13 respectivamente, lo que permite ahorros potenciales en costos. Sin embargo, por encima de cierta velocidad, se requieren medidas adicionales para hacer frente a los desafíos técnicos.

Preferiblemente, la relación de engranaje entre el engranaje impulsado y el engranaje impulsor se sitúa entre dos y seis, caso en el que el primer motor 8 y el segundo motor 13 no requieren medidas adicionales. En consecuencia, los motores se utilizan a alta capacidad, lo que se traduce en menores costos operativos.

Eligiendo una relación de velocidad entre dos y seis, la velocidad máxima y mínima de los rotores de la primera etapa de compresor 2 y de la segunda etapa de compresor 3, respectivamente, se mantienen en un rango nominal. En

consecuencia, la temperatura dentro de la carcasa del elemento compresor de la primera etapa de compresor 2 y de la segunda etapa de compresor 3 también se puede mantener dentro de los límites deseados, protegiendo los componentes y aumentando potencialmente la vida útil de la unidad de compresor multietapa 1.

5 Al adoptar una relación de velocidad entre dos y seis para el primer motor 8 y para el segundo motor 13, se permite que la velocidad del motor respectivo sea mayor que en las unidades convencionales, sin necesidad de refuerzos adicionales y sin medios adicionales para enfriar el motor o los rodamientos. En consecuencia, los costes operativos y de fabricación se mantienen bajos.

10 En los sistemas convencionales, la relación de engranaje entre el rotor del motor y el rotor del elemento compresor se elige normalmente por encima de 6, incorporando dichos sistemas un motor más grande que funciona a baja velocidad. Dado que el motor no funciona a su máxima capacidad, la eficiencia del sistema no es óptima y los costos operativos son más altos.

15 Los sistemas más nuevos elegirían una relación de engranaje por debajo de 2 para aumentar la eficiencia, pero al ir a velocidades tan altas, se requerirían refuerzos adicionales del rotor del primer motor 8 y del segundo motor 13.

Además, un motor más grande requeriría elementos y materiales de conexión especiales que pudieran resistir las altas vibraciones y las altas temperaturas que se encuentran cuando funciona a plena capacidad.

20 Además, las altas velocidades de rotación del primer motor 8 y/o del segundo motor 13 requieren altas frecuencias de conmutación del convertidor de frecuencia, lo que significa mayores desafíos en términos de controles.

Además, velocidades de rotación tan elevadas requerirían materiales especiales utilizados para la fabricación del motor, medios especiales para contener los imanes en su interior y medios de enfriamiento especiales.

25 En una realización preferida según la presente invención, pero sin limitarse a la misma, dichos primero y segundo elementos compresores 5 y 10 pueden seleccionarse como elementos compresores de tornillo o dentados, ya sea sin aceite o con inyección de aceite.

30 En otra realización preferida según la presente invención, cada uno de dichos primer motor 8 y segundo motor 13 comprende un convertidor de frecuencia (no mostrado) para cambiar la velocidad de rotación de los respectivos motores 8 y 13.

35 En una realización preferida según la presente invención, el primer motor 8 y el segundo motor 13 permiten un cambio de velocidad a través de cada uno de los convertidores de frecuencia de forma independiente entre sí.

Debido a que la disposición de la unidad compresora multietapa 1 se elige de tal manera, no solo aumenta la flexibilidad del sistema, sino que la unidad compresora multietapa 1 puede adaptarse de acuerdo con las condiciones específicas del sistema.

40 En consecuencia, la regulación independiente de la velocidad permite mejorar el rendimiento de la unidad compresora multietapa 1 en función de las condiciones ambientales y operativas.

45 En una realización preferida según la presente invención, pero sin limitarse a ella, la primera etapa de compresor 2 y la segunda etapa de compresor 3 están conectadas en serie. En consecuencia, la salida de gas comprimido 7 de la primera etapa de compresor 2 está conectada de forma fluida a la entrada 11 del segundo elemento compresor 10, y la salida de gas comprimido 12 de la segunda etapa de compresor 3 está conectada de forma fluida a la red de usuario 4 (figura 1).

50 Sin embargo, no debe excluirse que la primera etapa de compresor 2 se pueda conectar en paralelo con la segunda etapa de compresor 3. En tal caso, la entrada de las dos etapas de compresor se derivaría de una entrada común y las dos salidas de gas comprimido se conectarían a una salida común que llegaría a la red de usuario.

55 En una realización preferida según la presente invención, la unidad compresora multietapa 1 comprende una unidad de enfriamiento 15 para enfriar un gas comprimido que sale del primer elemento compresor 5 o el segundo elemento compresor 10.

Dicha unidad de enfriamiento 15 se coloca entre la primera etapa de compresor 2 y la segunda etapa de compresor 10 o entre la segunda etapa de compresor 10 y la red de usuario 4.

60 Preferiblemente, la unidad de enfriamiento 15 se coloca en el conducto de fluido entre la primera etapa de compresor 2 y la segunda etapa de compresor 10.

65 Normalmente, la unidad de enfriamiento 15 comprende dos secciones: una primera sección de canales a través de los cuales fluye el gas comprimido y una segunda sección a través de la cual fluye un refrigerante, siendo la temperatura del refrigerante típicamente mucho más baja que la del gas comprimido. En consecuencia, el gas comprimido que sale de la

ES 2 910 402 T3

primera etapa de compresor 3 se enfría pasando a través de la unidad de enfriamiento 15, antes de ser dirigido a través de la entrada del segundo elemento compresor 10 donde se comprime más.

5 El refrigerante en la unidad de enfriamiento 15 se selecciona del grupo que comprende: aire, agua, aceite o cualquier otro refrigerante.

En otra realización según la presente invención, pero sin carácter limitativo, el refrigerante puede comprender además un aditivo como, por ejemplo, glicol.

10 En una realización según la presente invención, la unidad compresora multietapa 1 comprende además una unidad controladora 16 conectada al primer motor 8 a través de un primer enlace de comunicación 17 y al segundo motor 13 a través de un segundo enlace de comunicación 18.

15 Preferiblemente, pero sin limitarse a ello, la unidad controladora 16 está conectada a través de dicho primer enlace de comunicación 17 a un convertidor de frecuencia adaptado para aumentar o disminuir la velocidad del primer motor 8.

De manera similar, la unidad controladora 16 está conectada a través del segundo enlace de comunicación 18 a un convertidor de frecuencia adaptado para aumentar o disminuir la velocidad del segundo motor 13.

20 La unidad controladora 16 que determina la velocidad de dicho primer motor 8 y de dicho segundo motor 13 y que genera una señal eléctrica para cada uno de los convertidores de frecuencia.

25 En una realización preferida según la presente invención, la unidad compresora multietapa 1 típicamente comprende una serie de sensores como por ejemplo: un primer sensor de presión 23 y/o un primer sensor de temperatura 25 posicionado en la salida de gas comprimido 7 del primer elemento compresor 5 y un segundo sensor de presión 24 y/o un segundo sensor de temperatura 26 posicionado en la salida de gas comprimido 12 del segundo elemento compresor 10.

30 Midiendo la presión y/o temperatura en la salida de gas comprimido 7 de la primera etapa de compresor 2 y en la salida de gas comprimido 12 de la segunda etapa de compresor 3 y considerando los requerimientos del gas comprimido a nivel de la red de usuario 4, la velocidad de rotación del primer motor 8 y del segundo motor 13 se pueden determinar de manera que se mantenga una condición de funcionamiento óptima de la unidad compresora multietapa 1.

35 En otra realización según la presente invención, la unidad controladora 16 está adaptada para recibir datos de medición de dicho(s) sensor(es) de presión 23 y/o 24, y/o sensor(es) de temperatura 25 y/o 26, a través de un tercer enlace de comunicación 19 y un cuarto enlace de comunicación 27, respectivamente.

40 Durante el diseño de la unidad compresora multietapa 1, se determina el patrón de funcionamiento de la unidad compresora 1, considerando los parámetros de los diferentes elementos compresores, sus dimensiones geométricas y considerando el comportamiento ideal al comprimir gas. En consecuencia, se realiza una representación gráfica o una matriz mediante la cual se puede encontrar la relación entre la velocidad del motor y la presión en la salida del gas comprimido.

45 Dicho gráfico o matriz puede usarse para determinar la velocidad del primer motor 8 y del segundo motor 13 con base en las respectivas mediciones de presión y/o temperatura y los requisitos en la red de usuario.

50 En otra realización según la presente invención, la unidad controladora 16 puede utilizar además una representación del caudal másico sobre la presión del primer elemento compresor 5 y del segundo elemento compresor 10 para determinar el estado de equilibrio de la unidad compresora multietapa. 1 y cambiar la velocidad del primer motor 8 y del segundo motor 13 de manera que se mantenga el estado de equilibrio.

55 En tal estado, la eficiencia de la unidad de enfriamiento 15 es óptima. Adicionalmente, la relación de presión entre el segundo elemento compresor 10 y el primer elemento compresor 5 se mantiene en parámetros nominales lo que significa que se evita la situación en la que la diferencia de presión entre las etapas sería muy alta. En consecuencia, no se permite que la temperatura de cada uno de los elementos compresores 5 y 10 se eleve a niveles muy altos, lo que afectaría potencialmente el funcionamiento de las respectivas etapas de compresor 2 y 3.

60 En consecuencia, no solo se reducen los costos operativos, sino que también los elementos compresores 5 y 10 están protegidos de alcanzar temperaturas muy altas, niveles de presión muy bajos o muy altos y el primer y el segundo motor 8 y 13 están protegidos de funcionar a velocidades fuera del rango nominal.

En una situación ideal, el estado de equilibrio todavía se mantiene incluso cuando la velocidad del primer motor 8 y/o del segundo motor 13 se reduce.

65 Sin embargo, en situaciones de la vida real, las pruebas han demostrado que los parámetros para los cuales se alcanza el estado de equilibrio, se desplazan en la representación de caudal másico sobre presión, una vez que los motores experimentan una variación de la velocidad, lo que puede conducir a una situación en la que la presión en la salida de

ES 2 910 402 T3

gas comprimido 7 llega a ser muy alta debido a una velocidad muy baja a la que se acciona el primer motor 8.

Esta situación no es deseada y la unidad controladora 16 ayuda a prevenir los valores de presión alta en la salida de gas comprimido 7 del primer elemento compresor 5 y en la salida de gas comprimido 12 del segundo elemento compresor 10 mediante el ajuste individual de la velocidad del primer motor 8 y del segundo motor 13.

Normalmente, el primer elemento compresor 5 define el volumen de gas comprimido que se entrega a nivel de la red del usuario 4, mientras que el segundo elemento compresor 10 define la presión del gas comprimido entregado en la red del usuario 4.

Si el sistema llega a una situación en la que la velocidad de los rotores del primer elemento compresor 5 se reduce significativamente por un cambio de demanda a nivel de la red del usuario y los rotores del segundo elemento compresor 10 se mantienen a la misma velocidad, el valor de la presión en la salida de gas comprimido 7 del primer elemento compresor 5 y, en consecuencia, el nivel de temperatura, pueden aumentar a niveles muy altos.

La unidad controladora 16 evita esta situación mediante el ajuste individual de la velocidad del segundo motor 13 y considerando las medidas de presión y/o temperatura en la salida de gas comprimido 7 de la primera etapa de compresor 2.

Debido a tal ajuste de la velocidad, los rangos de velocidad de la primera etapa de compresor 2 y de la segunda etapa de compresor 3 se amplían de hecho.

En consecuencia, cuando el primer motor 8 está funcionando a velocidades muy bajas, la presión y la temperatura medidas en la salida de gas comprimido 7 del primer elemento compresor 5 se vuelven muy altas, alcanzando o casi alcanzando el límite de funcionamiento. Cuando se encuentra tal situación, en lugar de detener la unidad compresora multietapa 1, se realiza preferentemente un ajuste de la velocidad al nivel de la segunda etapa de compresor 3. En consecuencia, al aumentar la velocidad del segundo motor 13, la presión al nivel de la salida de gas comprimido 7 del primer elemento compresor 5 disminuye y la unidad compresora multietapa 1 se mantiene por lo tanto en parámetros nominales.

De esta forma, se permite que el primer motor 8 funcione incluso a velocidades más bajas que el mínimo establecido, lo que aumenta la confiabilidad de la unidad compresora multietapa 1.

Lo mismo se aplica si, en la salida de gas comprimido 12 del segundo elemento compresor 10, se alcanzan valores extremos en términos de presión o temperatura, siendo estos valores ajustados a través de un ajuste de la velocidad de rotación del primer motor 8.

En los compresores conocidos, cuando la primera etapa de compresor funciona a bajas velocidades de rotación, la presión medida al nivel del primer elemento compresor aumenta y la fuga encontrada al nivel del segundo elemento compresor también aumenta, lo que es perjudicial para el funcionamiento de la unidad.

Sin embargo, mediante el uso de una unidad compresora multietapa 1 según la presente invención, se evita tal situación.

En consecuencia, el primer elemento compresor 5 y el segundo elemento compresor 10 se impulsan por separado a través de transmisiones de engranajes separadas, de manera que se puede mantener un estado de equilibrio entre la presión y el caudal másico entre las dos etapas regulando la presión del gas comprimido en la salida de gas comprimido 7 del primer elemento compresor 5.

Al mantener el estado de equilibrio, la unidad compresora multietapas 1 será más eficiente en términos de consumo de energía y las etapas compresoras 2 y 3 se mantendrán en parámetros nominales de trabajo.

Debido a que el primer elemento compresor 5 y el segundo elemento compresor 10 se impulsan por separado a través del primer motor 8 y el segundo motor 13 y debido a que la relación de engranaje está situada entre dos y seis, la unidad compresora multietapa 1 utiliza motores que son más fáciles de controlar, tales motores tienen un mejor control dinámico. En consecuencia, el primer motor 8 y el segundo motor 13 se mantienen fácilmente en un estado operativo estable y se controlan con mayor precisión.

Debido a que el control dinámico de los motores define la dinámica de la unidad compresora multietapas 1 como un todo, dicha unidad compresora multietapas 1 puede utilizar un software más simple.

En el contexto de la presente invención, el primer enlace de comunicación 17, el segundo enlace de comunicación 18, el tercer enlace de comunicación 19 y el cuarto enlace de comunicación 27 pueden seleccionarse cada uno como un enlace de comunicación alámbrico o inalámbrico.

En el caso de una conexión por cable, se proporciona un cable eléctrico que permite transmitir una señal eléctrica a través de elementos conectores en cada extremo de dicho cable para conectar la unidad controladora 16 y los componentes

respectivos.

5 En el caso de una conexión inalámbrica, una conexión entre dos componentes comprende un transmisor y un receptor en comunicación entre sí y que permiten enviar una señal eléctrica a través de ellos, o cada uno puede comprender un transceptor que permite una comunicación en ambas direcciones.

En una realización según la presente invención, al menos uno de dichos primeros motores 8 o segundo motor 13 es un motor eléctrico.

10 En otra realización más según la presente invención y sin limitarse a ella, al menos un motor eléctrico es un motor VSD (accionamiento de velocidad variable, "variable speed drive").

15 Los desafíos y los rangos de velocidad relacionados dependen del tamaño del motor eléctrico (2). Para superar esta dependencia, según una característica preferida de la invención, al menos uno de entre el primer motor 8 y/o el segundo motor 13 está configurado de manera que el producto de la potencia nominal, en kW, y el cuadrado de la velocidad nominal, en rpm, se sitúa en un rango entre $0,0006 \times 10E12$ y $0,025 \times 10E12$.

20 Normalmente los costes asociados a un motor disminuyen con el aumento del valor del producto entre la potencia nominal y el cuadrado de la velocidad nominal. Se encuentra tal situación hasta que, debido a limitaciones técnicas, se alcanza un límite. Si es necesario cruzar dicho límite, se deben elegir motores y sistemas de control más costosos.

25 En otra realización según la presente invención, al menos uno de dicho primer motor 8 y/o segundo motor 13 puede configurarse de manera que el producto de la potencia máxima, en kW, y el cuadrado de la velocidad máxima, en rpm, se sitúa en un rango entre $0,0006 \times 10E12$ y $0,025 \times 10E12$.

En otra realización según la presente invención, la primera etapa de compresor 2 y la segunda etapa de compresor 3 se reciben dentro de una carcasa (no mostrada).

30 Para reducir el espacio ocupado por la unidad compresora multietapa 1 y mejorar el flujo de gas, se prefiere orientar al menos uno de dicho primer elemento compresor 5 o segundo elemento compresor 10 y el primer motor 8 o segundo motor 13 que lo impulsa en al menos un primer elemento compresor 5 o un segundo elemento compresor 10, transversalmente con respecto a la dirección del lado más largo de la unidad compresora multietapa 1 y, en consecuencia, el lado más largo de la carcasa (figura 3).

35 Normalmente, el motor que impulsa un elemento compresor se monta junto a dicho elemento compresor y en la continuación del mismo, ya que el motor impulsa directamente un rotor del elemento compresor. Debido a la transmisión de engranajes, el eje de rotación del rotor del elemento compresor se desplaza del eje de rotación del rotor de los respectivos motores pero se mantiene paralelo al mismo.

40 El eje de rotación del elemento compresor define un eje A-A' como se muestra en la figura 3.

45 Preferiblemente, al menos una de dichas primera etapa de compresor 2 y segunda etapa de compresor 3 están montadas de tal manera que el eje A-A' que definen esté posicionado transversalmente con respecto a la dirección del lado más largo de la unidad compresora multietapa 1.

Preferiblemente, pero sin limitarse a ello, tanto el primer elemento compresor 5 como el primer motor 8 y el segundo elemento compresor 10 y el segundo motor 13 están orientados transversalmente con respecto a la dirección del lado más largo de la unidad compresora multietapa 1 y, en consecuencia, el lado más largo de la carcasa.

50 Por razones de estandarización, preferiblemente, se utilizan motores eléctricos idénticos para diferentes elementos compresores. Más específicamente, las dimensiones de los motores son preferiblemente idénticas.

55 Por motivos de compatibilidad electromagnética, los convertidores de frecuencia se pueden colocar en un primer cubículo 20 y la unidad controladora 16 y la electrónica de control respectiva en un segundo cubículo 21. Dichos primero y segundo cubículos 20 y 21, se colocan preferiblemente uno al lado del otro, en un lado del cabezal de la unidad compresora multietapa 1.

60 Es decir, una vez montados, el primer cubículo 20 y el segundo cubículo 21 definen un eje B-B', correspondiente al lado más largo de la carcasa. Preferiblemente, el eje A-A' es paralelo o aproximadamente paralelo al eje B-B'.

En otra realización según la presente invención, y sin limitarse a ella, la segunda etapa de compresor 3 se puede montar en paralelo con la primera etapa de compresor 2.

65 En otra realización más de acuerdo con la presente invención, para un flujo de gas mejorado a través de la unidad compresora multietapa 1, la segunda etapa de compresor 3 se puede girar 180° con respecto a la primera etapa de compresor 2, como se muestra en la figura 6. En consecuencia, el primer motor 8 se montará en paralelo con el segundo

elemento compresor 10 y el segundo motor 13 se montará en paralelo con el primer elemento compresor 5.

Debido a tal disposición, la trayectoria del gas al pasar a través de la unidad 1 de compresor multietapa se vuelve más corta.

5

En otra realización según la presente invención, el primer motor 8 y el segundo motor 13 pueden estar enfriados por aire o por líquido.

10

Preferiblemente, por razones de robustez, al menos uno de dichos primer motor 8 y segundo motor 13 está enfriado por líquido.

Preferiblemente, pero sin limitarse a ello, tanto el primer motor 8 como el segundo motor 13 están enfriados por líquido.

15

En una realización preferida según la presente invención, pero sin limitarse a la misma, al menos uno de dichos primer motor 8 y segundo motor 13 se enfría con el mismo líquido que el primer elemento compresor 5 o segundo elemento compresor 10 que es impulsado por este primer motor 8 o segundo motor 13, respectivamente.

20

Para lograr un enfriamiento eficiente y una unidad compresora multietapas compacta 1 que requiera un número mínimo de componentes y medios de conexión, al menos un motor 8 y/o 13, y el elemento compresor 5 y/o 10, que se enfrían con el mismo líquido, comprenden un circuito de enfriamiento que comprende dicho líquido, estando configurado dicho circuito de enfriamiento de manera que este motor 8 y/o 13, y el elemento compresor asociado 5 y/o 10, se enfríen en serie.

25

Preferiblemente, pero sin limitarse a ello, cada uno del primer motor 8 y segundo motor 13 comprende canales de enfriamiento a través de su carcasa de motor, a lo largo de la circunferencia de dicha carcasa de motor, aumentando la eficiencia de enfriamiento.

30

De manera similar, la carcasa del compresor de cada uno de dichos primer elemento compresor 5 y segundo elemento compresor 10 puede comprender canales de enfriamiento a lo largo de la circunferencia de la carcasa del compresor respectivo.

35

En otra realización según la presente invención, para llegar a una unidad compresora multietapa 1 aún más compacta, una salida de gas comprimido de al menos uno de dicho primer elemento compresor 5 o segundo elemento compresor 10 está conectada a la unidad de enfriamiento 15, y colocado encima de esta unidad de enfriamiento 15.

40

En otra realización preferida, pero sin limitarse a ella, el primer elemento compresor 5 se coloca encima de la unidad de enfriamiento 15 y el segundo elemento compresor 10 se coloca encima de la segunda unidad de enfriamiento 22.

45

Preferiblemente, pero sin limitarse a ello, la conexión entre el primer elemento compresor 5 y la unidad de enfriamiento 15 y/o la conexión entre el segundo elemento compresor 10 y la segunda unidad de enfriamiento 22 están configuradas preferentemente para soportar dicho primer elemento compresor 5 y/o dicho segundo elemento compresor 10.

50

En otra realización según la presente invención, el primer motor 8 que impulsa el primer elemento compresor 5 se coloca junto con el primer elemento compresor 5 encima de la unidad de enfriamiento 15.

Más preferiblemente, pero sin limitarse a ello, el segundo motor 13 que impulsa el segundo elemento compresor 10 y el segundo elemento compresor 10 se colocan encima de la segunda unidad de enfriamiento 22.

55

Preferiblemente, pero no necesariamente, la salida de enfriamiento de cada uno de dichos primer motor 8 y segundo motor 13 está conectada a una entrada de enfriamiento de dicha unidad de enfriamiento 15 o segunda unidad de enfriamiento 22 respectivamente, o una entrada de enfriamiento de cada uno de dichos primer motor 8 y segundo motor 13 está conectada a una salida de enfriamiento de dicha unidad de enfriamiento 15 o segunda unidad de enfriamiento 22 respectivamente.

60

En otra realización según la presente invención, la conexión entre uno de dicho primer elemento compresor 5 y/o dicho segundo elemento compresor 10 y la unidad de enfriamiento 15 se realiza por medio de una pieza de conexión 28, estando configurada dicha pieza de conexión 28 para soportar este primer elemento compresor 5 o segundo elemento compresor 10.

65

En otra realización preferida según la presente invención y sin limitarse a ella, dicho al menos uno de dicho primer elemento compresor 5 o segundo elemento compresor 10 está conectado al respectivo primer motor 8 o segundo motor 13 por medio de una segunda pieza de conexión, dicha segunda pieza de conexión está configurada para soportar este primer elemento compresor 5 o segundo elemento compresor 10. Adoptando tal disposición, la unidad compresora

ES 2 910 402 T3

multietapa 1 según la presente invención es muy compacta. Además, se puede lograr un procedimiento de mantenimiento fácil con un acceso fácil y estandarizado a los diferentes componentes.

5 En otra realización según la presente invención, y sin carácter limitativo, la unidad compresora multietapa 1 puede comprender dos o más elementos compresores impulsados por el primer motor 8 y/o por el segundo motor 13 (no mostrado).

10 Como ejemplo, la primera etapa de compresor 2 puede comprender dicho primer elemento compresor 5 y al menos un elemento compresor adicional (no mostrado) conectado en serie o en paralelo con el primer elemento compresor 5.

15 De manera similar, la segunda etapa de compresor 3 puede comprender dicho segundo elemento compresor 10 conectado en serie o en paralelo con al menos un elemento compresor adicional (no mostrado).

20 Otra posibilidad es que la unidad compresora multietapa 1 comprenda una conexión a una primera red de usuario, recibiendo la primera red de usuario gas comprimido de una conexión de derivación de la salida de gas comprimido 7 de la primera etapa de compresor 2, por ejemplo. Mientras que otra red de usuario recibiría gas comprimido desde una conexión de derivación desde la salida de gas comprimido 12 de la segunda etapa de compresor 3.

25 El funcionamiento de la unidad compresora multietapa 1 es muy simple y como sigue.

30 La unidad compresora multietapa 1 se enciende y el primer motor 8 y el segundo motor 13 hacen girar los rotores del primer elemento compresor 5 a través de la primera transmisión de engranajes 9 y los rotores del segundo elemento compresor 10 a través de la segunda transmisión de engranajes. transmisión 14 a una velocidad respectiva seleccionada por la unidad controladora 16 de manera que se satisfaga la demanda en la red de usuario 4.

35 Preferiblemente, la salida de gas comprimido 7 de la primera etapa de compresor 2 está conectada a una entrada de una unidad de enfriamiento 15 y una salida de gas de la unidad de enfriamiento 15 a una entrada 11 del segundo elemento compresor 10.

40 La presión en la salida de gas comprimido 7 de la primera etapa de compresor 2 y en la salida de gas comprimido 12 de la segunda etapa de compresor 3 se miden por medio de un primer sensor de presión 23 y un segundo sensor de presión 24 respectivamente, en el paso 100 de la figura 7, y envían a través del tercer enlace de comunicación 19 a la unidad controladora 16.

45 En una realización según la presente invención, la unidad controladora 16 es preferiblemente capaz de ajustar la velocidad de rotación del primer motor 8 con base en la presión medida en la salida de gas comprimido 12 de la segunda etapa de compresor 3 y la velocidad de rotación del segundo motor 13 con base en la presión medida en la salida de gas comprimido 7 de la primera etapa de compresor 2.

50 La unidad controladora 16 comparará, en el paso 101, la presión medida en la salida de gas comprimido 12 de la segunda etapa de compresor 3, del paso 124, con una primera referencia de presión, del paso 102, correspondiente a la presión requerida en la salida de gas comprimido 12 del segundo elemento compresor 10 y por tanto, la presión deseada en la red de usuario 4.

55 Si la comparación revela que los dos valores son diferentes, la unidad controladora 16 determina la velocidad de rotación del primer motor 8, en el paso 103 y genera una señal eléctrica a través del primer enlace de comunicación 17 al convertidor de frecuencia de la primera etapa de compresor 2, y ajusta la velocidad de rotación del primer motor 8, paso 104.

60 Con base en la primera referencia de presión 102, la unidad controladora 16 identifica, en el paso 105, una segunda referencia de presión, 104, al nivel de la unidad de enfriamiento 15, considerando el patrón de funcionamiento de la unidad compresora multietapa 1, determinado durante el diseño.

65 No hace falta decir que la unidad controladora 16 comprende una unidad de procesamiento (no mostrada) capaz de realizar cálculos y una unidad de memoria (no mostrada) mediante la cual se pueden almacenar diferentes datos y cálculos.

70 Preferiblemente, el patrón de funcionamiento de la unidad compresora multietapa 1 puede guardarse en la unidad de memoria antes de que la unidad compresora 1 salga de fábrica, o puede guardarse allí en cualquier momento después de que la unidad compresora 1 salga de fábrica.

75 La segunda referencia de presión identificada, paso 104, se compara posteriormente con la presión medida en la salida de gas comprimido 7 de la primera etapa de compresor 2, en el paso 123. Si el resultado de la comparación revela que los dos valores son diferentes, la unidad controladora 16 determina preferentemente la velocidad de rotación del segundo motor 13, en el paso 106, genera una señal eléctrica a través del segundo enlace de comunicación 18 al convertidor de frecuencia de la segunda etapa de compresor 3, y ajusta la velocidad de rotación del segundo motor 13, en el paso 107.

ES 2 910 402 T3

- 5 Al ajustar la velocidad de rotación, debe entenderse que la señal eléctrica generada por la unidad controladora 16 determinó que el convertidor de frecuencia respectivo aumentara o disminuyera la velocidad de rotación del primer motor 8 o del segundo motor 13 respectivamente de tal manera que la primera referencia de presión y/o la segunda referencia de presión se alcanzan.
- La segunda referencia de presión es seleccionada preferentemente por la unidad controladora 16 de modo que se mantenga un estado de equilibrio entre la primera etapa de compresor 2 y la segunda etapa de compresor 3.
- 10 En una realización preferida según la presente invención y sin limitarse a ella, la unidad controladora 16 comprende un controlador Proporcional Integral (PI) para determinar la velocidad de rotación necesaria del primer motor 8 y/o del segundo motor 13.
- 15 En otra realización según la presente invención, la unidad controladora 16 puede comprender dos controladores PI, cada uno utilizado para determinar la velocidad del primer motor 8 y del segundo motor 13 respectivamente.
- Estos controladores realizan los cálculos en los pasos 103 y 106.
- 20 En otra realización según la presente invención, y sin limitarse a ella, el método comprende además el paso de ajustar la velocidad de rotación del segundo motor 13 multiplicando la velocidad de rotación del primer motor 8 por una ganancia predefinida, en el paso 108.
- La ganancia predefinida se determina a partir del patrón de funcionamiento de la unidad compresora multietapa 1.
- 25 En otra realización más y sin limitarse a ella, el método comprende además el paso de ajustar la velocidad de rotación del segundo motor 13 multiplicando la velocidad de rotación del primer motor 8 con una ganancia calculada, calculada sumando la ganancia predefinida correspondiente a una situación ideal a una ganancia determinada calculada por un controlador PI considerando las mediciones de la unidad compresora multietapa 1.
- 30 La ganancia predefinida es calculada en función de la velocidad de rotación del primer motor 8 y la presión deseada en la red de usuario 4 considerando un comportamiento de la unidad compresora multietapas 1 según una situación ideal y con base en un modelo de cálculo teórico de la unidad compresora multietapa 1.
- 35 Mientras que la ganancia determinada se calcula en función de la velocidad de rotación del primer motor 8 y la presión deseada en la red de usuario 4 considerando el comportamiento real de la unidad compresora multietapas 1.
- Implementando tal método, se realiza una determinación más precisa de la velocidad de rotación del segundo motor 13. En consecuencia, se mantiene un estado de equilibrio de la unidad compresora multietapa 1 durante su funcionamiento.
- 40 Dependiendo del diseño de la unidad compresora multietapas 1, dicha unidad compresora multietapas 1 puede comprender algunas o incluso todas las características técnicas presentadas aquí, en cualquier combinación sin salirse del alcance de la invención.
- 45 Por características técnicas se entiende al menos: la conexión en serie entre las etapas de compresor, el número de compresores incluidos en cada etapa de compresor y la conexión de los mismos, el primer y el segundo elemento compresor 5 y 10 pueden seleccionarse como elementos compresores de tornillo o de dientes, ya sea sin aceite o con inyección de aceite, cada uno del primer motor 8 y el segundo motor 13 comprende un convertidor de frecuencia, el uso del patrón de funcionamiento, el uso de una representación del caudal másico sobre la presión, al menos uno del primer motor 8 o el segundo motor 13 es un motor eléctrico, al menos uno de los motores eléctricos es un motor con accionamiento de velocidad variable (VSD), el posicionamiento del elemento compresor y el motor encima de la respectiva
- 50 unidad de enfriamiento 15 y/o 22, la unidad compresora multietapas 1 comprende: la unidad de enfriamiento 15, la segunda unidad de enfriamiento 22, la unidad controladora 16, el primer enlace de comunicación 17, el segundo enlace de comunicación 18, el primer sensor de presión 23, el primer sensor de temperatura 25, el segundo sensor de presión 24, el segundo sensor de temperatura 26, el tercer enlace de comunicación 19, el cuarto enlace de comunicación 27, la
- 55 pieza de conexión 28, etc.
- La presente invención no se limita de ninguna manera a los ejemplos discutidos anteriormente y mostrados en los dibujos, sin embargo, una unidad compresora multietapa según la presente invención se puede realizar en todas las formas y dimensiones, sin apartarse del alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Una unidad compresora multietapa que comprende al menos un primer elemento compresor (5) y un segundo elemento compresor (10) y al menos un primer motor (8) y un segundo motor (13) para impulsar, cada uno por separado, otro de dicho primer elemento compresor (5) y segundo elemento compresor (10) a través de una primera transmisión de engranajes (9) y una segunda transmisión de engranajes (14) separadas, cada una de dichas primera transmisión de engranajes y segunda transmisión de engranajes (14) que comprende un engranaje impulsor conectado a un motor respectivo de dicho primer motor (8) o segundo motor (13), y un engranaje impulsado que está conectado a un eje de un rotor de uno de dicho primer elemento compresor (5) o segundo elemento compresor (10), donde la relación entre el número de dientes del engranaje impulsor y el número de dientes del engranaje impulsado de cualquiera de dicha primera transmisión de engranajes (9) y la segunda transmisión de engranajes (14) está situada entre dos y seis.
2. La unidad compresora multietapa (1) según la reivindicación 1, caracterizada porque comprende una entrada (6) y una salida de gas comprimido (12), al menos una primera etapa de compresor (2) que comprende un primer elemento compresor (5) impulsado por el primer motor (8) a través de la primera transmisión de engranajes (9) y la segunda etapa de compresor (3) que comprende el segundo elemento compresor (10) impulsado por el segundo motor (13) a través de la segunda transmisión de engranajes separada (14), donde el engranaje impulsado está configurado para ser un multiplicador, por lo que el primer motor (8) y el segundo motor (13) están adaptados para impulsar la primera etapa de compresor (2) y la segunda etapa de compresor (3) por separado.
3. La unidad compresora multietapa según la reivindicación 1 ó 2, que comprende además una unidad de enfriamiento (15) para enfriar un gas comprimido que sale del primer elemento compresor (5) o el segundo elemento compresor (10).
4. La unidad compresora multietapa según la reivindicación 3, que comprende además una unidad controladora (16) conectada al primer motor (8) a través de un primer enlace de comunicación (17) y al segundo motor (13) a través de un segundo enlace de comunicación (18).
5. La unidad compresora multietapa según la reivindicación 4, caracterizada porque la unidad compresora multietapa (1) comprende un primer sensor de presión y/o un primer sensor de temperatura colocado en la salida de gas comprimido (7) del primer elemento compresor (5) y un segundo sensor de presión y/o un segundo sensor de temperatura posicionado en la salida de gas comprimido (12) del segundo elemento compresor (10) y la unidad controladora (16) está adaptada para recibir datos de medición de dicho(s) sensor(es) de presión y/o sensor(es) de temperatura a través de un tercer enlace de comunicación (19).
6. La unidad compresora multietapa según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada porque al menos uno de dicho primer motor (8) y/o segundo motor (13) está configurado de manera que el producto de la potencia nominal, en kW, y el cuadrado de la velocidad nominal, en rpm, se sitúa en un rango entre $0,0006 \times 10E12$ y $0,025 \times 10E12$.
7. La unidad compresora multietapas según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, donde al menos uno de dichos motores está configurado de manera que el producto de la potencia máxima, en kW, y el cuadrado de la velocidad máxima, en rpm, se sitúa en un rango entre $0,0006 \times 10E12$ y $0,025 \times 10E12$.
8. La unidad compresora multietapa según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizada porque al menos uno de dichos elementos compresores (5, 10) y el motor (8, 13) que impulsa este al menos un elemento compresor (5, 10), están orientados transversalmente en relación con la dirección del lado más largo de la unidad compresora multietapa (1).
9. La unidad compresora multietapa según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizada porque dicha unidad compresora multietapa (1) comprende además un primer cubículo (20) que comprende uno o más convertidores de frecuencia, y un segundo cubículo (21) que comprende electrónica de control, dichos primer y segundo cubículos (20, 21) están separados entre sí.
10. La unidad compresora multietapa según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizada porque al menos uno de dicho primer motor (8) o segundo motor (13) está enfriado con el mismo líquido que el primer elemento compresor (5) o segundo elemento compresor (10) que es impulsado por este primer motor (8) o segundo motor (13).
11. La unidad compresora multietapa según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizada porque una salida de gas comprimido (7, 12) de al menos uno de dicho primer elemento compresor (5) o segundo elemento compresor (10) está conectada a un sistema de enfriamiento (15), y colocado encima de esta unidad de enfriamiento (15).
12. La unidad compresora multietapas según la reivindicación 11, caracterizada porque la conexión entre uno de dicho primer elemento compresor (5) y/o dicho segundo elemento compresor (10) y la unidad de enfriamiento (15) se realiza por medio de una pieza de conexión (28), estando configurada dicha pieza de conexión (28) para soportar este primer elemento compresor (5) o segundo elemento compresor (10).

13. La unidad compresora multietapas según la reivindicación 11 ó 12, caracterizada porque el primer motor (8) que impulsa el primer elemento compresor (5) está colocado junto con el primer elemento compresor (5) encima de la unidad de enfriamiento (15) y/o el segundo motor (13) que impulsa el segundo elemento compresor (10), y el segundo elemento compresor (10) se coloca encima de la segunda unidad de enfriamiento (22).

5

14. Un método para ajustar la velocidad de rotación de los motores de una unidad compresora multietapas (1), donde el método comprende los siguientes pasos:

10 - proporcionar una primera etapa de compresor (2) que comprende un primer elemento compresor (5) e impulsar dicho primer elemento compresor (5) por medio de un primer motor (8) a través de una primera transmisión de engranajes (9);

- proporcionar una segunda etapa de compresor (3) que comprende un segundo elemento compresor (10) e impulsar dicho segundo elemento compresor (10) por separado del primer elemento compresor (5) por medio de un segundo motor (13) a través de una segunda transmisión de engranajes separada (14);

15 - conectar un engranaje impulsor de cada uno de la primera transmisión de engranajes (9) y la segunda transmisión de engranajes (14) al primer motor (8) o segundo motor (13) respectivamente;

- conectar un engranaje impulsado de cada una de la primera transmisión de engranajes (9) y la segunda transmisión de engranajes (14) a un eje de un rotor de dicho primer elemento compresor (5) o segundo elemento compresor (10) respectivamente;

20 caracterizado porque el método comprende además el paso de establecer la relación de engranaje entre el engranaje impulsor y el engranaje impulsado de cualquiera de dicha primera transmisión de engranajes (9) y segunda transmisión de engranajes (14) entre dos y seis.

25 15. El método según la reivindicación 14, que comprende además el paso de conectar una salida de gas comprimido (7) de la primera etapa de compresor (2) a una entrada de una unidad de enfriamiento (15) y una salida de gas de la unidad de enfriamiento (15) a una entrada (11) de la segunda etapa de compresor (3) y medir la presión en la salida de gas comprimido (7) de la primera etapa de compresor (2) y en la salida de gas comprimido (12) de la segunda etapa de compresor (3).

30 16. El método según la reivindicación 15, que comprende además el paso de ajustar la velocidad de rotación del primer motor (8) con base en la presión medida en la salida de gas comprimido (12) de la segunda etapa de compresor (3) y la velocidad de rotación del segundo motor (13) con base en la presión medida en la salida de gas comprimido (7) de la primera etapa de compresor (2).

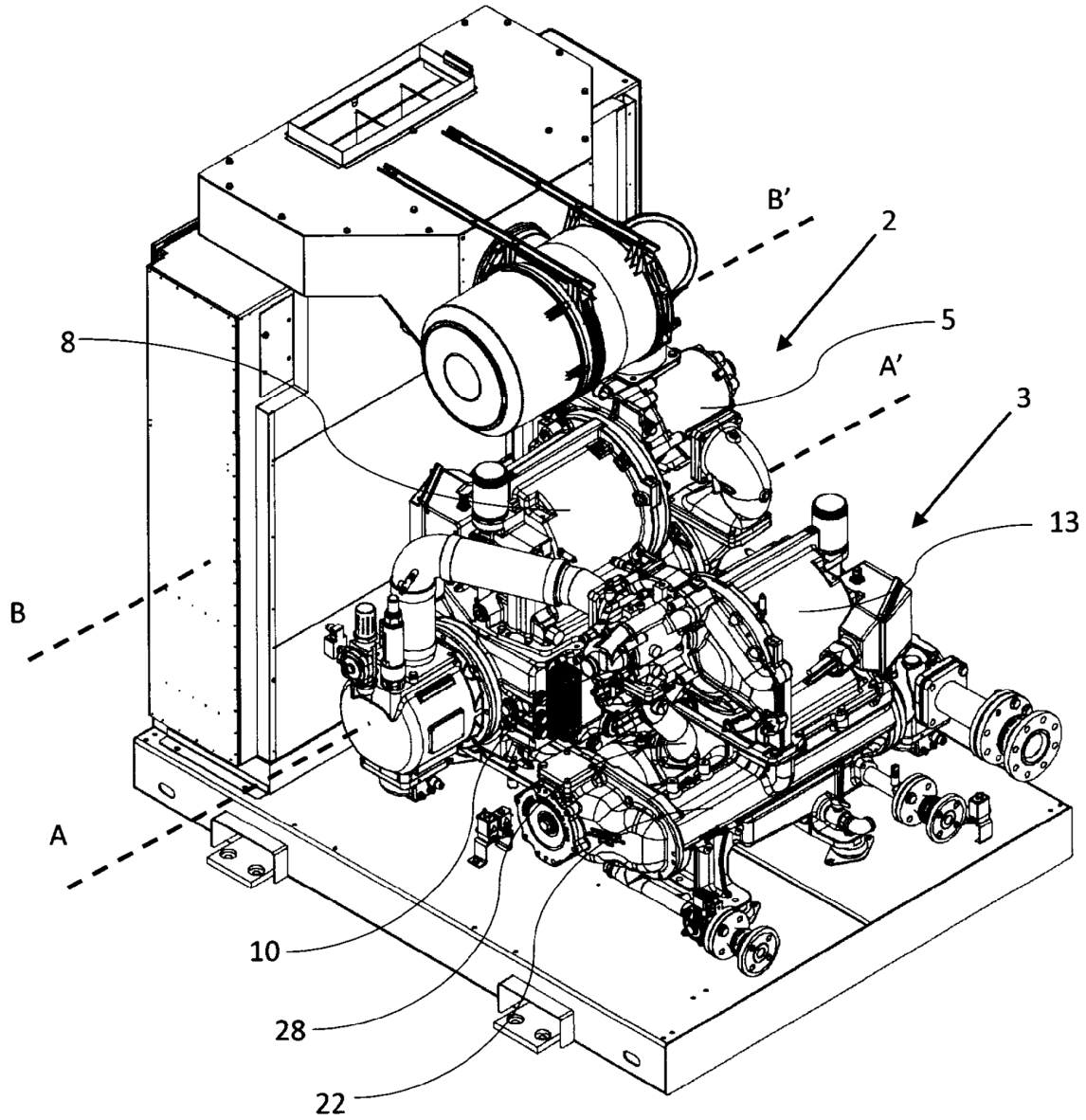


Figura 3

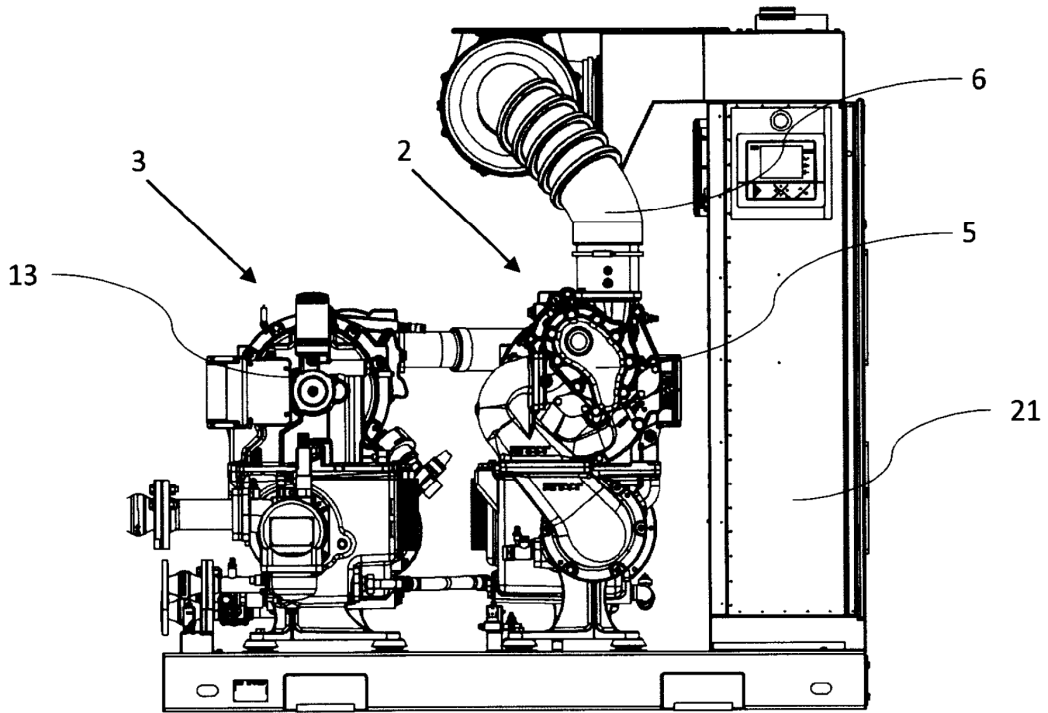


Figura 4

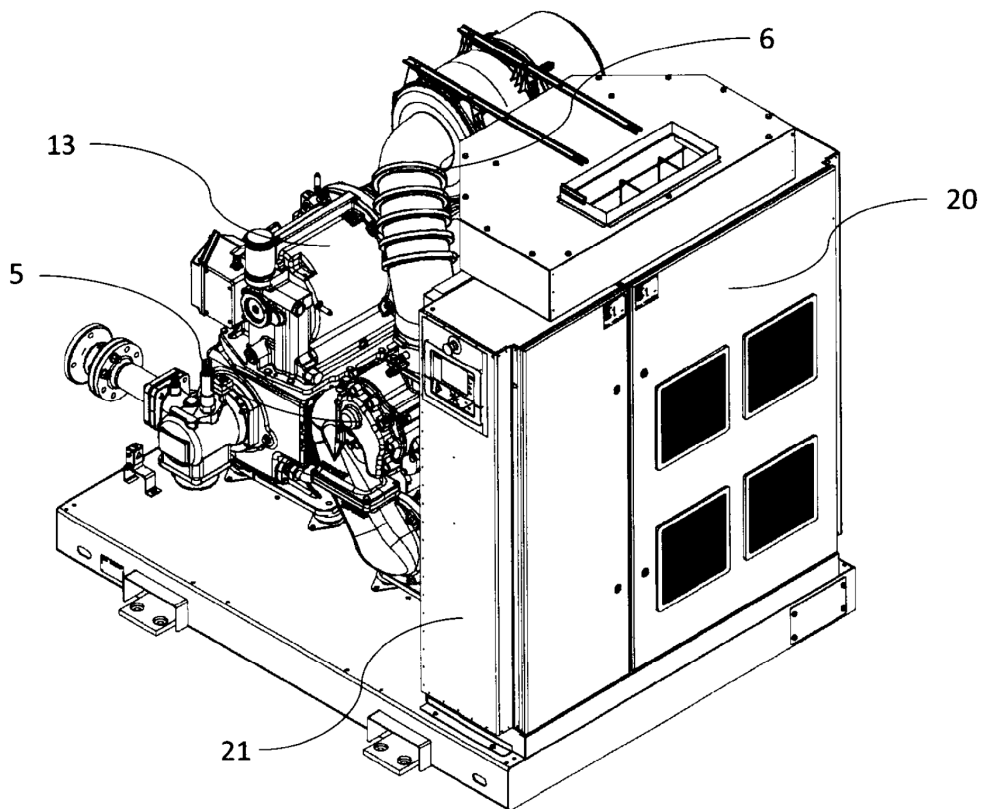


Figura 5

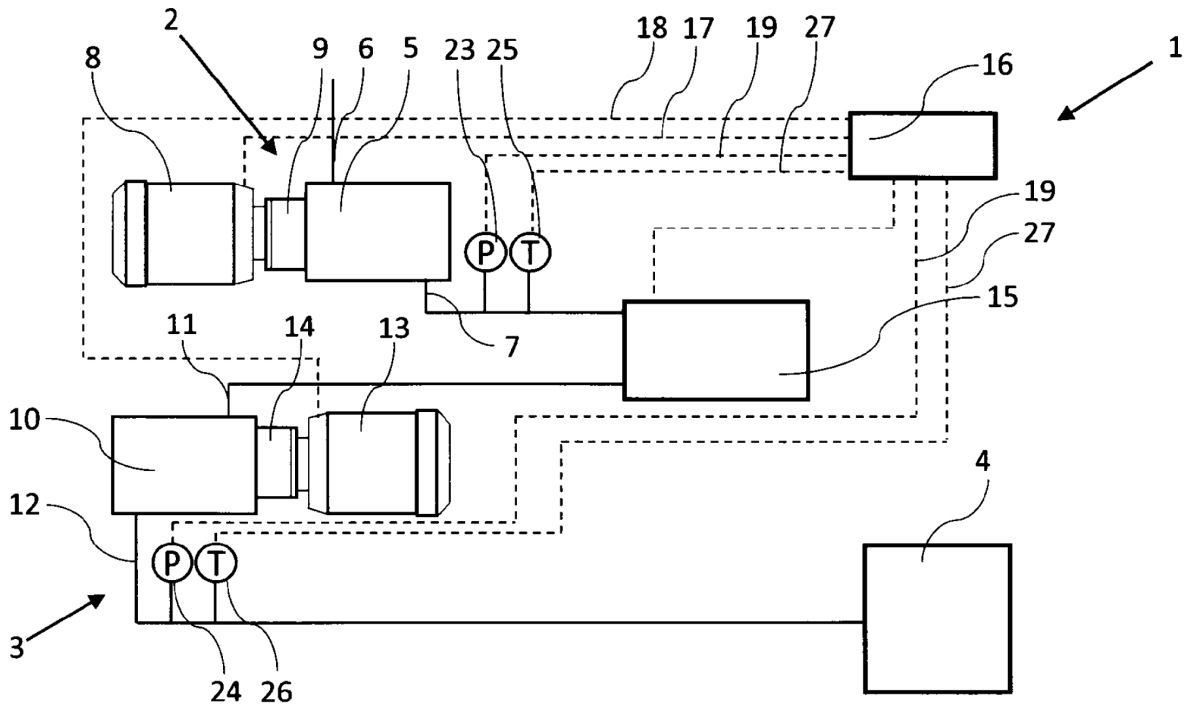


Figura 6

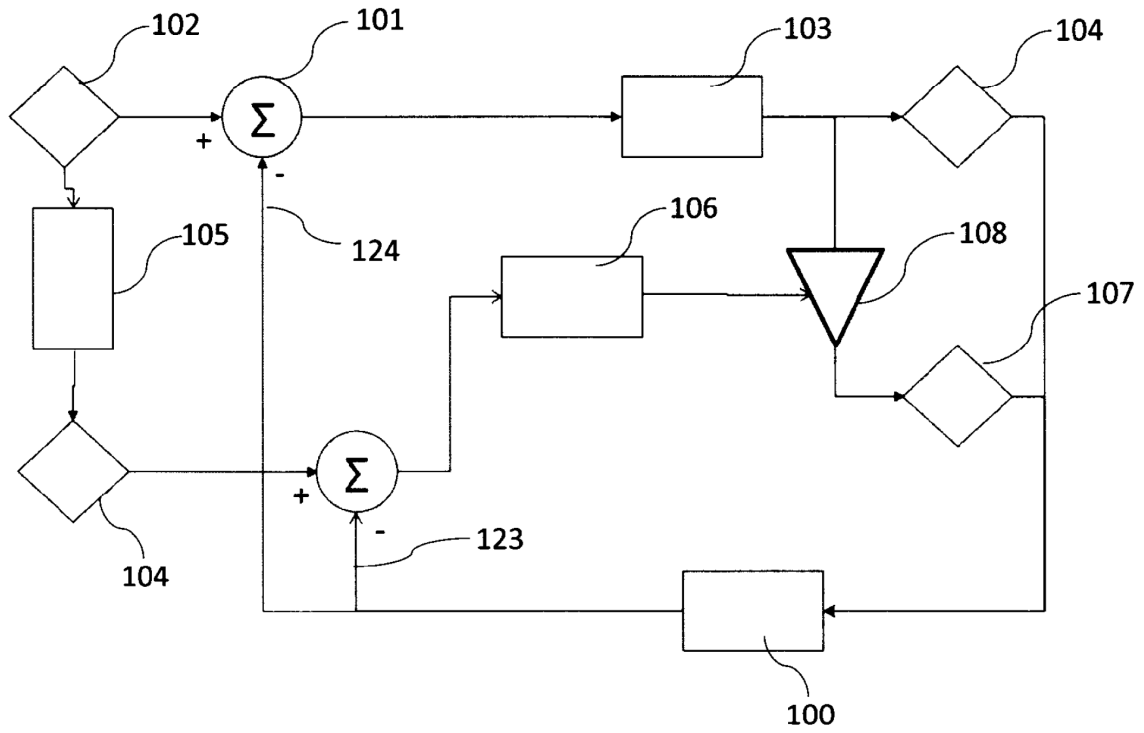


Figura 7