

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 778 827**

51 Int. Cl.:

F04D 27/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.10.2017** **E 17306506 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.12.2019** **EP 3477116**

54 Título: **Método para controlar la presión de salida de un compresor**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.08.2020

73 Titular/es:

CRYOSTAR SAS (100.0%)
2 Rue de l'Industrie, ZI BP 48
68220 Hesingue, FR

72 Inventor/es:

DARRY, MARINA

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 778 827 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

Método para controlar la presión de salida de un compresor

5 Esta invención se refiere a un método para controlar la presión de salida de un compresor y a un sistema de control para implementar dicho método. De manera más particular, se refiere al control de un compresor centrífugo multietapa con el fin de evitar que entre en un área de estrangulamiento.

En particular, se refiere al suministro de gas natural a un motor o a otra máquina para realizar un trabajo. Este motor o máquina, (y el compresor) pueden estar a bordo de un vehículo (barco, tren, ...) o en tierra. El gas a la entrada del compresor procede, por ejemplo, de un almacenamiento de GNL (gas natural licuado). Por lo tanto, puede estar a una temperatura baja (por debajo de -100 °C). Puede ser gas evaporado o líquido vaporizado.

10 Tal como es ampliamente conocido por un experto en el tema de los compresores, un compresor y también un compresor multietapa trabaja únicamente en unas condiciones determinadas que dependen de las características del compresor. La utilización de compresores centrífugos está limitada por una parte por las condiciones de estrangulamiento y por otra por las condiciones de bombeo.

15 El estrangulamiento se produce cuando el flujo pasa a ser demasiado elevado con relación al trabajo específico aportado. Por ejemplo, en un compresor con una velocidad constante, el trabajo específico aportado debe ser mayor que un valor determinado.

El bombeo se produce cuando disminuye el flujo de gas en el compresor, de modo que el compresor no pueda mantener una presión de descarga suficiente. En este caso, la presión a la salida del compresor puede pasar a ser menor que la presión a la entrada. Esto puede dañar el compresor (rotor y/o eje).

20 Es ampliamente conocido en la técnica anterior la protección de un compresor de una condición de bombeo por medio de una línea "antibombeo", que conecta la salida del compresor con sus entradas y está dotada de una válvula de derivación.

El documento WO 2010/012559 A2 expone un método y un aparato para controlar un compresor con el fin de evitar las condiciones de estrangulamiento.

25 La patente de EE. UU. n.º 4.526.513 expone un método y un aparato para el control de compresores de tuberías. De manera más particular, este documento hace referencia a las condiciones de bombeo de los compresores. No obstante, esta indica que si hay estrangulamiento, es necesario añadir unidades de compresores adicionales en línea. Esta solución ya no se puede aplicar, y si se puede, es una solución costosa.

30 Existen muchos tipos de motores que funcionan con gas natural (GNL). Un tipo de motores se conoce como los motores XDF. Un motor XDF requiere un compresor con una presión de descarga variable. Este compresor es, por ejemplo, un compresor centrífugo multietapa. En el caso de un punto de referencia de descarga demasiado bajo, el compresor, o la última etapa del compresor, puede entrar en el área de estrangulamiento.

Un objeto de la presente invención es la provisión de un sistema de control para un compresor, en concreto un compresor multietapa, para evitar las condiciones de estrangulamiento.

35 Para satisfacer este objeto u otros, un primer aspecto de la presente invención propone un método para controlar un compresor que comprende al menos un controlador de carga de la última etapa y del compresor, una primera presión de salida del punto de referencia, correspondiente a una presión necesitada por el dispositivo consumidor, que se determina en el controlador de carga.

De acuerdo con esta invención, este método comprende los pasos de:

- 40 a- medir la temperatura a la entrada de la última etapa,
 b- medir la relación entre la presión de salida y la presión de entrada de la última etapa del compresor,
 c- calcular un coeficiente en función de al menos el valor de la temperatura de entrada y de la relación de presiones medida,

45 d- si el coeficiente calculado está dentro de un rango predeterminado, cambiar la primera presión de salida del punto de referencia por una segunda presión de salida del punto de referencia mayor que la primera presión de salida del punto de referencia, hasta que el coeficiente calculado con la segunda presión de salida del punto de referencia esté fuera del rango predeterminado, y

e- adaptar la presión del fluido que sale del compresor en un regulador de presión hasta la primera presión de salida del punto de referencia correspondiente a la presión necesitada por el dispositivo consumidor.

De una forma original, el método se basa en el cálculo de un coeficiente que depende de la temperatura y de las presiones, y de manera original también propone aumentar la presión por encima de la presión necesaria en la salida de la última etapa del compresor.

5 En una primera realización de este método, el coeficiente calculado en el paso c puede ser un coeficiente calculado mediante la multiplicación de la temperatura de entrada del compresor por un logaritmo de la relación de la presión de salida y la presión de entrada.

Una realización preferida de este método prevé que el coeficiente calculado en el paso c es un coeficiente de trabajo específico aportado:

$$\Psi = 2 * \Delta h / U^2$$

10 donde:

Δh es la elevación isentrópica de entalpía en la última etapa,

U es la velocidad de la punta de los álabes del rotor,

y de modo que

$$\Delta h = R * T_{ent} * \ln (P_{sal}/P_{ent}) / MW$$

15 donde:

R es una constante,

T_{ent} es la temperatura del gas a la entrada de la última etapa,

P_{sal} es la presión a la salida de la última etapa,

P_{ent} es la presión a la entrada de la última etapa, y

20 PM es el peso molecular del gas que atraviesa el compresor.

En esta realización, se supone que el gas es un gas ideal y que la transformación es isentrópica y adiabática. Esta aproximación ofrece buenos resultados en las realidades industriales.

25 En el método definido anteriormente, el paso d puede ser el siguiente: si el coeficiente calculado es menor que un valor predeterminado, la segunda presión de salida del punto de referencia es tal que el coeficiente calculado con esta segunda presión de salida del punto de referencia es igual al valor predeterminado.

En un método descrito anteriormente, el compresor puede ser, por ejemplo, un compresor multietapa. En ese caso, al menos una etapa del compresor comprende de manera conveniente una válvula de difusor variable y el controlador de carga del compresor puede ajustar, por ejemplo, la presión de descarga del compresor accionando al menos una válvula de difusor variable.

30 La invención también se refiere a un sistema de suministro de gas con un compresor que comprende:

- al menos una etapa del compresor, la denominada última etapa,
- un controlador de carga del compresor,
- un sensor de temperatura para medir la temperatura a la entrada de la última etapa,
- un primer sensor de presión para medir la presión a la entrada de la última etapa,

35 caracterizado por que el sistema comprende además:

- un regulador de presión aguas abajo con respecto a la última etapa, y
- medios para implementar un método tal como el descrito en la presente anteriormente.

40 Este sistema puede suministrar gas para un dispositivo consumidor que puede ser un motor o una unidad de combustión de gas. En este sistema de suministro de gas, al menos una etapa del compresor comprende, por ejemplo, una válvula de difusor variable.

El compresor de este sistema de suministro de gas puede ser un compresor centrífugo multietapa. Este compresor

multietapa puede ser un compresor de cuatro etapas o seis etapas.

En un sistema de suministro de gas de acuerdo con la invención, cada etapa puede comprender un rotor, y todos esos rotores pueden estar conectados mecánicamente.

5 Ahora se describirán estas y otras características de la invención haciendo referencia a las figuras adjuntas, que hacen referencia a realizaciones preferidas, aunque no limitantes, de la invención.

Las figuras 1 y 2 ilustran dos ejemplos de una posible implementación de la invención.

Los mismos números de referencia que se indican en figuras diferentes designan elementos idénticos o elementos con una función idéntica.

10 La figura 1 muestra un compresor multietapa que en este ejemplo es un compresor de cuatro etapas. Cada etapa 10, 20, 30, 40 del compresor, que se muestra de manera esquemática en la figura 1, comprende un rotor centrífugo con una velocidad fija. Las etapas están acopladas mecánicamente mediante un eje 2 y/o una caja de engranajes. Los rotores pueden ser similares aunque también pueden ser diferentes, por ejemplo, con diámetros diferentes.

15 Una línea de suministro 4 alimenta el gas al compresor, de manera más particular a la entrada de la primera etapa 10 del compresor. Las etapas del compresor se cuentan a lo largo del flujo del gas a través del compresor. La primera etapa 10 se corresponde con el rotor colocado aguas arriba y la cuarta o última etapa se corresponde con el rotor colocado aguas abajo. El gas puede ser, por ejemplo, un gas vaporizado desde un depósito de almacenamiento a bordo de un barco o en tierra.

20 Después de pasar a través de la primera etapa 10, el gas se alimenta mediante una primera línea entre etapas 12 a la entrada de la segunda etapa 20. Después de pasar a través de la segunda etapa 20, el gas se alimenta mediante una segunda línea entre etapas 22 a la entrada de la tercera etapa 30. Después de pasar a través de la tercera etapa 30, el gas se alimenta mediante una tercera línea entre etapas 32 a la entrada de la cuarta etapa 40 (última etapa).

25 Después de la cuarta etapa 40, el gas comprimido se puede enfriar en un enfriador posterior 5 antes de ser conducido mediante una línea de suministro 6 a un regulador de presión 100 y posteriormente a un motor 200 o a otro dispositivo.

30 El compresor comprende una primera línea de reciclaje 8 que puede tomar el gas comprimido a la salida de la primera etapa 10 y lo puede suministrar a la entrada de la primera etapa 10. Una primera válvula de derivación 70 controla el paso de gas a través de la primera línea de reciclaje 8. Tal como se ilustra en las figuras, el gas se puede enfriar total o parcialmente o no enfriarse mediante un enfriador intermedio 72, antes de ser enviado a la entrada de la primera etapa 10. Aguas abajo con respecto a la primera válvula de derivación 70, la primera línea de reciclaje 8 puede tener dos ramificaciones, una dotada del enfriador intermedio 72 y una válvula de control y la otra únicamente con una válvula de control.

35 En el ejemplo mostrado en la figura 1, se prevé una segunda línea de reciclaje 74. Puede extraer gas comprimido a la salida de la cuarta etapa 40, preferentemente aguas abajo del enfriador posterior 5, y lo puede suministrar a la primera línea entre etapas 12, a la entrada de la segunda etapa 20. Una segunda válvula de derivación 76 controla el paso de gas a través de la segunda línea de reciclaje 74.

40 El compresor también comprende un sensor de temperatura 78, un primer sensor de presión 81, un segundo sensor de presión 82 y un tercer sensor de presión 83. El sensor de temperatura 78 mide la temperatura del gas a la entrada de la cuarta etapa 40 o última etapa. Este sensor se dispone, por ejemplo, en la tercera línea entre etapas 32, preferentemente cerca de la entrada de la última etapa. También se puede integrar en la entrada de la última etapa. El primer sensor de presión 81 mide la presión a la entrada de la cuarta etapa 40, por ejemplo, en el mismo punto que el sensor de temperatura 78. El segundo sensor de presión 82 mide la presión a la salida de la cuarta etapa 40, preferentemente aguas arriba del enfriador posterior 5. El segundo sensor de presión 82 está integrado, por ejemplo, en la salida de la última etapa. El tercer sensor de presión 83 mide la presión después del enfriador posterior 5 aguas abajo con respecto al punto de conexión de la segunda línea de reciclaje 74.

45 El compresor mostrado en la figura 2 es un compresor de seis etapas. Cada etapa 10, 20, 30, 40, 50 y 60 de este compresor comprende también un rotor centrífugo y estos rotores están conectados mecánicamente a través de un eje 2 y/o una caja de engranajes. Los rotores puede ser similares aunque también pueden ser diferentes, por ejemplo, con diámetros diferentes.

50 También se observa en la figura 2 una línea de suministro 4 que alimenta el gas al compresor, una primera línea entre etapas 12, una segunda línea entre etapas 22 y una tercera línea entre etapas 32. Como hay seis etapas en este compresor, este también tiene una cuarta línea entre etapas 42, que conecta la salida de la cuarta etapa 40 con la entrada de la quinta etapa 50, y por último una quinta línea entre etapas 52, entre la salida de la quinta etapa 50

del compresor y la entrada de su sexta etapa 60, que en este caso es la última etapa.

5 En esta realización de seis etapas, el gas comprimido se puede enfriar, por ejemplo, después de la tercera etapa 30 y después de la sexta etapa 60 en un enfriador posterior 5, 5'. El enfriador posterior 5 se monta en la tercera línea entre etapas 32 y el enfriador posterior 5' enfría el gas comprimido antes de que sea conducido mediante la línea de suministro 6 a un motor 200 o a otro dispositivo a través de un regulador de presión 100.

El compresor mostrado en la figura 2 también comprende una primera línea de reciclaje 8 con una primera válvula de derivación 70. El gas también se puede enfriar parcial o totalmente mediante un enfriador intermedio 72 antes de ser enviado a la entrada de la primera etapa 10.

10 En el ejemplo mostrado en la figura 2, se prevén una segunda línea de reciclaje 74 y una tercera línea de reciclaje 84. La segunda línea de reciclaje 74 puede extraer gas comprimido a la salida de la tercera etapa 30, preferentemente aguas abajo del enfriador posterior 5, y puede suministrarlo a la primera línea entre etapas 12, a la entrada de la segunda etapa 20. Una segunda válvula de derivación 76 controla el paso de gas a través de la segunda línea de reciclaje 74.

15 La tercera línea de reciclaje 84 puede extraer gas comprimido a la salida de la sexta etapa 60, preferentemente aguas abajo del enfriador posterior 5', y puede suministrarlo a la tercera línea entre etapas 32, a la entrada de la cuarta etapa 40. La tercera línea de reciclaje 84 se abre en la tercera línea entre etapas 32 aguas abajo con respecto a la derivación de la segunda línea de reciclaje 74. Una tercera válvula de derivación 86 controla el paso de gas a través de la tercera línea de reciclaje 84.

20 El compresor de seis etapas también comprende un sensor de temperatura 78, un primer sensor de presión 81, un segundo sensor de presión 82 y un tercer sensor de presión 83, que se montan de una manera similar a la del compresor de cuatro etapas con respecto a la última etapa.

25 En un compresor (de cuatro etapas o seis etapas) tal como los descritos anteriormente en la presente, o también en otro compresor multietapa, la estrangulación se puede asociar a una presión de descarga baja con un flujo elevado a través de las etapas del compresor. Trabajar en el área de estrangulamiento conduce en general a vibraciones y a veces a dañar el compresor.

Ahora se propone un método para evitar estas vibraciones y/o daños y evitar que el compresor (y de manera más específica la última etapa, es decir, la cuarta etapa 40 para la figura 1 y la sexta etapa 60 para la figura 2) trabaje con una presión de descarga baja y un flujo elevado.

30 De acuerdo con este método, en una realización preferida, se calcula un coeficiente isentrópico de trabajo específico aportado. Esto se puede hacer de manera continua o periódica con una frecuencia predeterminada. La frecuencia se puede adaptar si las condiciones de temperatura y presión pueden variar lenta o rápidamente.

El coeficiente isentrópico de trabajo específico aportado viene determinado por:

$$\Psi = 2 * \Delta h / U^2$$

donde:

35 Δh es la elevación isentrópica de entalpía en la última etapa del compresor,

U es la velocidad de la punta de los álabes del rotor en la última etapa del compresor.

La elevación isentrópica de entalpía viene determinada por:

$$\Delta h = R * T_{ent} * \ln (P_{sal}/P_{ent}) / MW$$

donde:

40 R es la constante universal de los gases

T_{ent} es la temperatura del gas a la entrada de la última etapa,

P_{sal} es la presión a la salida de la última etapa,

P_{ent} es la presión a la entrada de la última etapa, y

PM es el peso molecular del gas que atraviesa el compresor.

El valor de R es aproximadamente 8.314 kJ/(kmol K)

La T_{ent} viene dada en K

La P_{sal} y P_{ent} vienen dadas en bar (a)

5 El PM viene dado en kg/kmol

En este caso Δh viene dada en kJ/kg

La velocidad de la punta de los álabes del rotor de la última etapa viene dada en m/s.

En un caso donde la composición del gas no varíe, o lo haga únicamente a pequeña escala, y donde la velocidad de rotación del eje 2 sea constante:

$$\Psi = \alpha * [T_{ent} * \ln(P_{sal}/P_{ent})]$$

10

Ahora se propone calcular Ψ mediante los medios de cálculo adaptados 88, que están integrados en el compresor. Estos medios de cálculo reciben información procedente del sensor de temperatura 78, del primer sensor de presión 81 y del segundo sensor de presión 82. Si el peso molecular del gas puede cambiar, la información referente al gas (procedente, por ejemplo, de un medidor de densidad y/o un dispositivo de análisis de gases) también se puede dar a los medios de cálculo. De la misma forma, si puede cambiar la velocidad del rotor se puede disponer un tacómetro en el eje 2.

15

A continuación, se envía el valor de Ψ a unos medios electrónicos de control, por ejemplo, a un controlador de la carga de compresor 90, que puede accionar los actuadores asociados previstos en el compresor.

20

En el método propuesto, a modo de un ejemplo ilustrativo pero no limitativo, se considerará que el compresor, en concreto la última etapa del compresor, trabaja cerca de las condiciones de estrangulamiento si Ψ es menor de 0.2 (con las unidades dadas anteriormente en la presente).

25

Por ejemplo, el motor 200 es un motor de doble combustible y más en particular un motor XDF. Este motor 200 requiere una presión variable a su entrada. La presión requerida para el motor 200 se comunica al controlador de carga del compresor 90 y constituye la presión de salida del punto de referencia del compresor y el controlador de carga del compresor 90.

En algunos casos, la presión de salida del punto de referencia es baja. En estos casos, puede ocurrir que el valor de Ψ disminuya y pase a ser menor de 0.2.

30

Por ejemplo, se supone que la presión necesaria a la entrada del motor 200 es P_0 . El controlador de carga del compresor 90 regula el sistema de modo que la presión medida mediante el tercer sensor de presión 83 se corresponda con P_0 . Para esta presión de salida, el valor de Ψ es, por ejemplo, 0.25.

35

Posteriormente, las condiciones de trabajo del motor 200 varían y la presión necesaria a la entrada del motor 200 baja a P_1 (con $P_1 < P_0$). A continuación, el controlador de carga del compresor 90 regula la presión en el sistema. Para esta regulación, el controlador de carga del compresor 90 actúa, por ejemplo, sobre una válvula de difusor variable 92 que está asociada a una etapa del compresor. En las figuras 1 y 2, la primera etapa 10 está dotada de una válvula de difusor variable 92. Esto es un ejemplo sin carácter limitante. Una o múltiples etapas diferentes también pueden tener una válvula de difusor variable. Un experto en la técnica también conoce otras formas para modificar la presión de salida de un compresor multietapa.

En la presente, se supone que durante la regulación del sistema, se cambian los parámetros del sistema de compresores de modo que el valor de Ψ sea igual a, o menor de, 0.2.

40

Con el fin de evitar entrar en el área de estrangulamiento, se propone cambiar la presión de salida del punto de referencia P_1 en el controlador de carga del compresor 90 por una nueva presión de salida del punto de referencia P_2 con ($P_2 > P_1$).

45

Al hacer esto, la presión a la salida del compresor aguas abajo del enfriador posterior (5 en la figura 1, 5' en la figura 2) aumentará a P_2 , que se corresponderá con la presión medida mediante el tercer sensor de presión 83. Con el fin de tener la presión correcta a la entrada del motor 200, el regulador de presión 100 fija la presión a la baja a P_1 , que es la presión necesaria por el motor 200. Esta presión necesaria se puede comunicar al regulador de presión 100 tanto mediante el controlador de carga del compresor 90 (figura 1) como directamente mediante el motor 200 (figura

2). Muchos sistemas de regulación de presión existen y trabajan para realizar la regulación de presión necesaria.

5 La regulación realizada mediante el controlador de carga del compresor 90 se programa, por ejemplo, de modo que el valor de Ψ permanezca igual a 0.2. Posteriormente, si aumenta la presión necesaria en el motor 200, el controlador de carga del compresor 90 cambiará su presión de salida del punto de referencia y el valor de Ψ puede ser de nuevo mayor de 0.2.

Este método de regulación se basa en el hecho de que la limitación referente al estrangulamiento en el compresor multietapa en la situación dada proviene de la última etapa.

10 Aunque en una realización preferida del método propuesto se calcula un coeficiente isentrópico de trabajo específico aportado, también puede servir un método basado en el cálculo de otro coeficiente que dependa de la temperatura de entrada y de la relación de la presión de salida y la presión de entrada. Preferentemente, el coeficiente depende de

$$Tent^* \ln(Psal/Pent).$$

15 Una ventaja del método propuesto es que este puede servir sin cambiar un compresor de la técnica anterior. El regulador de presión puede ser, por ejemplo, la unidad de válvula de gas (GVU) que se monta en general aguas arriba con respecto a un motor, con el fin de regular la presión de entrada del motor.

La descripción anterior se refiere a compresores multietapa. No obstante, el método descrito en la presente también puede servir con un compresor de una etapa.

20 Un compresor, tal como se describe anteriormente en la presente, se puede utilizar en un barco, o en una unidad flotante de regasificación de lo almacenado. Este también se puede utilizar en tierra, por ejemplo, en una terminal, o también en un vehículo, por ejemplo, un tren. El compresor puede alimentar a un motor o un generador (u otro dispositivo de trabajo).

Obviamente, se debería entender que la descripción detallada anterior se proporciona únicamente como ejemplos de realizaciones de la invención. No obstante, los aspectos secundarios de las realizaciones se pueden adaptar dependiendo de la aplicación, mientras se mantienen al menos algunas de las ventajas citadas.

25

REIVINDICACIONES

5 1. Un método para controlar un compresor que comprende al menos una última etapa (40; 60) y un controlador de carga del compresor (90), una primera presión de salida del punto de referencia, correspondiente a una presión necesitada por el dispositivo consumidor, que se determina en el controlador de carga del compresor (90), caracterizado por que comprende los pasos de:

a- medir la temperatura a la entrada de la última etapa (40; 60),

b- medir la relación entre la presión de salida (Psal) y la presión de entrada (Pin) de la última etapa (40; 60) del compresor,

10 c- calcular un coeficiente (Ψ) basándose al menos en el valor de la temperatura de entrada (Tin) y en la relación de presiones medida (Psal/Pent),

15 d- si el coeficiente calculado (Ψ) están dentro de un rango predeterminado, cambiar la primera presión de salida del punto de referencia por una segunda presión de salida del punto de referencia mayor que la primera presión de salida del punto de referencia, hasta que el coeficiente (Ψ) calculado con la segunda presión de salida del punto de referencia salga del rango predeterminado, y

e- adaptar la presión del fluido que sale del compresor en un regulador de presión (100) a la primera presión de salida del punto de referencia correspondiente a la presión necesitada por el dispositivo consumidor.

20 2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que el coeficiente (Ψ) calculado en el paso c es un coeficiente calculado multiplicando la temperatura de entrada (Tent) del compresor por un logaritmo de la relación de la presión de salida y la presión de entrada (Psal/Pent).

3. El método de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado por que el coeficiente calculado en el paso c es un coeficiente de trabajo específico aportado:

$$\Psi = 2 * \Delta h / U^2$$

donde:

25 Δh es la elevación isentrópica de entalpía en la última etapa,

U es la velocidad de la punta de los álabes del rotor,

y por que

$$\Delta h = R * Tent * \ln (Psal/Pent) / MW$$

donde:

30 R es una constante,

Tent es la temperatura del gas a la entrada de la última etapa (40; 60),

Psal es la presión a la salida de la última etapa (40; 60),

Pent es la presión a la entrada de la última etapa (40; 60), y

PM es el peso molecular del gas que atraviesa el compresor.

35 4. El método de acuerdo con la reivindicación 1 a 3, caracterizado por que en el paso d, si el coeficiente calculado (Ψ) es menor que un valor predeterminado, la segunda presión de salida del punto de referencia es tal que el coeficiente (Ψ) con esta segunda presión de salida del punto de referencia es igual al valor predeterminado.

40 5. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que el compresor es un compresor multietapa, por que al menos una etapa (10) del compresor comprende una válvula de difusor variable (92) y por que el controlador de carga del compresor (90) ajusta la presión de descarga del compresor accionando al menos una válvula de difusor variable (92).

6. Un sistema de suministro de gas con un compresor que comprende:

- al menos una etapa del compresor, la denominada última etapa (40; 60),
- un controlador de carga del compresor (90),
- un sensor de temperatura (78) para medir la temperatura (Tent) a la entrada de la última etapa (10),
- un primer sensor de presión (81) para medir la presión (Pent) a la entrada de la última etapa (40; 60),

5 caracterizado por que el sistema comprende además:

- un regulador de presión (100) aguas abajo con respecto a la última etapa, y
- unos medios (88, 90) para implementar un método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5.

7. El sistema de suministro de gas de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado por que al menos una etapa del compresor (10) comprende una válvula de difusor variable (92).

10 8. El sistema de suministro de gas de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, caracterizado por que el compresor es un compresor centrífugo multietapa.

9. El sistema de suministro de gas de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado por que el compresor es un compresor de cuatro etapas.

15 10. El sistema de suministro de gas de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado por que el compresor es un compresor de seis etapas.

11. El sistema de suministro de gas de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 10, caracterizado por que cada etapa comprende un rotor.

12. El sistema de suministro de gas de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizado por que todos los rotores citados están conectados mecánicamente.

20

