



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0914718-7 B1



(22) Data do Depósito: 29/06/2009

(45) Data de Concessão: 26/11/2019

(54) Título: COMPRESSOR AXIAL-CENTRÍFUGO

(51) Int.Cl.: F04D 29/16; F04D 29/58.

(30) Prioridade Unionista: 01/07/2008 FR 08 54456.

(73) Titular(es): SNECMA.

(72) Inventor(es): LAURENT DONATIEN BEHAGHEL; EDDY STÉPHANE JOËL FONTANEL; BENJAMIN PHILIPPE PIERRE PEGOUET.

(86) Pedido PCT: PCT EP2009058101 de 29/06/2009

(87) Publicação PCT: WO 2010/000691 de 07/01/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 27/12/2010

(57) Resumo: COMPRESSOR AXIAL-CENTRÍFUGO Em um compressor axial-centrífugo do qual o rotor compreende um impulsor (6), a folga axial (8) é comandada por uma ventilação especial de ar na direção do rotor, por um circuito que compreende dois ramos paralelos (11, 13) dos quais as vazões são ambas controladas por veias respectivas (12, 14) e onde além disso a temperatura de um deles é modificada por um trocador de calor (15). O ar de ventilação é assim comandado ao mesmo tempo em temperatura e em vazão.

“COMPRESSOR AXIAL-CENTRÍFUGO”

DESCRIÇÃO

[0001] O sujeito desta invenção é um compressor axial-centrífugo com sistema de comando de folgas.

[0002] Um compressor axial-centrífugo compreende uma primeira porção clássica, na qual o rotor e o estator são cilíndricos e concêntricos em torno da linha de eixo do compressor, e depois uma parte na qual eles se expandem na direção radial de modo que a parte correspondente do rotor, chamada impulsor, se estende para além do estator ao longo da linha de eixo. Uma de suas vantagens é reduzir o volume da máquina na direção do eixo e produzir máquinas mais compactas e mais leves.

[0003] O rendimento dos compressores e das máquinas às quais eles podem ser integrados depende muito da folga que existe entre o rotor e o estator e que são responsáveis por perdas de energia no escoamento dos gases. É clássico regular essas folgas por uma ventilação de um gás na temperatura e na vazão desejadas para produzir uma dilatação térmica diferencial entre o rotor e o estator na direção radial. É utilizado geralmente ar retirado de uma seção do compressor para tirar proveito de sua colocação sob pressão e fazê-lo circular em condutos ou cavidades, na direção do local no qual a dilatação térmica diferencial deve ser comandada. Uma válvula permite regular a vazão do gás de ventilação e a quantidade de calor que ele traz, ao contrário retira, de acordo com a correção da folga exigida para cada regime da máquina.

[0004] O sistema de regulação da folga radial é, no entanto, aplicado aos estatores nos dispositivos clássicos. Além disso, esses dispositivos foram aplicados somente a compressores axiais.

[0005] Existem ainda dispositivos de ventilação do rotor, nos quais uma outra vazão de ar originária do estator atravessa um braço radial de sustentação do rotor antes de penetrar dentro de uma cavidade central desse último. Esses dispositivos de ventilação têm como único objetivo impedir um aquecimento excessivo do rotor. Em especial, eles não são comandados em vazão, o que não permite que eles

exercçam uma regulação de folga.

[0006] Deve-se, no entanto, mencionar a patente francesa 2 698 667, na qual uma regulação de folga axial de um impulsor de compressor axial-centrífugo é realizada por um equilíbrio de forças de pressão; as patentes US-A-4 687 412 e DE-A-21 69 528 nas quais a folga axial é regulada por meios mecânicos e estáticos (calços ou arruelas em uniões cavilhadas); e a patente FR-A-2 722 836 na qual ela é regulada pelo deslocamento axial, comandado por um macaco, controlado, do mancal de batente do rotor.

[0007] O objeto da invenção é realizar um comando da folga axial da parte expandida de um compressor axial-centrífugo e de sua folga essencialmente axial por dilatações térmicas diferenciais, o que não parece ter sido proposto antes. A utilização dos dispositivos de ventilação clássicos não daria bons resultados visto que a folga axial seria comandada ao mesmo tempo a folga radial da primeira parte do compressor, o que seria incompatível para obter resultados satisfatórios.

[0008] O compressor de acordo com a invenção é caracterizado pelo fato de que ele compreende um rotor e um estator separados por uma veia de escoamento (do francês, *veine d'écoulement*) e que apresentam cada um deles uma porção cilíndrica e depois uma porção expandida, as porções cilíndricas sendo concêntricas a uma linha de eixo e distantes de uma folga radial, as porções expandidas sendo alinhadas ao longo da linha de eixo e distantes de uma folga axial, caracterizado pelo fato de que ele compreende um trajeto de ventilação que exerce uma regulação da folga axial, que se estende a partir do estator até o rotor e que compreende um primeiro ramo equipado com uma primeira válvula de regulação de abertura, e um segundo ramo equipado com um trocador de calor e com uma segunda válvula de regulação de abertura.

[0009] Esse dispositivo permite efetuar uma regulação suficiente da folga axial sem incorrer incompatibilidade de regulação entre a folga axial e a folga radial, por razões que serão detalhadas mais adiante.

[0010] Os dois ramos tendo uma vazão regulável e o segundo ramo conferindo uma mudança de temperatura do gás retirado para a ventilação, a vazão e a

temperatura desse gás são ambas reguláveis, o que é necessário para instaurar uma regulação suficiente da folga associada a uma ventilação suficiente.

[0011] De acordo com diversos aperfeiçoamentos da invenção, os ramos do trajeto têm uma origem comum, em uma cavidade do estator adjacente a veia, e são alimentados pelo mesmo gás: o segundo ramo é na realidade uma derivação do primeiro. O dispositivo, que compreende uma só fonte na qual o gás é retirado, é simplificado, o que é ainda mais apreciável visto que os compressores axial-centrífugos são pequenos.

[0012] O trocador de calor exerce vantajosamente um refrescamento do segundo ramo de maneira que o dispositivo exerce contrações do rotor. O funcionamento típico corresponde nesse caso a uma folga maior na partida e na aceleração, onde o dispositivo de regulação está inativo, do que em regime de cruzeiro onde ele é aplicado. É de fato vantajoso utilizar o dispositivo em regime de cruzeiro que é o mais frequente e onde o carburante é portanto principalmente gasto, de modo que é aí que as economias maiores podem ser obtidas. Uma folga maior é aceita nos regimes de aceleração e de partida que são mais breves, enquanto que um desaparecimento total das folgas poderia danificar o compressor. Além disso, os regimes de cruzeiro são estáveis e bem definidos de modo que as folgas são conhecidas com mais precisão do que durante regimes instáveis.

[0013] O trocador de calor pode ser constituído por uma seção do segundo ramo que passa através de uma cavidade exterior do estator, o que a coloca em contato com ar mais fresco e realiza o trocador de calor de modo especialmente simples.

[0014] Uma realização preferida mas não limitativa da invenção será agora descrita em ligação com as figuras seguintes: a figura 1 é uma vista geral do compressor e do dispositivo de comando de folga, e a figura 2 uma vista mais detalhada do dispositivo de comando.

[0015] O compressor axial-centrífugo compreende um rotor 1 e um estator 2 separados por uma veia 3 de escoamento dos gases. O rotor 1 e o estator 2 apresentam cada um deles uma porção axial, respectivamente 4 ou 5, substancialmente cilíndrica, e depois uma porção expandida, respectivamente 6 ou 7

expandida. A porção 6 do rotor 1 é o impulsor. É a folga axial 8 entre essas porções expandidas 6 e 7 que convém regular. Seu valor é tipicamente de alguns décimos de milímetro em repouso (0,7 ou 0,8 mm por exemplo).

[0016] O estator 2 compreende cavidades 9 em torno da veia 3. Um conduto 10 desemboca em uma delas e retira uma vazão de seu conteúdo gasoso. Ele se divide em seguida em um primeiro ramo 11 equipado com uma primeira válvula 12 e em um segundo ramo 13 equipado com uma segunda válvula 14 e com um trocador de calor 15. Os ramos 11 e 13 se unem em seguida, e seus escoamentos chegam a uma cavidade 16 do rotor 1 por um conduto comum 17. Isso não é, no entanto, necessário, os escoamentos podendo permanecer separados até a cavidade 16. Um sistema de comando 18 somente esboçado comanda as aberturas das válvulas 12 e 14 de acordo com o regime da máquina, conhecido por sensores de pressão, de temperatura, de velocidade de rotação, etc. que medem esses parâmetros em diversos pontos. É assim possível influenciar a vazão de gás fornecida na cavidade 16, e sua temperatura fazendo-se variar a proporção desse gás que passa pelo trocador de calor 15. A consequência disso é uma modificação da folga axial 8, que pode ser reduzida de vários décimos de milímetro (0,3 ou 0,4 mm por exemplo o que dá uma folga resultante inferior a 0,5 mm por subtração dos valores precedentes, e que é perfeitamente admissível). O ajuste das duas vazões dos ramos 11 e 13 é indicado, a fim de fazer variar da amplitude suficiente a quantidade de calor extraída desse último. O primeiro ramo 11 é utilizado antes de tudo para assegurar uma ventilação a todos os regimes da máquina onde um resfriamento grande (pelo segundo ramo 13) não é feito. Ele permite por outro lado fornecer gás de aquecimento ao rotor 1, a fim de aumentar a folga axial 8 nas fases de partida e de assegurar um funcionamento seguro. O comando é conduzido pelo sistema de comando 18 de acordo com ensaios e medições que precedem o serviço efetivo do compressor, e que permitiram determinar as folgas reais e os valores dos quais eles podem ser reduzidos. O sistema de comando 18 está de preferência ativo em regime de cruzeiro, onde as características de funcionamento são estáveis e bem conhecidas, e as folgas também, de modo que elas podem ser reduzidas a um

pequeno valor sem perigo de suprimi-las completamente e de gastar a máquina por atritos, ou mesmo danificá-la então mais gravemente, por fogos de titânio por exemplo.

[0017] É conveniente dar algumas explicações para mostrar a pertinência do dispositivo. O rotor 1 é sustentado pelo estator 2 com o auxílio de um mancal 19 no lado oposto ao impulsor 6, e, apesar de sua concepção axial-centrífuga, o rotor 1 é muito mais estendido na linha de eixo X do que na direção radial. Os deslocamentos consecutivos às dilatações térmicas trazidas pelo gás de ventilação são portanto ainda maiores nos locais afastados do mancal 19, quer dizer precisamente no impulsor 6. Os deslocamentos axiais da porção axial 4 do rotor 1 são mais reduzidos, e são de qualquer modo aceitáveis visto que eles modificam somente de maneira marginal a distância entre os estágios de pás fixa 20 e móvel 21; e as dilatações do rotor 1 na direção radial são muito menores do que na direção axial, da ordem de alguns centésimos de milímetro (0,02 ou 0,03 mm) ao ponto que elas podem eventualmente ser negligenciadas. Um sistema clássico de comando da folga radial entre as porções axiais 4 e 5 do rotor 1 e do estator 2 pode ser estabelecido no estator 2, e regulado independentemente do dispositivo da invenção.

[0018] Assim como foi mencionado, os ramos 11 e 13 podem ser separados na origem e desembocar em diferentes cavidades, mas a utilização de uma fonte única de gás de ventilação é apreciada. A cavidade 9 na qual o gás de ventilação é retirado pode ser uma das cavidades que circundam diretamente a pele interna 22 (que dá na veia 3) do estator 2, e que uma perfuração 23 alimenta com ar comprimido originário de uma seção determinada do compressor. O segundo ramo 13 pode se estender em uma cavidade exterior 24, que se estende entre a cavidade 9 e uma veia secundária 25 que forma a porção exterior do estator 2. A cavidade exterior 24 sendo mais fresca, o ar que passa pelo segundo ramo 13 se refresca sem outra ação e o trocador de calor 15 é, portanto, constituído por essa parte do segundo ramo 13 que passa pela cavidade exterior 24. Para um refrescamento mais marcado, seria possível fazer o segundo ramo 13 também passar pela veia

secundária 25. Na falta disso, um refrescamento grande é obtido fazendo-se o mesmo passar próximo de um dos vertedouros 26 que alimentam a cavidade exterior 24 a partir da veia secundária 25. Mais a jusante, o conduto comum 17 pode passar por um dos braços radiais 26 que sustentam o rotor 1 e entrar aí por uma extremidade aberta desse último.

REIVINDICAÇÕES

1. Compressor axial-centrífugo que compreende um rotor (1) e um estator (2) separados por uma veia (3) de escoamento e que apresentam cada um deles uma porção axial (4, 5) e depois uma porção expandida (6, 7), as porções axiais sendo concêntricas a uma linha de eixo (X) e distantes de uma folga radial, as porções expandidas sendo alinhadas ao longo da linha de eixo (X) e distantes de uma folga axial (8), caracterizado pelo fato de que ele compreende um circuito de ventilação que exerce uma regulação da folga axial, que se estende a partir do estator até o rotor e que compreende um primeiro ramo (11) equipado com uma primeira válvula (12) de regulação de abertura, e um segundo ramo (13) equipado com um trocador de calor (15) e com uma segunda válvula (14) de regulação de abertura.

2. Compressor axial-centrífugo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os ramos têm uma origem comum, dentro de uma cavidade (9) do estator adjacente à veia (3).

3. Compressor axial-centrífugo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o segundo ramo (13) é mais fresco a jusante do trocador de calor (15) do que o primeiro ramo.

4. Compressor axial-centrífugo de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o trocador de calor é constituído por uma seção do segundo ramo que passa através de uma cavidade exterior (24) do estator.

5. Compressor axial-centrífugo de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a segunda válvula é provida de um meio de comando (18) que a abre a um regime estável de cruzeiro do compressor.

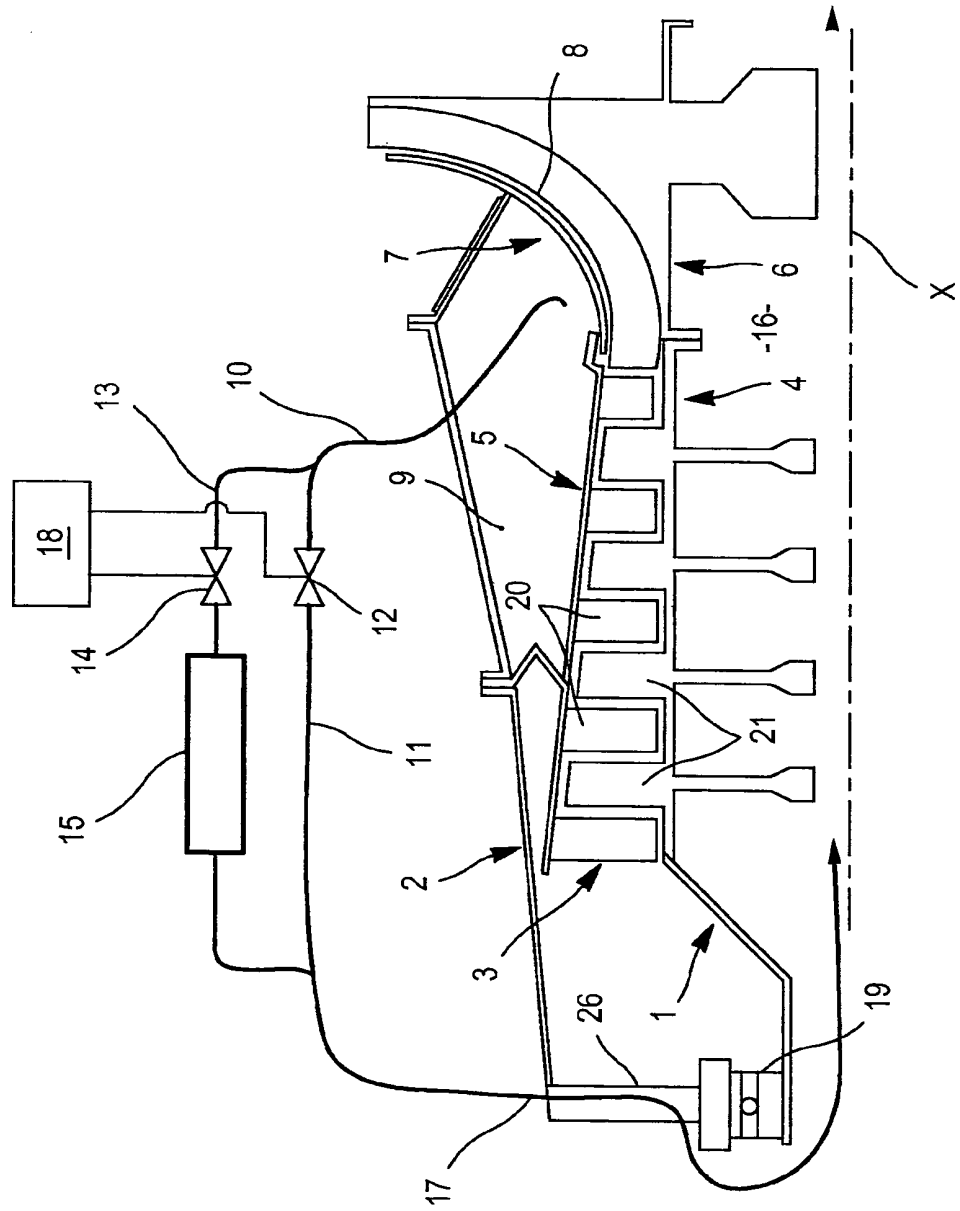


FIG. 1

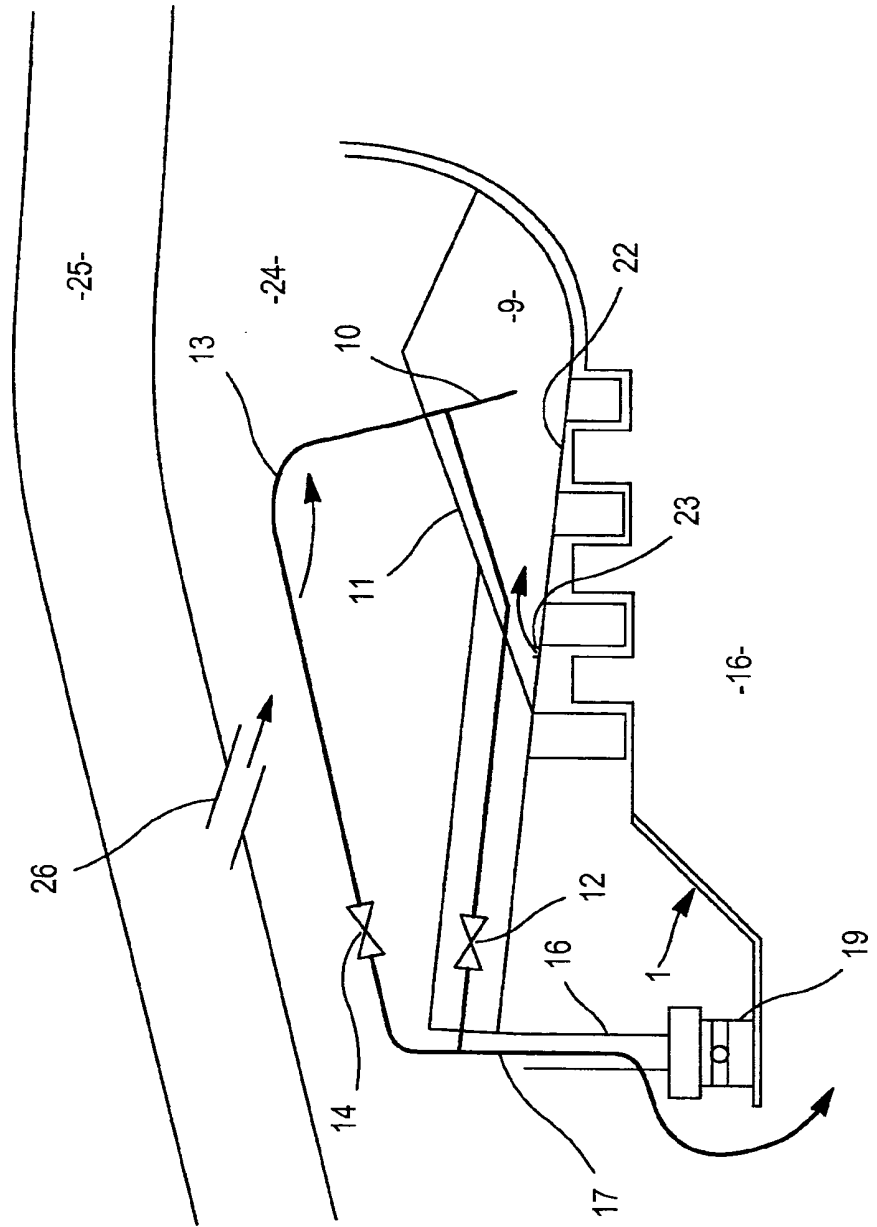


FIG. 2