



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

**(11) BR 112013031374-9 B1**



**(22) Data do Depósito:** 19/06/2012

**(45) Data de Concessão:** 25/05/2021

---

**(54) Título:** PÁ, EM PARTICULAR UMA PÁ DE PASSO VARIÁVEL, HÉLICE, EM PARTICULAR PARA UMA TURBOMÁQUINA DE VENTILADOR NÃO CARENADO, E, TURBOMÁQUINA

**(51) Int.Cl.:** B64C 11/18; B64C 11/30; B64C 11/48; B64C 11/20; F02K 3/02.

**(30) Prioridade Unionista:** 20/06/2011 FR 1155413.

**(73) Titular(es):** SNECMA.

**(72) Inventor(es):** SÉBASTIEN PASCAL.

**(86) Pedido PCT:** PCT FR2012051382 de 19/06/2012

**(87) Publicação PCT:** WO 2012/175863 de 27/12/2012

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 05/12/2013

**(57) Resumo:** PÁ, PÁ DE PASSO PARTICULARMENTE VARIÁVEL, HÉLICE COMPREENDENDO TAIS PÁS E TURBOMÁQUINA CORRESPONDENTE. De acordo com a invenção, a pá (11) destinada a ser fixada no cubo (12, 13) de uma hélice de turbomáquina, de modo que um espaço vazio (18, 18A, 18B) seja definido entre a base (14A) da pá (14) e a face do cubo (12, 13) faceando dita base (14A), compreende meio de esvaziamento retrátil (16, 17) capaz de reversivelmente ocupar pelo menos uma das seguintes duas posições: - uma posição desdobrada, em que o meio de esvaziamento retrátil pelo menos parcialmente anula dito espaço vazio (18, 18A, 18B); e - uma posição retraída extrema, em que ditos meios retráteis são mantidos fora de dito espaço vazio.

“PÁ, EM PARTICULAR UMA PÁ DE PASSO VARIÁVEL, HÉLICE, EM PARTICULAR PARA UMA TURBOMÁQUINA DE VENTILADOR NÃO CARENADO, E, TURBOMÁQUINA”

**[0001]** A presente invenção refere-se a uma pá, em particular uma pá de passo variável, para uma hélice compreendendo pás deste tipo, e para uma turbomáquina correspondente, em particular, do tipo ventilador não carenado.

**[0002]** Embora a presente invenção seja particularmente adaptada para turbomáquinas de ventilador não carenado (também referidas como de “rotor aberto” ou de “ventilador não carenado”), a sua implementação é, em todo caso, não limitada a uma aplicação deste tipo.

**[0003]** De uma maneira conhecida, uma turbomáquina de ventilador não carenado compreende duas hélices externas coaxiais e contrarrotativas, a montante (frente) e a jusante (traseira) respectivamente, cada uma sendo acionada em rotação por uma turbina, e se estendem, substancial e radialmente, de fora da nacela da turbomáquina. Cada hélice convencionalmente compreende um cubo, que é concêntrico com o eixo geométrico longitudinal da turbomáquina em que as pás são fixadas.

**[0004]** Entretanto, a despeito do baixo consumo de combustível, a interação aerodinâmica entre as hélices contrarrotativas a montante e a jusante de uma turbomáquina de ventilador não carenado deste tipo conduz a altos níveis de ruído operacional. De fato, a rotação das pás das hélices contrarrotativas a montante e a jusante causa a formação de esteiras, vórtices na ponta das pás, e turbulência na base das pás. Estas interrupções aerodinâmicas a jusante da hélice a montante são a causa de ruído de interação aerodinâmica quando atinge a hélice a jusante e prejudicam a eficiência propulsiva total da turbomáquina.

**[0005]** Também, a fim de reduzir as emissões de ruído indesejáveis das turbomáquinas deste tipo e, desse modo, satisfazer as necessidades de certificação de ruído impostas pelas autoridades da aviação, é sabido:

- otimizar o perfil das pás, a fim de reduzir a intensidade da esteira das hélices e dos vórtices parasíticos aparecendo na ponta das pás, pelo menos para

certos modos operacionais de turbomáquinas (correspondendo, por exemplo, a diferentes fases de voo de uma aeronave); e/ou

- controlar o fluxo de ar em torno das pás empregando-se tecnologias adaptadas (por exemplo, o uso de bordos de fuga ou extremidades de pás moldadas por sopro) sem prejudicar o desempenho aerodinâmico da hélice associada.

**[0006]** Em todo o caso, o projeto das hélices silenciosas deste tipo – otimizando-se o perfil das pás e/ou controlando-se os fluxos de ar – frequentemente não evita a formação de turbulência surgindo na base das pás.

**[0007]** Em particular, no caso em que as pás são fixadas com passo variável no cubo das hélices a montante e a jusante a fim de ajustar o seu passo angular (isto é, o ângulo formado pela corda da base de cada pá e o plano de rotação da hélice) girando as pás em torno de seu eixo geométrico longitudinal de acordo com as condições operacionais desejadas, a turbulência na base das pás torna-se o contribuinte principal para as interrupções aerodinâmicas afetando a hélice a jusante para certos passos angulares pré-definidos (correspondendo, por exemplo, às fases de decolagem, aproximação, aterrissagem, etc.).

**[0008]** De fato, uma vez que cada pá é formada por uma raiz de pá que a mantém móvel em rotação no cubo da hélice correspondente, espaços vazios são formados para os passos angulares acima mencionados, entre a base das pás e a face curvada do cubo oposto: a base das pás não sendo capaz de permanentemente conformar-se em formato com o formato curvado do cubo.

**[0009]** Os espaços vazios deste tipo – definidos por uma região vazia a montante e uma região vazia a jusante mutuamente separadas pela raiz de cada pá – acentuam a atividade turbulenta na base das pás das hélices, particularmente quando ditas hélices são fortemente fixadas (p.ex., durante decolagem e aproximação), o que mais prejudica o desempenho aerodinâmico da hélice a jusante e aumenta as flutuações de velocidade de dita hélice, que são a causa das emissões de ruído indesejáveis.

**[0010]** O objetivo da presente invenção é o de encontrar uma solução para estas desvantagens, em particular, melhorar a eficiência propulsora das turbomáquinas de

ventilador não carenado, enquanto reduzindo a intensidade do ruído de interação aerodinâmica.

**[0011]** Para este fim, de acordo com a invenção, a pá, que é particularmente uma pá de passo variável e destina-se a ser fixada no cubo de uma hélice de turbomáquina de modo que um espaço vazio seja definido entre a base da pá e a face do cubo oposta à dita base, é distintiva pelo fato de que compreende meios de fechamento retráteis capaz de ocupar, de uma maneira reversível, pelo menos uma das seguintes duas posições:

- uma posição desdobrada, em que os meios de fechamento retráteis fecham, pelo menos em parte, dito espaço vazio; e

- uma posição retraída extrema, em que ditos meios retráteis são mantidos fora de dito espaço vazio.

**[0012]** Assim, devido à invenção, quando um espaço vazio é localizado ou formado entre a base da pá e a face curvada do cubo da hélice em que a pá é fixada (em particular quando dita pá é fixada com passo variável), o meio de fechamento pode ser desdobrado a fim de encher este espaço vazio e, desse modo, substancialmente reduzir a intensidade da turbulência surgindo na base da pá.

**[0013]** No caso particular em que tais pás, de acordo com a invenção e tendo um passo variável, são fixadas no cubo da hélice a montante de uma turbomáquina de ventilador não carenado de hélice dupla, o desdobramento dos meios de fechamento para certos passos pré-definidos (correspondentes às fases de decolagem, aterrissagem, etc.) – causando a formação dos espaços vazios rompidos – causam uma redução e/ou uma eliminação de ditos espaços vazios. O enfraquecimento ou desaparecimento da turbulência induzida na base das pás por ditos espaços vazios reduz a sua interação com a hélice a jusante da turbomáquina. Como resultado, a intensidade do ruído de interação aerodinâmica é reduzida e o desempenho propulsor da turbomáquina em questão é melhorado.

**[0014]** Em uma forma de realização particular da presente invenção, dita posição desdobrada é uma posição extrema, de modo que ditos meios de fechamento são capazes de mover-se entre as duas posições retraída e desdobrada

extremas. Além disso, de acordo com esta forma de realização, os meios de fechamento podem ser mantidos em uma posição intermediária entre as duas posições desdobrada e retraída extremas.

**[0015]** Preferivelmente, a pá compreende pelo menos um compartimento que é disposto em sua base e que é capaz de receber ditos meios de fechamento quando eles ocupam a posição retraída, de modo que, uma vez retraídos, os meios de fechamento nem interrompam a rotação da pá – quando dita pá tem um passo variável – nem causem turbulência parasítica adicional.

**[0016]** Além disso, a pá vantajosamente compreende meios de acionamento para controlar o desdobramento ou a retração dos meios de fechamento, de modo que eles ocupem sucessivamente a posição desdobrada e a posição retraída, e vice-versa.

**[0017]** Estes meios de acionamento podem também ser alojados na pá. Em uma variante, ou, além disso, os meios de acionamento podem compreender pelo menos um eletroímã alojado dentro do cubo da hélice associada, os meios de fechamento sendo, neste caso, preferivelmente produzidos, pelo menos superficialmente, de um material ferromagnético.

**[0018]** De acordo com uma forma de realização preferida de acordo com a presente invenção, os meios de fechamento compreendem pelo menos um dos seguintes dois elementos:

- um flap de fechamento a montante compreendendo um bordo de ataque que estende o bordo de ataque da pá na posição desdobrada;

- um flap de fechamento a jusante compreendendo um bordo de fuga que estende o bordo de fuga da pá na posição desdobrada.

**[0019]** Assim, estendendo-se do bordo de ataque e/ou bordo de fuga da pá, enquanto preenchendo o espaço vazio que é localizado ou formado lá, a formação de ruptura de turbulência é eficazmente evitada ou, pelo menos a sua intensidade é limitada.

**[0020]** Além disso, cada flap de fechamento a montante ou a jusante vantajosamente compreende uma base adaptada para conformar-se em formato,

pelo menos em parte, à face do cubo oposta na posição desdobrada, a fim de fechar o espaço vazio tanto quanto eficazmente possível.

**[0021]** Preferivelmente, cada flap de fechamento a montante ou a jusante é articulado com a pá, em particular à raiz da pá, por um pino. Em uma variante ou, além disso, os flaps podem também deslizar.

**[0022]** Além disso, a presente invenção também se refere a uma hélice, em particular uma turbomáquina de ventilador não carenado, compreendendo um cubo que é rotativamente fixado em torno de um eixo geométrico de rotação, cuja hélice compreende uma pluralidade de pás do tipo descrita acima, que são fixadas em seu cubo.

**[0023]** Além disso, as pás podem ser fixadas com passo variável, a fim de permitir o seu ajuste angular.

**[0024]** A presente invenção também se refere a uma turbomáquina compreendendo pelo menos uma hélice do tipo especificada acima.

**[0025]** Em particular, a turbomáquina pode ser do tipo de ventilador não carenado e pode compreender duas hélices coaxiais e contrarrotativas em que pelo menos a hélice a montante é do tipo mencionado acima.

**[0026]** As Figuras dos desenhos anexos mostrarão como a invenção pode ser produzida. Nestas Figuras, referências idênticas indicam elementos iguais.

**[0027]** A Fig. 1 é uma vista em seção transversal longitudinal esquemática de uma forma de realização de uma turbomáquina de ventilador não carenado de acordo com a invenção.

**[0028]** A Fig. 2 é uma vista em seção transversal esquemática parcial de uma pá de hélice da turbomáquina da Fig. 1, cujos flaps de fechamento a montante e a jusante são desdobrados.

**[0029]** A Fig. 3 é similar à Fig. 2, os flaps de fechamento a montante e a jusante estando retraídos.

**[0030]** A Fig. 1 mostra, esquematicamente, uma turbomáquina de ventilador não carenado 1, de acordo com a invenção, que compreende, de a montante para a jusante, na direção de fluxo dos gases dentro da turbomáquina tendo um eixo

geométrico longitudinal L-L, um compressor 2, uma câmara de combustão anular 3, uma turbina de alta pressão 4 e duas turbinas de baixa pressão 5 e 6 que são contrarrotativas, isto é, que giram em duas direções opostas em torno do eixo geométrico longitudinal L-L.

**[0031]** Cada uma das turbinas de baixa pressão 5 e 6 é conectada de uma maneira rotacionalmente fixada a uma hélice externa 7, 8 estendendo-se radialmente para fora da nacela 9 da turbomáquina 1, a nacela 9 sendo substancialmente cilíndrica e estendendo-se ao longo do eixo geométrico L-L em torno do compressor 2, da câmara de combustão 3 e das turbinas 4, 5 e 6. Os gases de combustão partindo as turbinas são descarregados através de um bico 10 a fim de aumentar a propulsão.

**[0032]** As hélices 7 e 8 são dispostas coaxialmente uma atrás da outra e compreendem uma pluralidade de pás 11 que são distribuídas de forma equiangular em torno do eixo geométrico longitudinal L-L. As pás 11 estendem-se substancial e radialmente e são do tipo tendo um passo variável, isto é, elas podem girar em torno do seu eixo geométrico longitudinal a fim de otimizar a sua posição angular de acordo com as condições operacionais desejadas da turbomáquina 1. Naturalmente, em uma variante, as pás das hélices poderiam também ter um passo fixado.

**[0033]** Cada hélice a montante 7 ou a jusante 8 compreende um cubo rotacional 12, 13 que suporta as pás 11 e é disposto concentricamente ao eixo geométrico longitudinal L-L da turbomáquina 1, perpendicular a ela.

**[0034]** As pás 11 são formadas por um corpo de pá 14 e uma raiz de pá 15 rotativamente fixados no cubo 12, 13 correspondente.

**[0035]** De acordo com a invenção, cada pá 11 das hélices a montante 7 e a jusante 8 compreende meios de fechamento retráteis 16 e 17 que podem sucessiva e reversivelmente ocupar pelo menos uma das seguintes duas posições extremas:

- uma posição desdobrada (Fig. 2), em que fecham o espaço vazio 18 formado, por certos determinados passos angulares, entre a base 14A da pá 11 e a face do cubo 12, 13 oposta a dita base; e

- uma posição retraída (Fig. 3), em que são mantidas fora de dito espaço

vazio 18.

**[0036]** Como mostrado nas Figs. 2 e 3, o espaço vazio 18 é definido por uma região vazia a montante 18A e uma região vazia a jusante 18B, mutuamente separadas pela raiz da pá 15. As dimensões do espaço vazio 18 podem variar de acordo com o passo angular imposto sobre a pá associada 11.

**[0037]** No exemplo em questão, os meios de fechamento compreendem:

- um flap de fechamento a montante 16 compreendendo um bordo de ataque 16A que estende o bordo de ataque 11A da pá 11 na posição desdobrada. Em outras palavras, o bordo de ataque 11A da pá 11 e aquele 16A do flap a montante formam uma linha substancialmente contínua, assim limitando a aparência de ruptura aerodinâmica;

- um flap de fechamento a jusante 17 compreendendo um bordo de fuga 17A que estende o bordo de fuga 11B da pá 11 na posição desdobrada. Os bordos de fuga 11B e 17A formam assim uma linha substancialmente contínua.

**[0038]** Cada flap de fechamento a montante 16 ou a jusante 17 compreende uma base 16B, 17B adaptada para conformar-se em formato à face do cubo oposta 12, 13 na posição desdobrada (vide Fig. 2), pelo menos por certos pré-definidos passos angulares da pá 11, a fim de obter-se um fechamento integral ou semi-integral das regiões vazias a montante 18A e a jusante 18B.

**[0039]** Os flaps a montante 16 e a jusante 17 da pá 11 são articulados, respectivamente, por um pino 19, à raiz 15 da pá 11.

**[0040]** Na posição retraída, os flaps de fechamento 16 e 17 são retraídos para dentro dos compartimentos 20 e 21, respectivamente, dispostos na base 14A da pá 11. É claro que, em uma variante, os compartimentos 20 e 21 poderiam ser meramente um e o mesmo compartimento.

**[0041]** Um acionador 22, integrado no corpo 14 da pá 11, controla o desdobramento ou retração dos flaps de fechamento a montante 16 e a jusante 17, de modo que eles ocupem simultaneamente a posição desdobrada ou a posição retraída. Em uma variante, o acionador poderia independentemente controlar o desdobramento ou a retração de cada um dos flaps de fechamento a montante ou a

jusante.

**[0042]** O acionador 22 é conectado a cada um dos flaps de fechamento 16 e 17 por meio de uma haste móvel retrátil 22A que, quando está desdobrada ou retraída, aciona os flaps 16 e 17 em rotação por meio de correspondentes pinos 19 (a rotação dos flaps 16 e 17 é simbolizada na Fig. 2 pela seta R).

**[0043]** Assim, devido à invenção, independente do passo angular das pás 11 das hélices a montante 7 e a jusante 8, os flaps de fechamento 16 e 17 são desdobrados controlando-se o acionador 22 a fim de fechar o espaço vazio 18 (as regiões vazias 18A e 18B, respectivamente) associado com o passo angular em questão, que enfraquece, ou mesmo elimina, o surgimento de turbulência na base da pá 11. Deste modo, a turbulência que influenciará na hélice a jusante 8 e, conseqüentemente, a intensidade do ruído de interação aerodinâmica, são substancialmente limitadas.

**[0044]** Deve-se também observar que, a fim de permitir a rotação da pá 11 em questão em torno de seu eixo geométrico longitudinal para obter-se um passo angular determinado, os flaps de fechamento 16 e 17 são primeiro retraídos para dentro dos correspondentes compartimentos 20 e 21 por meio do acionador 22.

**[0045]** Em uma forma de realização alternativa de acordo com a invenção, o desdobramento dos flaps de fechamento a montante 16 e a jusante 17, dos compartimentos 20 e 21, é realizado ativando-se eletroímãs (não mostrados nas Figuras) dispostos no cubo 12, 13 da correspondente hélice 7, 8.

**[0046]** Nesta variante, os flaps 16 e 17 são, pelo menos superficialmente, feitos de material ferromagnético. A retração dos flaps de fechamento 16 e 17 é, quanto a sua parte, obtida aplicando-se uma força centrífuga aos flaps durante a rotação da hélice, após desativar os eletroímãs.

**[0047]** Deve-se observar que, no exemplo descrito na Fig. 1 a 3, as pás 11 das hélices a montante 7 e a jusante 8 são todas equipadas com flaps de fechamento a montante 16 e a jusante 17. Naturalmente, em uma variante, é possível que somente as pás da hélice a montante compreendam flaps de fechamento deste tipo.

## REIVINDICAÇÕES

1. Pá, em particular uma pá de passo variável, destinada a ser fixada no cubo (12, 13) de uma hélice (7, 8) de uma turbomáquina (1), de modo que um espaço vazio (18, 18A, 18B) seja definido entre a base (14A) da pá (14) e a face do cubo (12, 13) oposta à dita base (14A),

dita pá caracterizada pelo fato de que compreende meios de fechamento retráteis (16, 17) capazes de ocupar, de uma maneira reversível, pelo menos uma das seguintes duas posições:

- uma posição desdobrada, na qual os meios de fechamento retráteis pelo menos parcialmente fecham o dito espaço vazio (18, 18A, 18B); e

- uma posição retraída extrema, na qual os ditos meios retráteis são mantidos fora do dito espaço vazio.

2. Pá, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que dita posição desdobrada é uma posição extrema.

3. Pá, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizada pelo fato de que compreende pelo menos um compartimento (20, 21) que é disposto em sua base (14A) e que é capaz de receber ditos meios de fechamento (16, 17) quando eles ocupam a posição retraída.

4. Pá, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizada pelo fato de que compreende meios de acionamento (22) para controlar o desdobramento ou a retração dos meios de fechamento (16, 17), de modo que eles ocupem sucessivamente a posição desdobrada e a posição retraída, e vice-versa.

5. Pá, de acordo com a reivindicação 4, caracterizada pelo fato de que os meios de acionamento (22) são alojados na pá (11).

6. Pá, de acordo com a reivindicação 4, caracterizada pelo fato de que:

- os meios de acionamento (22) compreendem pelo menos um eletroímã alojado no cubo (12, 13) da hélice (7, 8); e

- os meios de fechamento (16, 17) consistem, pelo menos superficialmente, de um material ferromagnético.

7. Pá, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizada pelo fato de que os meios de fechamento compreendem pelo menos um dos seguintes dois elementos:

- um flap de fechamento a montante (16) compreendendo um bordo de ataque (16A) que estende o bordo de ataque (11A) da pá (11) na posição desdobrada;

- um flap de fechamento a jusante (17) compreendendo um bordo de fuga (17A) que estende o bordo de fuga (11B) da pá na posição desdobrada.

8. Pá, de acordo com a reivindicação 7, caracterizada pelo fato de que cada flap de fechamento, a montante (16) ou a jusante (17), compreende uma base (16B, 17B) que é adaptada para se conformar em formato, pelo menos em parte, à face do cubo oposta (12, 13), na posição desdobrada.

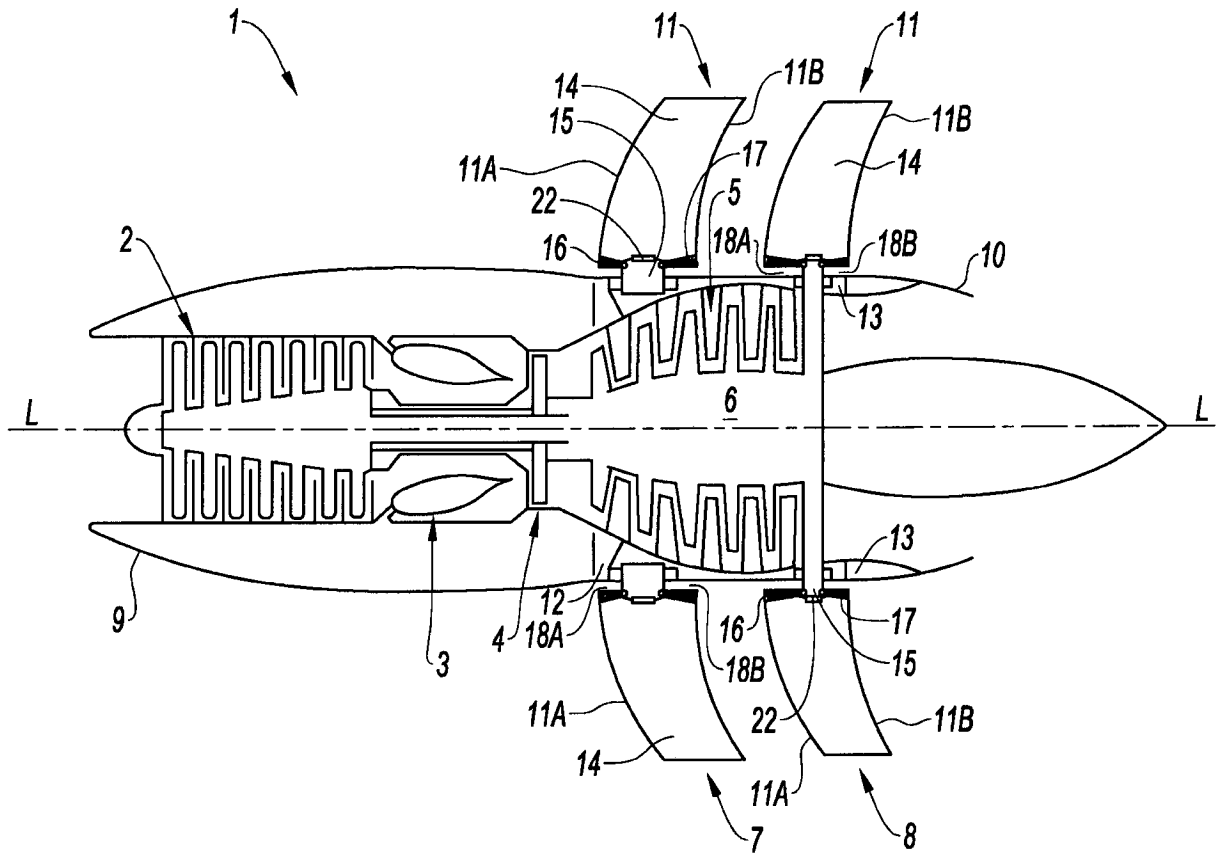
9. Pá, de acordo com a reivindicação 7 ou 8, caracterizada pelo fato de que cada flap de fechamento, a montante (16) ou a jusante (17), é articulado à pá (11), em particular, à raiz da pá (15), por um pino (19).

10. Hélice, em particular para uma turbomáquina de ventilador não carenado, compreendendo um cubo (12, 13) que é rotativamente fixado em torno de um eixo geométrico de rotação (L-L), dita hélice caracterizada pelo fato de que compreende uma pluralidade de pás (11) do tipo como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 9, que são fixadas em dito cubo.

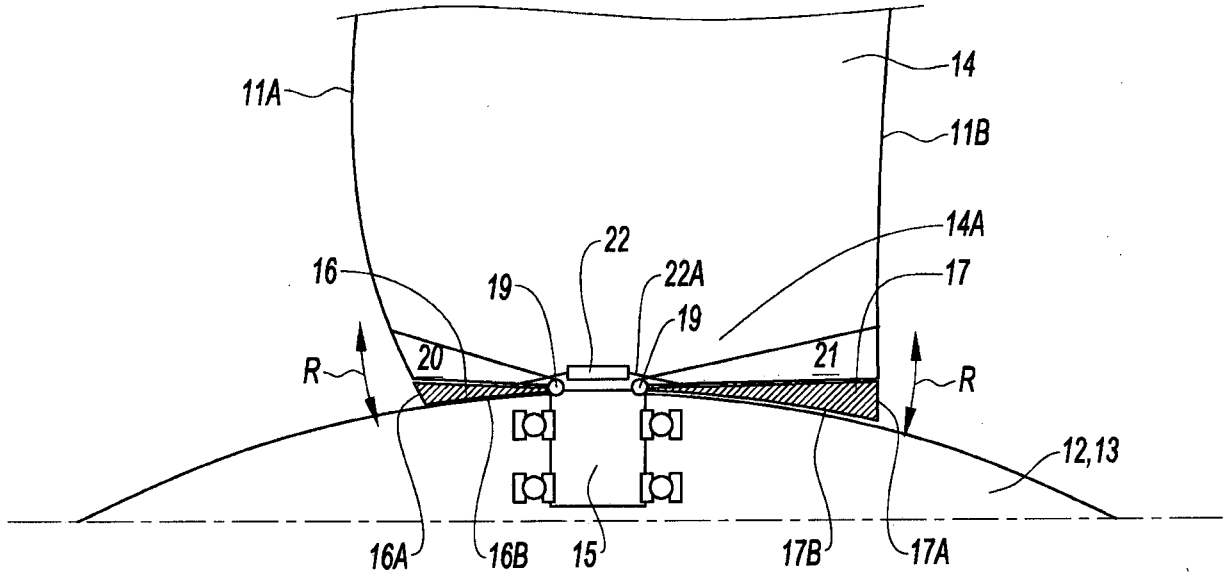
11. Hélice, de acordo com a reivindicação 10, caracterizada pelo fato de que as pás (11) são fixadas com passo variável a fim de permitir o seu ajuste angular.

12. Turbomáquina, caracterizada pelo fato de que compreende pelo menos uma hélice (7, 8) do tipo como definido na reivindicação 10 ou 11.

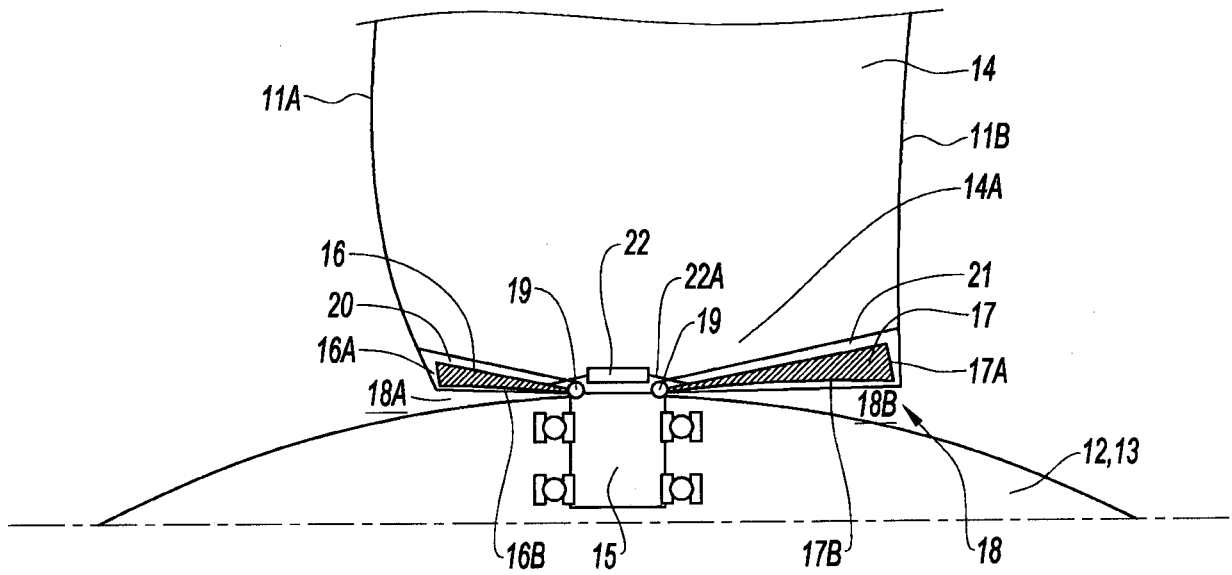
13. Turbomáquina de acordo com a reivindicação 12, caracterizada pelo fato de que é do tipo de ventilador não carenado e compreendendo duas hélices coaxiais e contrarrotativas (7, 8), em que pelo menos a hélice a montante (7) é do tipo como definido na reivindicação 10 ou 11.



**Fig. 1**



**Fig. 2**



**Fig. 3**