



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

(11) BR 112016016467-9 B1



(22) Data do Depósito: 22/01/2015

(45) Data de Concessão: 12/04/2022

(54) Título: LÂMINA PARA UMA HÉLICE DE TURBOMÁQUINA, EM PARTICULAR DE VENTONHA NÃO CARENADA, HÉLICE E TURBOMÁQUINA CORRESPONDENTES, E, PROCESSO DE REDUÇÃO DAS EMISSÕES SONORAS DE UMA TURBOMÁQUINA

(51) Int.Cl.: B64C 11/18; F01D 5/14.

(30) Prioridade Unionista: 05/02/2014 FR 1450874.

(73) Titular(es): SNECMA.

(72) Inventor(es): LAURENCE FRANCINE VION; RASIKA FERNANDO; NORMAN BRUNO ANDRÉ JODET.

(86) Pedido PCT: PCT FR2015050158 de 22/01/2015

(87) Publicação PCT: WO 2015/118243 de 13/08/2015

(85) Data do Início da Fase Nacional: 15/07/2016

(57) Resumo: LÂMINA PARA UMA HÉLICE DE TURBOMÁQUINA, EM PARTICULAR DE VENTONHA NÃO CARENADA, HÉLICE E TURBOMÁQUINA CORRESPONDENTES. Lâmina (11A) para uma hélice de turbomáquina, em particular de ventoinha não carenada, que compreende em seu bordo de ataque (17) uma excrescência (16), caracterizada pelo fato de que ela compreende meios de regulação da posição da excrescência ao longo de seu bordo de ataque.

“LÂMINA PARA UMA HÉLICE DE TURBOMÁQUINA, EM PARTICULAR DE VENTONHA NÃO CARENADA, HÉLICE E TURBOMÁQUINA CORRESPONDENTES, E, PROCESSO DE REDUÇÃO DAS EMISSÕES SONORAS DE UMA TURBOMÁQUINA”

DOMÍNIO TÉCNICO

[0001] A presente invenção se refere a uma lâmina para uma hélice de turbomáquina, em particular de ventoinha não carenada, a uma hélice e a uma turbomáquina correspondentes.

ESTADO DA ARTE

[0002] Ainda que a presente invenção seja especialmente adaptada às turbomáquinas de ventoinha não carenada (designadas em inglês “unducted fan”), sua utilização não está no entanto limitada a uma tal aplicação.

[0003] De modo conhecido, uma turbomáquina de ventoinha não carenada pode compreender duas hélices externas coaxiais e contrarrotativas, respectivamente a montante (dianteira) e a jusante (traseira), que são cada uma delas acionadas em rotação por uma turbina e que se estendem, substancialmente radialmente, no exterior da nacela da turbomáquina. Cada hélice compreende usualmente um cubo concêntrico ao eixo longitudinal da turbomáquina, sobre o qual são fixadas lâminas.

[0004] A interação aerodinâmica entre as hélices contrarrotativas a montante e a jusante de uma tal turbomáquina de ventoinha não carenada gera níveis acústicos de funcionamento muito elevados. De fato, a rotação das lâminas das hélices contrarrotativas a montante e a jusante provoca, entre outras coisas, a formação:

- de rastos ao longo da envergadura das lâminas, à jusante dessas últimas;
- de turbilhões principais na extremidade livre das lâminas.

[0005] Essas perturbações aerodinâmicas à jusante da hélice a montante estão em parte na origem de ruído aerodinâmico de interação quando elas se chocam com a hélice a jusante ou passam na proximidade dessa última.

[0006] Em especial, por ocasião das fases de funcionamento em baixa velocidade de uma turbomáquina de ventoinha não carenada (tais como, quando ela

está montada em uma aeronave, a decolagem, a fase de subida, a aterrissagem e a aproximação), a contribuição dominante do ruído irradiado provém das raias de interação associadas à hélice a jusante que funciona no fluxo da hélice a montante, atravessando assim as mantas turbilhonantes constituídas por rastos e turbilhões principais, formados pelas lâminas da hélice a montante (também designadas lâminas a montante). Quando um turbilhão marginal de lâminas a montante interage com as lâminas da hélice a jusante (de outro modo chamadas de lâminas a jusante), a interação lâmina a jusante – turbilhão marginal domina o espectro acústico irradiado para a maior parte das diretividades.

[0007] De maneira que, para reduzir as emissões sonoras indesejáveis de tais turbomáquinas e assim satisfazer os critérios de certificações acústicas impostos pelas autoridades aéreas, é necessário reduzir o ruído irradiado em baixa velocidade reduzindo para isso a interação lâmina a jusante – turbilhão marginal.

[0008] Atualmente, a solução conhecida mais difundida – denominada nivelamento (ou “clipping” em inglês) – consiste em reduzir o diâmetro da hélice a jusante, de maneira a fazer os turbilhões principais gerados pelas lâminas a montante passarem no exterior das lâminas a jusante para limitar a interação dessas últimas com os turbilhões principais. Isso implica geralmente um aumento da corda das lâminas a jusante para manter a tração desejada e a relação de par entre as hélices a montante e a jusante. Uma tal solução pode ser levada ao extremo carregando para isso bastante a extremidade das lâminas a montante, de maneira a descarregar o resto de cada uma das lâminas a montante para reduzir o impacto do rasto da hélice a montante sobre a hélice a jusante, também na origem de ruído de interação indesejável.

[0009] No entanto, uma tal solução só se revela aceitável para uma configuração isolada da turbomáquina (quer dizer sem elemento exterior ligado a essa última) e sem incidência. Na presença de elementos (estribo, fuselagem) ou de incidência, a contração e a axissimetria de escoamento de ar atrás da hélice a montante são modificadas, de modo que o nivelamento realizado não previne mais a interação das lâminas a jusante e dos turbilhões principais gerados pelas lâminas a montante.

Uma redução maior da altura das lâminas a jusante (que corresponde a um nivelamento grande) implica um aumento da corda associada às lâminas a jusante de modo a conservar a carga, o que degrada o rendimento da turbomáquina associada e não é portanto satisfatório.

[0010] A requerente propôs uma outra solução para esse problema, no pedido anterior FR 2 980 818. Essa outra solução consiste em equipar cada lâmina a montante com uma única excrescência em seu bordo de ataque, essa excrescência sendo situada em um local predeterminado para perturbar localmente, por ocasião da rotação da hélice, a distribuição da circulação em torno de cada lâmina, de maneira a formar dois turbilhões principais independentes à jusante:

- um primeiro turbilhão natural (ou turbilhão marginal) que se forma na extremidade livre da lâmina;
- um segundo turbilhão forçado distinto (ou turbilhão principal suplementar) que ocorre na proximidade da excrescência.

[0011] Os turbilhões marginal e suplementar são co-rotativos (quer dizer que eles apresentam um mesmo sentido de rotação) e permanecem independentes um do outro até a hélice a jusante. É realizada assim uma modificação da distribuição da circulação em torno de uma posição local única e chega-se à formação de dois turbilhões – de menor intensidade do que o único turbilhão marginal observado na técnica anterior – que não fusionam juntos.

[0012] No entanto, a Requerente constatou que essa outra solução não é inteiramente satisfatória pois ela não é eficaz quaisquer que sejam as condições de funcionamento, quer dizer as diferentes fases de voo (decolagem, cruzeiro, aterrissagem, etc.). De fato, a velocidade de rotação da hélice a montante, a velocidade de deslocamento da aeronave equipada com essa hélice, e o ângulo de ajuste das lâminas dessa hélice por exemplo, têm uma influência sobre a trajetória dos turbilhões dos bordos de ataque das lâminas. Na solução proposta no pedido anterior FR 2 980 818, a posição da excrescência de cada lâmina é configurada e determinada para uma única fase de voo, de preferência a decolagem, a fim de reduzir os danos sonoros para os vizinhos do aeroporto.

[0013] A presente invenção tem assim como objeto corrigir esse inconveniente e, em particular, reduzir substancialmente o ruído irradiado por uma turbomáquina de ventoinha não carenada com hélices duplas contrarrotativas enfraquecendo para isso a interação hélice a jusante – turbilhões principais, quaisquer que sejam as condições de funcionamento.

EXPOSIÇÃO DA INVENÇÃO

[0014] A invenção propõe assim uma lâmina para uma hélice de turbomáquina, em particular de ventoinha não carenada, que compreende em seu bordo de ataque uma excrescência, caracterizada pelo fato de que ela compreende meios de regulação da posição da excrescência ao longo de seu bordo de ataque. De preferência, a excrescência é configurada para perturbar, por ocasião da rotação da hélice, a distribuição da circulação em torno da lâmina, de maneira a formar dois turbilhões principais independentes à jusante.

[0015] De modo clássico, uma lâmina de hélice de turbomáquina compreende um extradorso e um intradorso que são ligados juntos, à montante, por um bordo de ataque e, à jusante, por um bordo de fuga. O a montante e o a jusante fazem referência ao escoamento dos gases através da hélice, o bordo de ataque sendo um bordo de ataque dos gases e o bordo de fuga sendo um bordo de fuga dos gases. A lâmina compreende por outro lado uma extremidade inferior ou radialmente interna, chamada pé, e uma extremidade superior ou radialmente externa, chamada topo, as orientações radiais sendo definidas em relação ao eixo de rotação da hélice que pode ser o eixo longitudinal da turbomáquina.

[0016] A invenção é especialmente vantajosa pois ela permite ajustar a posição da excrescência sobre o bordo de ataque da lâmina, em especial em função das condições de funcionamento. Pode assim ser considerado que a excrescência de cada lâmina esteja em uma primeira posição (por exemplo baixa) por ocasião da decolagem da aeronave que compreende uma turbomáquina equipada com lâminas de acordo com a invenção, que ela esteja em uma segunda posição (por exemplo intermediária) por ocasião do voo de cruzeiro da aeronave, que ela esteja em uma

terceira posição (por exemplo superior) por ocasião da aterrissagem da aeronave, etc. A excrescência pode adotar pelo menos duas posições, e de preferência várias posições, diferentes ao longo do bordo de ataque da lâmina. Naturalmente, as excrescências das lâminas de uma mesma hélice estão de preferência na mesma posição para uma condição de funcionamento.

[0017] A invenção é especialmente adaptada às turbomáquinas de ventoinha não carenada (designadas em inglês “unducted fan”), sua utilização no entanto não está limitada a uma tal aplicação. Ela pode por exemplo ser aplicada a uma ventoinha carenada de turbomáquina para limitar as interações entre o turbilhão gerado por essa ventoinha com as estruturas aerodinâmicas à jusante dessa última. Ela pode também se aplicar a uma hélice de um turbopropulsor para limitar as interações entre os turbilhões principais gerados por essa hélice com o velame da aeronave.

[0018] De acordo com um modo de realização da invenção, a excrescência está situada na extremidade de um dedo que é guiado em translação em uma canelura que se estende ao longo de uma parte do bordo de ataque da lâmina. Os meios de regulagem são assim do tipo com corrediça, a canelura formando uma corrediça ao longo da qual pode se deslocar em translação a excrescência.

[0019] Vantajosamente, a excrescência e a parte do bordo de ataque que compreende a canelura são recobertas por uma membrana flexível fixada na lâmina. Essa membrana pode ser elasticamente deformável. Ela é projetada para permitir o deslocamento da excrescência ao longo do bordo de ataque ao mesmo tempo em que preserva localmente a qualidade de superfície aerodinâmica do perfil da lâmina. Ela assegura de fato uma continuidade de superfície aerodinâmica entre a zona do bordo de ataque na qual está situada a excrescência e o resto do bordo de ataque, assim como entre essa zona e o intradorso e o extradorso da lâmina. A membrana é de preferência relativamente fina (ela tem por exemplo uma espessura compreendida entre 1 mm e 5 mm). Ela pode ser realizada por exemplo em polímeros cobertos por uma película resistente à erosão.

[0020] Os inventores constataram que o impacto da invenção sobre os

desempenhos aerodinâmicos da hélice é insignificante.

[0021] Vantajosamente, a lâmina compreende meios de manutenção sob vácuo do volume contido entre a membrana e o bordo de ataque da lâmina. Isso permite que a membrana se ajuste da melhor maneira possível à forma da excrescência e do bordo de ataque da lâmina. Isso permite conservar substancialmente a forma exata da excrescência, qualquer que seja sua posição sobre o bordo de ataque.

[0022] A lâmina compreende de preferência meios de lubrificação da interface entre a excrescência e a membrana. Isso permite facilitar o deslocamento da excrescência sobre o bordo de ataque da lâmina.

[0023] De acordo com um modo de realização, a excrescência é ligada ao êmbolo de um macaco de comando do deslocamento da excrescência ao longo do bordo de ataque. O macaco pode ser um macaco pneumático ou hidráulico e é nesse caso ligado a uma fonte de fluido sob pressão tal como um gás (por exemplo o ar) ou óleo.

[0024] De acordo com uma variante de realização, a excrescência é ligada a uma extremidade de pelo menos um cabo do qual a outra extremidade oposta é fixada a uma árvore rotativa tendo em vista o enrolamento do cabo em torno da árvore. Pelo menos um cabo pode ser guiado por pelo menos uma polia.

[0025] De acordo com uma outra variante de realização, a excrescência compreende uma série de elementos feitos de material deformável do tipo piezoelétrico. Cada um dos elementos é de preferência ligado de maneira independente a meios de alimentação elétrica.

[0026] A presente invenção também se refere a uma hélice, em particular para turbomáquina de ventoinha não carenada, caracterizada pelo fato de que ela compreende uma pluralidade de lâminas do tipo daquela especificada acima.

[0027] A hélice compreende de preferência uma pluralidade de lâminas das quais as excrescências das lâminas são ligadas à haste de êmbolo de um único macaco de comando do deslocamento dessas excrescências.

[0028] A presente invenção se refere ainda a uma turbomáquina, em particular de ventoinha não carenada, caracterizada pelo fato de que ela compreende pelo

menos uma hélice do tipo precitado.

[0029] A turbomáquina pode compreender um sensor, tal como um receptor acústico, montado na proximidade da hélice e configurado para transmitir informações a um computador, esse computador sendo ligado a meios de acionamento dos meios de regulação das posições das excrescências das lâminas.

[0030] A presente invenção se refere finalmente a um processo de redução das emissões sonoras de uma turbomáquina do tipo precitado, caracterizado pelo fato de que a posição da excrescência ao longo do bordo de ataque de cada lâmina é regulada em função das condições de funcionamento da turbomáquina, e em especial em função de um jogo de parâmetros de funcionamento que compreende por exemplo a velocidade de rotação da hélice e o ângulo de ajuste de suas lâminas.

[0031] Posições ótimas das excrescências das lâminas podem ser predeterminadas para várias condições de funcionamento. O processo pode nesse caso consistir, para uma condição de funcionamento dada, em colocar as excrescências das lâminas na posição ótima predeterminada correspondente.

[0032] O processo pode compreender uma etapa de detecção de turbilhões gerados pela hélice ou de detecção do ruído gerado pela interação desses turbilhões com uma superfície situada à jusante, e uma etapa de regulação da posição das excrescências das lâminas em função do sinal (tal como um nível de ruído) detectado na etapa precedente.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[0033] As figuras anexas farão compreender bem como a invenção pode ser realizada. Nessas figuras, referências idênticas designam elementos semelhantes.

[0034] A figura 1 é uma vista esquemática em corte longitudinal de uma turbomáquina de ventoinha não carenada equipada com lâminas a montante, de acordo com uma realização de acordo com a invenção.

[0035] A figura 2 é uma vista esquemática ampliada em elevação de uma lâmina a montante de ventoinha não carenada, de acordo com a técnica anterior.

[0036] A figura 3 é uma vista esquemática ampliada em elevação de uma pá a montante de ventoinha não carenada, de acordo com a invenção.

[0037] As figuras 4 e 5 representam um modo de realização da lâmina a montante da figura 3, de acordo com a presente invenção.

[0038] A figura 6 é uma vista esquemática de uma hélice de turbomáquina que compreende lâminas de acordo com uma variante de realização da invenção.

[0039] A figura 7 representa uma variante de realização de uma lâmina de acordo com a invenção.

[0040] As figuras 8 e 9 representam uma outra variante de realização de uma lâmina de acordo com a invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA

[0041] Na figura 1, foi representada, de modo esquemático e a título de exemplo não limitativo, uma turbomáquina 1 de ventoinha não carenada, de acordo com a invenção, que compreende de a montante para a jusante, no sentido de escoamento dos gases (simbolizado pela flecha F) no interior da turbomáquina de eixo longitudinal L-L, um compressor 2, uma câmara anular de combustão 3, uma turbina de alta pressão 4 e duas turbinas de baixa pressão 5 e 6 que são contrarrotativas, quer dizer que elas giram em dois sentidos opostos em torno do eixo longitudinal L-L.

[0042] Cada uma das turbinas de baixa pressão 5 e 6 é solidária em rotação de uma hélice externa 7, 8 que se estende radialmente no exterior da nacela 9 da turbomáquina 1, a nacela 9 sendo substancialmente cilíndrica e se estendendo ao longo do eixo L-L em torno do compressor 2, da câmara de combustão 3 e das turbinas 4, 5 e 6. Os gases de combustão que saem das turbinas são expulsos através de uma tubeira 10 para aumentar o impulso.

[0043] As hélices 7 e 8 são dispostas coaxialmente uma atrás da outra e compreendem uma pluralidade de lâminas 11A e 11B distribuídas de modo equiangular em torno do eixo longitudinal L-L. As lâminas 11A e 11B se estendem substancialmente radialmente e são do tipo com ajuste variável, quer dizer que elas podem girar em torno de seu eixo longitudinal de maneira a otimizar a posição angular das mesmas em função das condições de funcionamento desejadas da

turbomáquina 1. Evidentemente, em variante, as lâminas das hélices poderiam também ser de ajuste fixo.

[0044] Cada hélice a montante 7 ou a jusante 8 compreende um cubo rotativo 12,1 3 que sustenta as lâminas 11A, 11B e que é disposto de modo concêntrico ao eixo longitudinal L-L da turbomáquina 1, perpendicularmente a esse último.

[0045] As lâminas a montante 11A e a jusante 11B são cada uma delas formadas por um corpo de lâmina 14 e por um pé de lâmina 15, montado de modo rotativo sobre o cubo 12, 13 correspondente.

[0046] A figura 2 representa a arte anterior tal como descrita no pedido anterior FR 2 980 818. Nessa arte anterior, cada lâmina 11A da hélice a montante 7 compreende uma única excrescência 16 formada sobre o bordo de ataque 17 da lâmina 11A considerada.

[0047] Essa excrescência 16 tem uma forma arredondada e é definida pelos parâmetros seguintes:

- uma posição fixa em envergadura h , que é compreendida entre $0,75 H$ e $0,85 H$, com H a altura da lâmina a montante 11A;
- uma altura em envergadura d , que é compreendida entre $0,05 H$ e $0,2 H$; e
- uma largura em corda l , que é compreendida entre $c/16$ e $c/8$, com c o comprimento da corda local da lâmina na posição em envergadura h da excrescência 16.

[0048] A excrescência 16 permite uma perturbação da distribuição da circulação em torno da lâmina a montante 11A, o que provoca dois turbilhões principais co-rotativos:

- um primeiro turbilhão natural (ou turbilhão marginal) que se forma na extremidade livre 18 da lâmina a montante 11A;
- um segundo turbilhão forçado distinto (ou turbilhão principal suplementar) que ocorre na proximidade da única excrescência 16.

[0049] A excrescência 16 provoca também a formação de turbilhões auxiliares contrarrotativos (quer dizer de sentido contrário aos dois turbilhões marginal e

suplementar) que se intercalam entre os dois turbilhões principais co-rotativos impedindo assim a fusão dos mesmos antes de impactar a hélice a jusante 8.

[0050] Dito de outro modo, por ocasião da rotação da hélice a montante 7, a excrescência 16 vem perturbar localmente a distribuição da circulação em torno da lâmina a montante 11A, de maneira a formar dois turbilhões principais independentes à jusante e que permanecem até a hélice a jusante 8.

[0051] Essa solução permite cindir a fonte acústica em duas fontes defasadas, o que leva a uma diminuição do ruído de interação.

[0052] A invenção, da qual o princípio está esquematicamente representado na figura 3, representa um aperfeiçoamento dessa tecnologia.

[0053] Os inventores constataram que a tração alvo (para um ponto de voo em questão, que representa a força necessária para colocar em movimento a aeronave), em particular no caso de um par de hélices, pode ser atingida com o auxílio de diferentes combinações de parâmetros tais como: a velocidade de rotação das hélices e o ângulo de ajuste de suas lâminas. A cada combinação de parâmetros corresponde uma distribuição de circulação em torno da lâmina a montante 11A diferente. É portanto necessário adaptar a posição da excrescência 16 ao ponto de voo considerado para agir o mais eficazmente possível. Estudos mostraram que a posição da excrescência 16 é determinante na obtenção do efeito desejado. De fato, essa excrescência 16 tem como efeito influenciar a geração dos turbilhões dos bordos de ataque das lâminas. Ora, esses últimos dependem, em termos de posição e de intensidade, dos parâmetros de voo, tais como a velocidade de deslocamento da aeronave, a velocidade de rotação das hélices e o ajuste angular das lâminas. Os inventores constataram de fato que as trajetórias dos turbilhões dos bordos de ataque sobre os extradorsos das lâminas dependem das configurações de voo, e portanto que a posição dos turbilhões varia em função dos parâmetros de voo. Seria preciso portanto que a posição das excrescências seja adaptada à posição dos turbilhões a fim de reduzir significativamente o ruído de interação por ocasião das diferentes fases de voo.

[0054] A solução proposta consiste em uma excrescência 16 localizada sobre o

bordo de ataque 17 da lâmina 11A, da qual o posicionamento (flechas 19) ao longo desse bordo de ataque, quer dizer de acordo com a envergadura h da lâmina, pode se adaptar ao ponto de voo (decolagem, sobrevoos, cruzeiro, aproximação, etc.). A solução responde assim à necessidade precitada.

[0055] Para isso, a invenção propõe equipar a lâmina 11A com meios de regulagem da posição da excrescência 16 ao longo de seu bordo de ataque 17.

[0056] As figuras 3 e 4 representam um modo de realização não exclusivo da invenção, no qual os meios de regulagem são do tipo com corredeira.

[0057] A excrescência 16 é aqui formada por um domo e é levada por um dedo 20 que é guiado em uma canelura 21 que se estende ao longo de uma parte do bordo de ataque 17 da lâmina 11A.

[0058] A excrescência 16 pode ser levada para e mantida em qualquer posição sobre o bordo de ataque 17, entre duas posições extremas respectivamente baixa (figura 3) e alta (figura 4). No caso em que a posição ótima da excrescência 16 pode variar entre 0,75 H e 0,85 H (H sendo a altura da lâmina a montante 11A) de acordo com as condições de funcionamento, a posição extrema baixa da figura 3 está situada a 0,75 H e a posição extrema alta da figura 4 está situada a 0,85 H.

[0059] A excrescência 16 e a parte da lâmina 11A que se estende em torno da canelura 21 são recobertas por uma membrana 22 de preferência flexível e fina, que é destinada a se ajustar à forma da excrescência 16 e do bordo de ataque 17 para assegurar uma continuidade de superfície aerodinâmica entre a excrescência 16 e o resto da lâmina e limitar as perdas de carga em funcionamento. A parte da membrana 22 que recobre a excrescência 16 define um relevo que reproduz de preferência o mais fielmente possível a forma e as dimensões da excrescência 16. O deslocamento da excrescência 16 ao longo do bordo de ataque 17 provoca uma deformação, de preferência elástica, da membrana 22. O relevo definido pela membrana 22 se desloca então seguindo para isso a excrescência 16.

[0060] Como está esquematicamente representado nos desenhos, a lâmina 11A é de preferência equipada:

- por um lado, com meios 23 de lubrificação da interface 24 entre a

excrescência 16 e a membrana 22, por exemplo por injeção de óleo de lubrificação nessa interface, para limitar as forças de atrito entre a excrescência 16 e a membrana 22 que podem se opor ao deslocamento da excrescência,

- e, por outro lado, com meios 25 de colocação sob vácuo do volume contido entre a membrana 22 e a excrescência 16, e de preferência também entre a membrana e a parte da lâmina recoberta pela membrana 22. Esses meios 25 são por exemplo meios de aspiração de gás destinados a manter uma depressão dentro do volume precitado, de modo a que a membrana permaneça aplicada contra a excrescência da lâmina.

[0061] É compreendido que a lâmina 11A é no exemplo representado pelo menos em parte vazada e compreende pelo menos uma cavidade interna de alojamento dos meios 23, 25 precitados.

[0062] O dedo 20 é ligado a meios de acionamento que compreendem no exemplo representado um macaco de comando 26 do tipo pneumático ou hidráulico. O macaco 26 compreende um cilindro 27 solidário da lâmina 11A e uma haste de êmbolo 28 que é ligada ao dedo 20. A excrescência 16 é deslocada de uma posição para uma outra ao longo do bordo de ataque 17 da lâmina 11A por deslocamento da haste de êmbolo 28 em relação ao cilindro 27 do macaco 26, a haste de êmbolo 28 podendo sair do cilindro 27 ou entrar nesse cilindro 27.

[0063] De modo clássico, a extremidade da haste de êmbolo 28 oposta ao dedo 20 leva um disco 29 de separação de duas câmaras internas, respectivamente dianteira e traseira, do cilindro 27. Cada câmara é ligada a meios de alimentação com fluido sob pressão (gás, óleo, etc.) e de evacuação desse fluido, para provocar o deslocamento da haste de êmbolo 28 relativamente ao cilindro 27 e portanto o deslocamento da excrescência 16. Os meios de alimentação e de evacuação compreendem aqui condutos 30 de fluido que são destinados a ser conectados a uma bomba 31 e a uma fonte de fluido 32 situadas de preferência no exterior da lâmina.

[0064] A bomba 31 é acionada por um computador 33 que controla assim o deslocamento e a posição da excrescência 16 da lâmina 11A.

[0065] Como está representado nas figuras 3 e 4, cada lâmina 11A da hélice pode ser equipada com seu próprio macaco 26. Em variante e como representado na figura 5, um único macaco 34 permite comandar, por exemplo por intermédio de um sistema de alavancas, o deslocamento das excrescências 16 do conjunto das lâminas 11A da hélice 7, que são também pelo menos em parte vazadas. Esse macaco 34 pode ser montado na nacela 9 da turbomáquina 1.

[0066] A posição ótima da excrescência 16 sobre o bordo de ataque 17 de uma lâmina 11A pode: (i) ou ser definida à montante da concepção com o auxílio de cálculos numéricos, registrada nos comandos de coo do motor, e gerada pelo computador 33, (ii) ou ser determinada no decorrer do voo por meio do computador 33.

[0067] No primeiro caso (i), as posições ótimas das excrescências 26 das lâminas 11A que, a um instante t , devem ser todas idênticas, são calculadas e predeterminadas em função dos diferentes pontos de voo para otimizar o objetivo procurado a saber reduzir os danos sonoros ligados à interação dos turbilhões principais gerados pelas lâminas da hélice a montante 7 com aquelas da hélice a jusante 8. É considerado que cada ponto de voo ou cada condição de funcionamento é definido por um jogo de vários parâmetros entre os quais a velocidade de rotação da hélice, a velocidade de deslocamento da aeronave equipada com essa hélice, e o ângulo de ajuste das lâminas da hélice. Assim, dispõe-se de uma posição pré-programada para cada jogo de parâmetros. É compreendido assim que o computador 33 vai comandar o deslocamento das excrescências 16 das lâminas em função do ponto de voo em curso.

[0068] O outro caso (ii) pode consistir em equipar a turbomáquina 1 com pelo menos um sensor 35 tal como um sensor de pressão ou um receptor acústico. O computador 33 compreende nesse caso um algoritmo de servocomando que permite ajustar a posição das excrescências 16 de modo a minimizar o sinal acústico percebido pelo sensor 35. O sensor 35 é de preferência posicionado na proximidade da zona de impacto dos turbilhões, por exemplo sobre uma das lâminas 11B da

hélice a jusante 8, como representado na figura 5.

[0069] A descrição que precede faz referência a uma turbomáquina de ventoinha não carenada. Ainda que a invenção seja especialmente adaptada para uma tal turbomáquina, ela não está limitada a essa aplicação e pode ser aplicada a outros tipos de turbomáquinas tal como um turbopropulsor ou uma turbomáquina de ventoinha carenada.

[0070] No caso de um turbopropulsor, a invenção pode ser aplicada à hélice desse turbopropulsor de modo a limitar os danos sonoros ligados à interação dos turbilhões principais gerados pela hélice com a fuselagem da aeronave e/ou com a nacela do turbopropulsor. O sensor 35 precitado pode assim ser montado sobre a fuselagem da aeronave ou a nacela do turbopropulsor.

[0071] No caso de uma turbomáquina de ventoinha carenada, a invenção pode ser aplicada à hélice de ventoinha de modo a limitar os danos sonoros ligados à interação dos turbilhões principais gerados por essa hélice com o pilar de ligação da turbomáquina à aeronave. O sensor 35 precitado pode assim ser montado sobre o pilar.

[0072] A figura 7 é uma vista que corresponde à figura 3 e que representa uma variante de realização da invenção e mais especialmente uma variante de realização dos meios de regulagem da posição da excrescência 16 ao longo do bordo de ataque 17 da lâmina 11A, que são aqui do tipo com cabo(s) 40.

[0073] A excrescência 16 é aqui formada por um domo e é levada por um dedo 20 que é guiado em uma canelura que se estende ao longo de uma parte do bordo de ataque 17 da lâmina 11A.

[0074] A excrescência 16 pode ser levada para e mantida em qualquer posição sobre o bordo de ataque 17, entre duas posições extremas respectivamente baixa e alta. No caso em que a posição ótima da excrescência 16 pode variar entre 0,75 H e 0,85 H (H sendo a altura da lâmina a montante 11A) de acordo com as condições de funcionamento, a posição extrema baixa está de preferência situada a 0,75 H e a posição extrema alta está de preferência situada a 0,85 H.

[0075] A excrescência 16 e a parte da lâmina 11A que se estende em torno da

canelura são recobertas por uma membrana 22 de preferência flexível e fina, que é destinada a se ajustar à forma da excrescência 16 e do bordo de ataque 17 para assegurar uma continuidade de superfície aerodinâmica entre a excrescência 16 e o resto da lâmina e limitar as perdas de carga em funcionamento. A parte da membrana 22 que recobre a excrescência 16 define um relevo que reproduz de preferência o mais fielmente possível a forma e as dimensões da excrescência 16. O deslocamento da excrescência 16 ao longo do bordo de ataque 17 provoca uma deformação, de preferência elástica, da membrana 22. O relevo definido pela membrana 22 se desloca então seguindo para isso a excrescência 16.

[0076] Como está esquematicamente representado nos desenhos, a lâmina 11A é equipada com pelo menos um cabo 40 do qual uma extremidade é fixada ao dedo 20 e do qual a outra extremidade oposta é fixada a uma árvore 42 rotativa e é configurado, por um lado, para se enrolar em torno da árvore quando essa última gira em um primeiro sentido em torno de seu eixo de rotação, e por outro lado, para se desenrolar quando a árvore gira em um segundo sentido oposto. No exemplo representado, o enrolamento do cabo 40 em torno da árvore 42 acarreta um deslocamento na direção da posição baixa da excrescência 16, e um desenrolamento do cabo acarreta um deslocamento na direção da posição alta da excrescência. Esse último deslocamento é tornado possível em funcionamento pelas forças centrífugas às quais é submetida a excrescência 16, ligadas à rotação da hélice. De fato, em funcionamento, a excrescência 16 é submetida a um esforço permanente, orientado para a direção oposta à tensão do cabo 40.

[0077] É compreendido que a lâmina 11A é, no exemplo representado, pelo menos em parte vazada e compreende pelo menos uma cavidade interna de alojamento do cabo 40.

[0078] É possível montar, dentro da cavidade da lâmina 11A, uma ou várias polias 44 de guia do cabo, para facilitar a cinemática do sistema e otimizar as tensões exercidas sobre a ligação corredeira entre a excrescência 16 e a lâmina 11A.

[0079] As figuras 8 e 9 são vistas que correspondem à figura 3 e que representam uma outra variante de realização da invenção e mais especialmente

uma variante de realização dos meios de regulação da posição da excrescência 16 ao longo do bordo de ataque 17 da lâmina 11A, que são aqui de material deformável do tipo piezoelétrico por exemplo. Um tal material é um material que se deforma quando ele é submetido a uma corrente elétrica.

[0080] A excrescência 16 é aqui formada por uma série de elementos 46 realizados em um tal material e dispostos uns ao lado dos outros ao longo de uma parte do bordo de ataque 17 da lâmina 11A.

[0081] A forma da excrescência 16 é modificável e pode compreender um relevo ao nível de qualquer posição sobre o bordo de ataque 17, entre duas posições extremas respectivamente baixa e alta. No caso em que a posição ótima da excrescência 16 pode variar entre 0,75 H e 0,85 H (H sendo a altura da lâmina a montante 11A) de acordo com as condições de funcionamento, a posição extrema baixa é de preferência situada a 0,75 H e a posição extrema alta da figura 8 é de preferência situada a 0.85 H (a figura 9 representa uma porção intermediária).

[0082] Os elementos 46 da excrescência 16 são recobertos por uma membrana 22 de preferência flexível e fina, que é destinada a se ajustar à forma da excrescência 16 e o bordo de ataque 17 para assegurar uma continuidade de superfície aerodinâmica entre a excrescência 16 e o resto da lâmina e limitar as perdas de carga em funcionamento. A parte da membrana 22 que recobre a excrescência 16 define um relevo que reproduz de preferência o mais fielmente possível a forma e as dimensões da excrescência 16. As deformações da excrescência 16 ao longo do bordo de ataque 17 provoca uma deformação, de preferência elástica, da membrana 22. O relevo definido pela membrana 22 se desloca então seguindo para isso a excrescência 16.

[0083] Como está esquematicamente representado nos desenhos, a lâmina 11A é equipada com meios 48 de alimentação elétrica dos elementos 46, os meios 48 sendo ligados aos elementos por fios elétricos 50. Cada elemento pode ser alimentado de modo independente de modo a obter a forma desejada da excrescência 16.

[0084] É compreendido que a lâmina 11A é no exemplo representado pelo menos em pare vazada e compreende pelo menos uma cavidade interna de alojamento dos

fos 50 e mesmo dos meios de alimentação 48.

REIVINDICAÇÕES

1. Lâmina (11A) para uma hélice (7) de turbomáquina (1), em particular de ventoinha não carenada, que compreende em seu bordo de ataque (17) uma excrescência (16), caracterizada pelo fato de compreender meios (20, 21) de regulagem da posição da excrescência ao longo de seu bordo de ataque.

2. Lâmina (11A), de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a excrescência (16) está situada na extremidade de um dedo (20) que é guiado em translação em uma canelura (21) que se estende ao longo de uma parte do bordo de ataque (17) da lâmina.

3. Lâmina (11A), de acordo com a reivindicação 2, caracterizada pelo fato de que a excrescência (16) e a parte do bordo de ataque (17) que compreende a canelura (21) são recobertas por uma membrana (22) flexível fixada na lâmina.

4. Lâmina (11A), de acordo com a reivindicação 3, caracterizada pelo fato de compreender meios (25) de manutenção sob vácuo do volume contido entre a membrana (22) e o bordo de ataque (17) da lâmina.

5. Lâmina (11A), de acordo com a reivindicação 3 ou 4, caracterizada pelo fato de compreender meios (23) de lubrificação da interface (24) entre a excrescência (16) e a membrana (22).

6. Lâmina (11A), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizada pelo fato de que a excrescência (16) é ligada à haste de êmbolo (28) de um macaco (26, 34) de comando do deslocamento da excrescência ao longo do bordo de ataque (17).

7. Lâmina (11A), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizada pelo fato de que a excrescência (16) é ligada a uma extremidade de pelo menos um cabo (40) do qual uma extremidade oposta é fixada a uma árvore (42) rotativa tendo em vista o enrolamento do cabo em torno da árvore.

8. Lâmina (11A), de acordo com a reivindicação 7, caracterizada pelo fato de que pelo menos um cabo é guiado por pelo menos uma polia (44).

9. Lâmina (11A), de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato

de que a excrescência (16) compreende uma série de elementos (46) feitos de material deformável do tipo piezoelétrico.

10. Lâmina (11A), de acordo com a reivindicação 9, caracterizada pelo fato de que cada um dos elementos (46) é ligado de maneira independente a meios (48) de alimentação elétrica.

11. Hélice (7), em particular para turbomáquina de ventoinha não carenada, caracterizada pelo fato de compreender uma pluralidade de lâminas (11A) conforme definidas em qualquer uma das reivindicações 1 a 10.

12. Hélice (7), de acordo com a reivindicação 11, caracterizada pelo fato de que as excrescências (16) das lâminas são ligadas à haste de êmbolo de um único macaco de comando (34).

13. Turbomáquina (1), em particular de ventoinha não carenada, caracterizada pelo fato de compreender pelo menos uma hélice (7) conforme definida na reivindicação 11 ou 12.

14. Turbomáquina (1), de acordo com a reivindicação 13, caracterizada pelo fato de compreender um sensor (35), tal como um receptor acústico, montado na proximidade da hélice (7) e configurado para transmitir informações a um computador, esse computador sendo ligado a meios (26, 34) de acionamento dos meios (20, 21) de regulação das posições das excrescências (16) das lâminas (11A).

15. Processo de redução das emissões sonoras de uma turbomáquina (1) conforme definida na reivindicação 13 ou 14, caracterizado pelo fato de que a posição da excrescência (16) ao longo do bordo de ataque (17) de cada lâmina (11A) é regulada em função das condições de funcionamento da turbomáquina, e em especial em função de um jogo de parâmetros de funcionamento.

16. Processo, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que, as posições ótimas das excrescências (16) das lâminas (11A) são predeterminadas para várias condições de funcionamento, consistindo, para uma condição de funcionamento dada, em colocar as excrescências das lâminas na posição ótima predeterminada correspondente.

17. Processo, de acordo com a reivindicação 15 ou 16, caracterizado pelo fato de compreender uma etapa de detecção de turbilhões gerados pela hélice (7) ou de detecção do ruído provocado pela interação desses turbilhões com uma superfície situada à jusante, e uma etapa de regulagem da posição das excrescências (16) das lâminas (11A) em função do sinal detectado na etapa precedente.

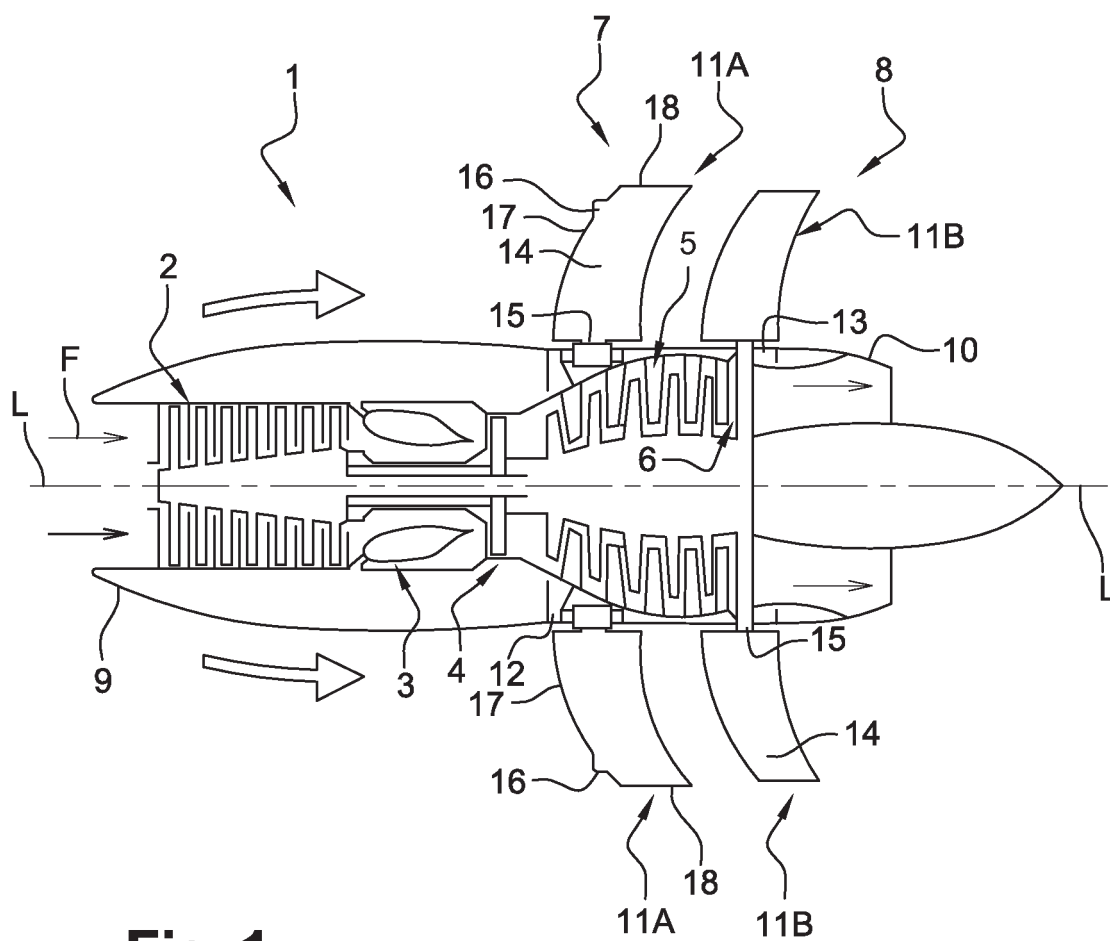


Fig. 1

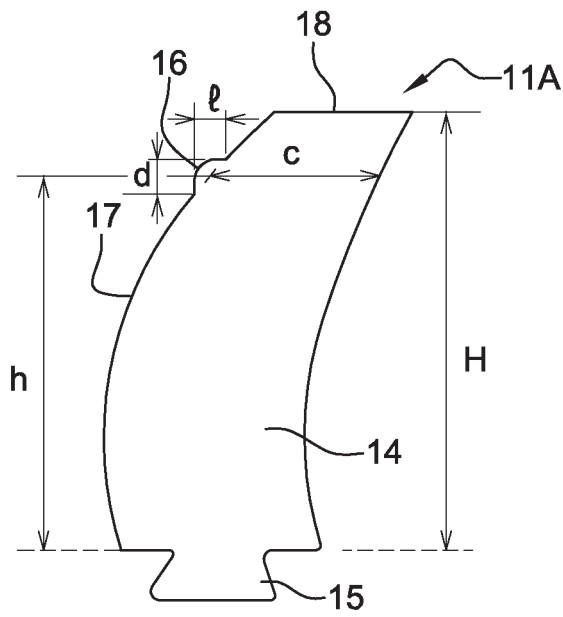


Fig. 2

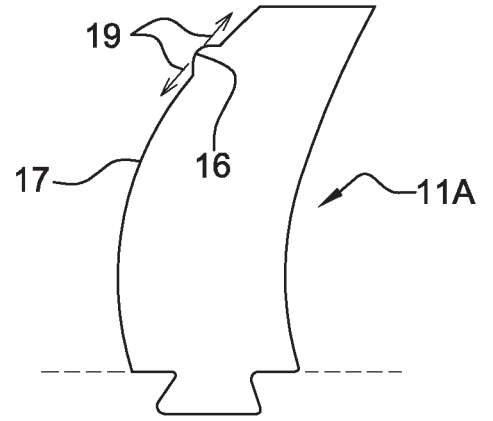


Fig. 3

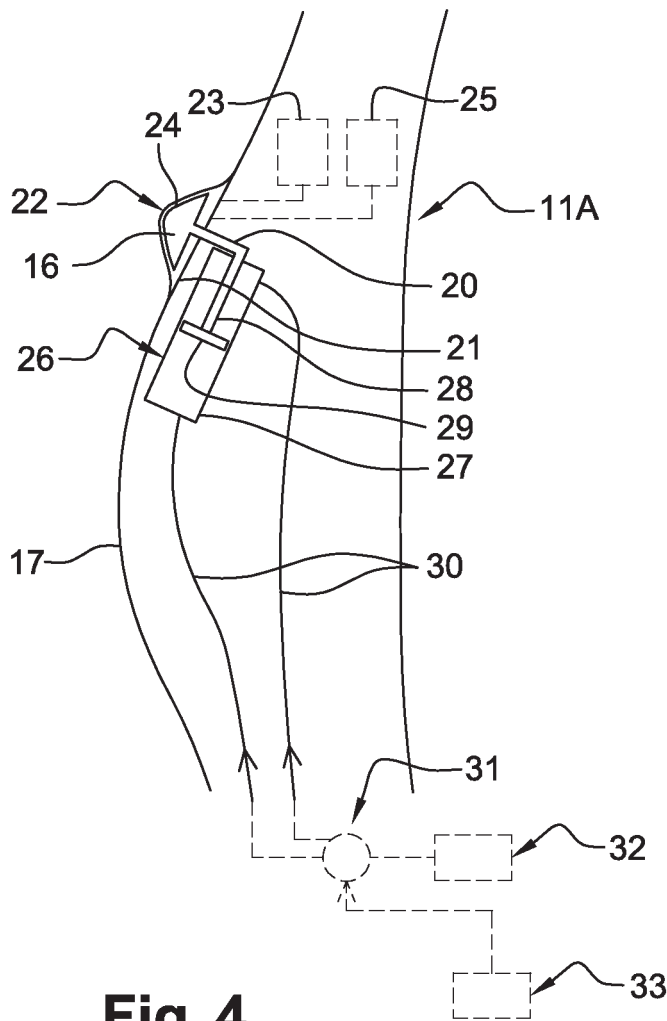


Fig. 4

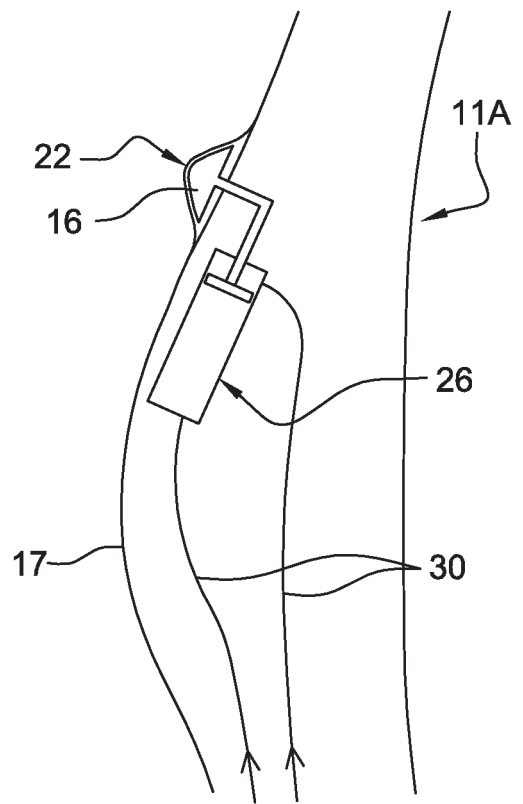


Fig. 5

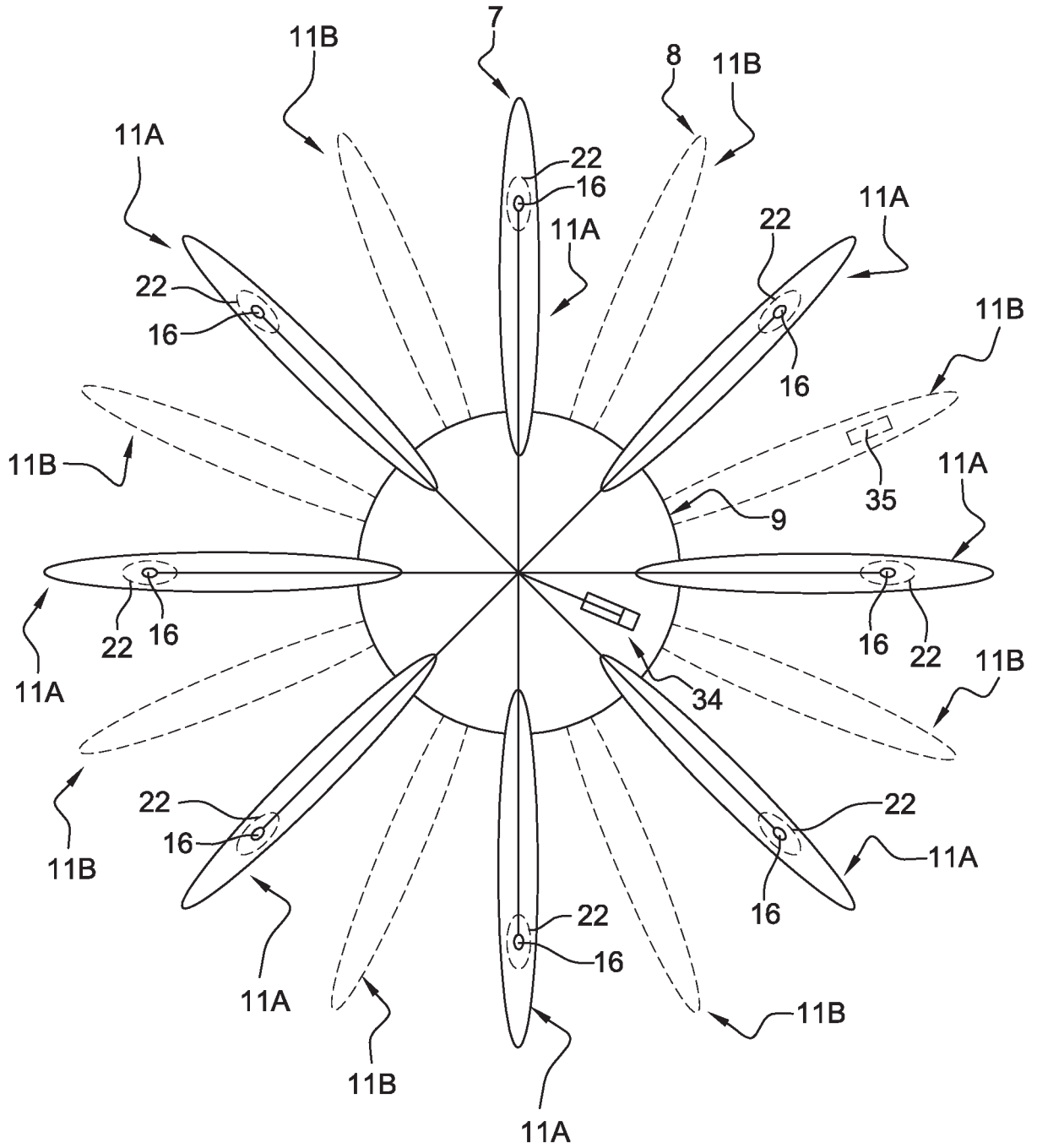


Fig. 6

Fig. 7

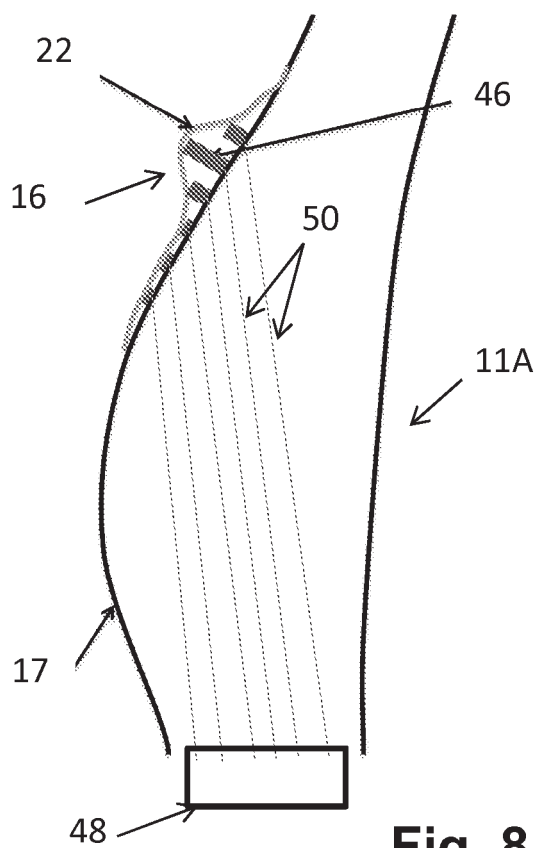
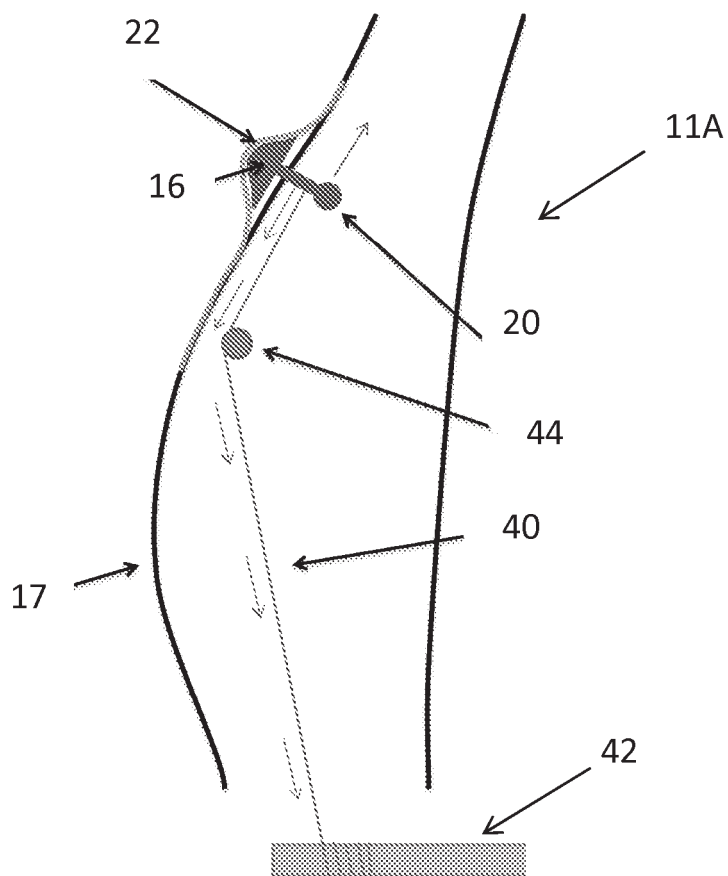


Fig. 8

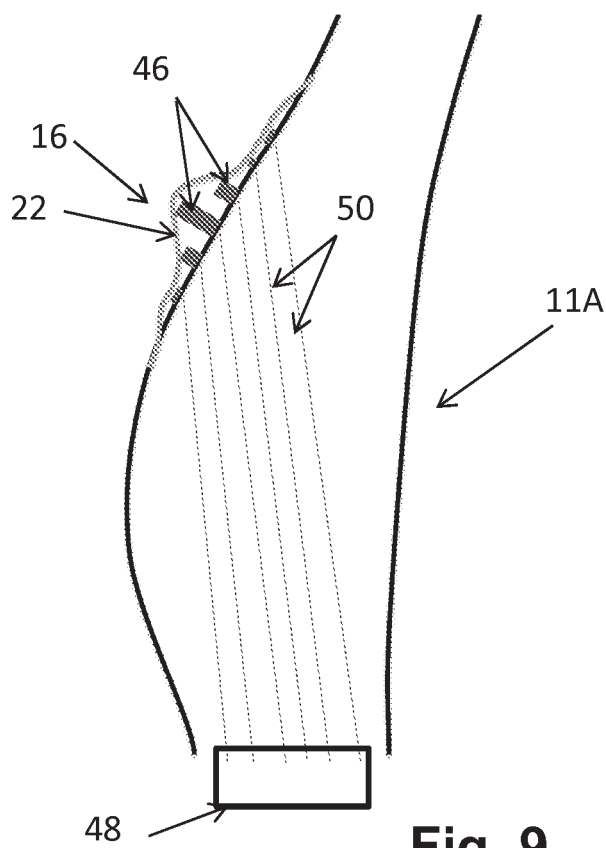


Fig. 9