



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

(11) PI 0922165-4 B1



(22) Data do Depósito: 17/12/2009

(45) Data de Concessão: 31/03/2020

(54) Título: SISTEMA DE HÉLICES CONTRA-ROTATIVAS PARA TURBOMÁQUINA DE AERONAVE E TURBOMÁQUINA PARA AERONAVE

(51) Int.Cl.: F02C 3/067; F02C 7/36; F02K 3/072.

(30) Prioridade Unionista: 19/12/2008 FR 0858822.

(73) Titular(es): SNECMA.

(72) Inventor(es): GILLES ALAIN MARIE CHARIER; WOUTER BALK; FRANÇOIS GALLET.

(86) Pedido PCT: PCT EP2009067446 de 17/12/2009

(87) Publicação PCT: WO 2010/070066 de 24/06/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 17/06/2011

(57) Resumo: SISTEMA DE HÉLICES CONTRA-ROTATIVAS PARA TURBOMÁQUINA DE AERONAVE E TURBOMÁQUINA PARA AERONAVE A presente invenção refere-se a um sistema de hélices contra-rotativas (30) para turbomáquina de aeronave, compreendendo: uma turbina livre de potência (32) compreendendo um primeiro rotor (32a); uma primeira e uma segunda hélices (7, 9); e um dispositivo de transmissão mecânica (13) compreendendo um trem epicicloidal (15) munido de um planetário (17) acionado pelo rotor (32a), pelo menos um satélite (21), um porta-satélite (s) (25) acionando a primeira hélice (7), bem como uma coroa (31) acionando a referida segunda hélice (9). De acordo com a invenção, a turbina livre (32) compreende igualmente um segundo rotor (32b) contra-rotativo com relação ao primeiro rotor (32a), e acionando em rotação a coroa (31).

“SISTEMA DE HÉLICES CONTRA-ROTATIVAS PARA TURBOMÁQUINA DE AERONAVE E TURBOMÁQUINA PARA AERONAVE”

DESCRIÇÃO

DOMÍNIO TÉCNICO

[0001] A presente invenção refere-se de modo geral a um sistema de hélices contra-rotativas, para turbomáquina de aeronave.

[0002] A invenção refere-se igualmente a uma turbomáquina para aeronave compreendendo tal sistema de hélices contra-rotativas.

[0003] A invenção é aplicável preferivelmente a turbomáquinas para aeronave, por exemplo, do tipo turborreator ou turbopropulsor. É aplicável mais particularmente às turbomáquinas ditas de “rotor aberto”, nas quais uma turbina livre de potência aciona as duas hélices contra-rotativas, direta ou indiretamente através de um dispositivo de transmissão mecânica formando redutor e compreendendo notadamente um trem epicicloidal. Estes em sistemas de hélices contra-rotativas, as hélices são, portanto, desprovidas de carenagem no nível das suas extremidades radiais externas.

ESTADO DA TÉCNICA ANTERIOR

[0004] Da arte anterior, são conhecidas efetivamente turbomáquinas a com sistemas de hélices contra-rotativas, cujas hélices são acionadas por um dispositivo de transmissão mecânica, tomando habitualmente a forma de um redutor diferencial. Este redutor diferencial comporta um trem epicicloidal particular, cujo planetário é acionado em rotação por um rotor de uma turbina livre de potência, cujo porta-satélite aciona a primeira hélice, e cuja coroa aciona a segunda hélice. A esse respeito, é notado que em função da posição das hélices contra-rotativas em relação à turbina livre de potência que o aciona, a primeira hélice constitui a hélice a jusante e a segunda hélice, a hélice a montante, ou inversamente. Seja como for, ao contrário de um trem epicicloidal simples, a coroa não é fixa, mas móvel.

[0005] Com tal trem epicicloidal, as duas hélices não podem sofrer os mesmos binários aerodinâmicos. As equações de equilíbrios mecânicos dos satélites mostram que estes dois binários têm necessariamente uma relação constante,

dependente das características geométricas do redutor. Esta relação é necessariamente diferente da relação unitária. Com efeito, a relação entre o binário C1 aplicado à primeira hélice e o binário C2 aplicado à segunda hélice exprime-se como segue:

$$C1/C2 = (R + 1)/(R - 1);$$

com R correspondendo à relação de redução definida pelo trem epicicloidal.

[0006] Assim, para atingir uma relação de binários próxima da unidade, é necessário aumentar a relação de redução R, que não pode, no entanto, para questões de viabilidade mecânica, ser superior a 10. Além disso, o aumento da relação de redução R traduz-se inevitavelmente por um aumento da massa global do sistema de hélices, prejudicando a turbomáquina.

[0007] Devido à relação não unitária entre os binários, uma das duas hélices vai gerar mais rotação do fluxo secundário que a outra hélice, o que se traduz numa rotação residual do fluxo de saída, limitando sensivelmente o rendimento da propulsão e aumentando de maneira nefasta o nível acústico turbomáquina. Nos fatos, é a primeira hélice acionada pelo porta-satélites que é sempre a mais carregada em termos de binário.

[0008] Além disso, esta diferença entre os dois binários gera igualmente uma solicitação acrescida dos meios que servem à fixação da turbomáquina sobre a aeronave, estes meios devendo, portanto, ser super dimensionados para suportar a sobrecarga que é aplicada aos mesmos.

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

[0009] A invenção tem, portanto, por objetivo remediar parcialmente pelo menos os inconvenientes mencionados acima, relativos às realizações da arte anterior.

[0010] Para o efeito, a invenção tem em primeiro lugar por objeto um sistema de hélices contra-rotativas para turbomáquina de aeronave, compreendendo:

- uma turbina livre de potência compreendendo um primeiro rotor;
- uma primeira hélice e uma segunda hélice contra-rotativas destinadas a serem colocadas em rotação em torno de um eixo longitudinal do sistema de hélices,

em relação a um estator deste sistema; e

- um dispositivo de transmissão mecânica compreendendo um trem epicycloidal munido de um planetário centrado sobre o referido eixo longitudinal e acionado pelo referido primeiro rotor da turbina livre de potência, pelo menos um satélite engrenando com o referido planetário, um porta-satélite (s) acionando a referida primeira hélice, bem como uma coroa engrenando com cada satélite e acionando a referida segunda hélice.

[0011] De acordo com a invenção, a referida turbina livre de potência compreende igualmente um segundo rotor contra-rotativo em frente do referido primeiro rotor, e acionando em rotação a referida coroa.

[0012] A invenção prevê, portanto, vantajosamente preencher o déficit de binário recebido pela segunda hélice fazendo de modo que esta seja acionada em parte pelo segundo rotor da turbina livre de potência, via a coroa do trem epicycloidal. Em outros termos, o binário transmitido à segunda hélice pela coroa não provem mais unicamente dos satélites como era anteriormente o caso, mas provém igualmente do segundo rotor da turbina de potência, que se reveste, portanto, com um caráter contra-rotativo.

[0013] Esta especificidade conduz a um equilíbrio dos dois binários transmitidos respectivamente às duas hélices, a relação entre estes dois binários sendo efetivamente unitária. A consequência é em primeiro lugar que as duas hélices vão gerar cada uma rotação do fluxo secundário sensivelmente idêntica, o que evita o aparecimento nefasto de uma rotação residual do fluxo de saída. Assim, o fluxo aerodinâmico é bem retificado em saída do sistema de hélices, o que procura um melhor rendimento de propulsão como uma diminuição do nível acústico produzido.

[0014] Além disso, devido a este equilíbrio dos binários, os meios servindo à fixação da turbomáquina sobre a aeronave são menos solicitados mecanicamente, e podem, por conseguinte, adotar um projeto menos dispendioso em termos de espaço ocupado e de massa.

[0015] Além disso, na turbina livre de potência contra-rotativa, o primeiro rotor pode girar mais rapidamente que no caso de uma turbina clássica, conservando ao

mesmo tempo a mesma potência liberada em saída desta turbina. Esta diminuição da velocidade de rotação do primeiro rotor permite não somente facilitar e simplificar o seu projeto, dado que as forças centrífugas que lhe são aplicadas são menores, mas permite igualmente reduzir a relação de redução conferida pelo trem epicicloidal, dado que a velocidade do seu planetário, acionado pelo primeiro rotor, é reduzida. Destas duas vantagens, daí resulta evidentemente um ganho substancial em termos de massa.

[0016] Além disso, é notado que um redutor é caracterizado por um rendimento mecânico, implicando que uma parte da potência transmitida é transformada em calor. Dado que a potência de cerca de alguns megawatts fornecida por uma turbomáquina de aeronave, este calor tem muita consequência. Estas calorias habitualmente são evacuadas através de um circuito de óleo, e um trocador ar-óleo. A instalação deste trocador na nacela constitui uma tensão principal da integração do conjunto propulsivo, devido ao seu espaço ocupado, a sua massa e o seu rasto. Com o trem epicicloidal realizado de acordo com a invenção, uma parte da potência não transita mais através do redutor, mas é transmitida diretamente à segunda hélice. Portanto, a quantidade das calorias a dissipar no trocador é diminuída, de modo que este último possa adotar um dimensionamento reduzido. Isto, portanto, tem um efeito benéfico sobre a massa, o espaço ocupado e o rasto do trocador ar-óleo.

[0017] A invenção é aplicável a todas as turbomáquinas, em particular as ditas de "rotor aberto". Neste último caso, a invenção é aplicável que o sistema de hélices seja disposto a montante ou a jusante do gerador de gases. Em cada um destes dois casos, no seio do sistema de hélices, pode ser visado colocar a turbina de potência a montante ou a jusante das hélices contra-rotativas. Isto é igualmente aplicável para a posição do trem epicicloidal frente às hélices.

[0018] Preferivelmente, a referida primeira hélice é a hélice a jusante, e a referida segunda hélice é a hélice a montante. Esta disposição específica é em particular retida quando o sistema de hélices é disposto a jusante do gerador de gases da turbomáquina, notadamente quando esta adota uma concepção

assegurando uma propulsão, dita concepção “*pusher*”. Naturalmente, uma concepção inversa poderia ser visada, na qual a referida primeira hélice seria a hélice a montante, e a referida segunda hélice seria a hélice a jusante, sem sair do quadro da invenção. Esta outra solução em particular é retida quando o sistema de hélices é disposto a montante do gerador de gases turbomáquina, notadamente quando esta adota uma concepção assegurando uma tração, dita concepção “*puller*”.

[0019] Qualquer que seja a concepção visada entre as evocadas acima, ela preferivelmente feita de modo que o referido primeiro rotor da turbina livre de potência, acionando o planetário, quer o rotor interno, e que o referido segundo rotor da turbina livre de potência, acionando a coroa, quer o rotor externo, ainda que uma concepção inversa pudesse ser visada, sem sair do quadro da presente invenção.

[0020] Preferivelmente, o referido porta-satélite (s) é solidário da referida primeira hélice, e a referida coroa é solidária da referida segunda hélice e do segundo rotor da turbina livre de potência.

[0021] Preferivelmente, as primeiras e segundas hélices dispõem cada uma de um sistema de fixação variável das suas lâminas. De maneira conhecida, estes sistemas são pilotados de modo que a velocidade de rotação das duas hélices seja mantida sensivelmente constante em funcionamento, qualquer que seja o regime motor.

[0022] A invenção tem, além disso, por objeto turbomáquina para aeronave compreendendo um sistema de hélices contra-rotativas como descrito acima, esta turbomáquina sendo, por exemplo, um turbopropulsor, mas que pode alternativamente ser um turborreator com ventilador contra-rotativo. Naturalmente, neste último caso, o dispositivo de transmissão mecânica acima citado é destinado a movimentar o ventilador contra-rotativa do turborreator. Preferivelmente, como mencionado acima, a invenção é aplicável mais particularmente a turbomáquinas ditas de “rotor aberto”, nas quais a turbina livre de potência aciona as duas hélices contra-rotativas, indiretamente por intermédio de um dispositivo de transmissão mecânica formando redutor e compreendendo notadamente um trem epicicloidal.

[0023] Outras vantagens e características da invenção aparecerão na descrição detalhada não limitativa abaixo.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0024] Esta descrição será feita em relação aos desenhos anexos entre os quais;

- a figura 1 representa uma vista esquemática em meio-corte longitudinal de uma turbomáquina para aeronave, de acordo com um modo de realização preferido da presente invenção;

- a figura 2 representa uma vista aumentada do sistema de hélices contra-rotativas que equipam turbomáquina mostrada na figura 1; e

- a figura 3 representa uma vista em corte tomada ao longo da linha III-III da figura 2.

EXPOSIÇÃO DETALHADA DE MODOS DE REALIZAÇÃO PREFERIDOS

[0025] Em referência à figura 1, pode-se notar uma turbomáquina 1 do tipo de “rotor aberto”, de acordo com um modo de realização preferido da presente invenção.

[0026] Nas figuras, a direção A corresponde à direção longitudinal ou direção axial, paralela ao eixo longitudinal 2 da turbomáquina. A direção B corresponde quanto a ela à direção radial da turbomáquina. Além disso, a seta 4 esquematiza a direção de avanço da aeronave sob a ação do empuxo da turbomáquina 1, esta direção de avanço sendo contrária ao sentido principal de escoamento dos gases da turbomáquina. Os termos “dianteira”, “a montante”, “parte traseira”, “a jusante” utilizados na sequência da descrição devem ser considerados em relação à referida direção de avanço 4.

[0027] Em parte dianteira, a turbomáquina apresenta uma entrada de ar 6 que prossegue para a traseira por uma nacela 8, esta comportando globalmente uma pele externa 10 e uma pele interna 12, ambas centradas no eixo 2 e deslocadas radialmente uma da outra.

[0028] A pele interna 12 forma cárter radial externo para um gerador de gases 14, compreendendo de maneira clássica, da dianteira em direção à traseira, um

compressor baixa pressão 16, um compressor elevada pressão 18, uma câmara de combustão 20, uma turbina elevada pressão 22, e uma turbina de pressão intermediária 24. O compressor 16 e a turbina 24 são ligados mecanicamente por uma árvore 26, formando assim um corpo de baixa pressão, enquanto o compressor 18 e a turbina 22 são ligados mecanicamente por uma árvore 28, formando um corpo de pressão mais elevada. Portanto, o gerador de gases 14 apresenta preferivelmente uma concepção clássica, dita de duplo corpo.

[0029] A jusante da turbina de pressão intermediária 24 encontra-se um sistema de hélices contra-rotativas 30, formando receptor de turbomáquina.

[0030] Este sistema 30 compreende uma turbina livre de potência 32, formando turbina baixa pressão, e que tem a particularidade de ser contra-rotativa. Com efeito, em referência mais precisamente à figura 2, ela comporta um primeiro rotor 32a constituindo o rotor interno da turbina contra-rotativa, bem como um segundo rotor 32b constituindo o rotor externo desta turbina, este segundo rotor 32b sendo designado igualmente tambor externo.

[0031] O sistema de hélices 30 compreende um estator ou cárter 34, centrado no eixo longitudinal 2 do sistema, e encerrando notadamente a referida uma turbina livre de potência 32. Este estator 34 é de modo conhecido destinado a ser solidário dos outros cárteres da turbomáquina. A esse respeito, é indicado que o sistema de hélices 30 preferivelmente é concebido de modo que as hélices sejam desprovidas de carenagem radial exterior rodeando as mesmas, como visível nas figuras.

[0032] Além disso, a jusante da turbina contra-rotativa 32, o sistema de hélices 30 integra uma primeira hélice 7 ou hélice a jusante, levando lâminas 7a. De maneira análoga, o sistema 30 compreende uma segunda hélice 9 ou hélice a montante, levando lâminas 9a. Assim, as hélices 7, 9 são deslocadas uma da outra segundo a direção 4, e ambas situadas a jusante da turbina livre 32.

[0033] As duas hélices 7, 9 são destinadas a girar em sentidos opostos em torno do eixo 2 em o qual elas são centradas, as rotações efetuando-se em relação ao estator 34 permanecendo imóvel.

[0034] Para o acionamento em rotação destas duas hélices 7, 9, está previsto

um dispositivo de transmissão mecânica 13, formando redutor e compreendendo notadamente um trem epicicloidal 15.

[0035] Em referência as figuras 2 e 3, o trem 15 é munido de um planetário 17 centrado sobre o eixo longitudinal 2, e portado por uma árvore planetária 19 do mesmo eixo, ligado solidariamente para a montante ao primeiro rotor 32a, por solicitação de um freio 38. Assim, o rotor 32a aciona diretamente o planetário 17 em rotação, este último tomando a forma de uma roda denteada exteriormente.

[0036] O trem 15 comporta igualmente um satélite 21, e preferivelmente vários como é visível na figura 3, cada um deles engrenando com o planetário 17. Cada satélite 21 é portado por uma árvore satélite 23 de eixo excêntrico em relação ao eixo 2, e toma a forma de uma roda denteada exteriormente.

[0037] Além disso, o trem 15 é equipado de um porta-satélites 25 centrado sobre o eixo longitudinal 2, e portando de maneira giratória cada um dos satélites 21, por intermédio das árvores 23, respectivamente. O porta-satélites 25 é portado por uma árvore porta-satélites 29 do mesmo eixo, solidário da primeira hélice 7, como é visível na figura 2, de maneira a poder acionar o mesmo diretamente em rotação.

[0038] Por último, o trem 15 dispõe de uma coroa 31 centrada sobre o eixo 2 e levada por uma árvore de coroa 33 de mesmo eixo, esta coroa 31 engrenando com cada satélite 21. A árvore 33 estende-se para a jusante em sendo solidária da segunda hélice 9, de modo a poder acionar a mesma diretamente em rotação. Por exemplo, esta árvore 33 encontra-se situada em torno da árvore porta-satélites 29 com a qual ela é concêntrica como mostrado nas figuras.

[0039] A coroa 31, tomando a forma de uma roda denteada interiormente, apresenta a particularidade adicional de ser portada igualmente por uma outra árvore de coroa 35, de mesmo eixo, e que se estende ela mesma para a montante. Esta árvore de coroa 35, situada em torno da árvore planetária 19 com a qual ela é concêntrica, é ligada solidariamente ao segundo rotor 32b, por solicitação de um freio 40. Assim, o rotor 32b participa igualmente diretamente no acionamento da coroa 31, e, portanto, no acionamento da hélice a montante 9. Isto permite obter uma relação unitária entre os binários transmitidos respectivamente à hélice a

jusante 7 e à hélice a montante 9, para a obtenção de um melhor rendimento da turbomáquina.

[0040] Por último, é notado que neste modo de realização preferido, no qual cada hélice é equipada de um sistema de fixação variável das suas lâminas, o trem epicicloidal 15 situa-se à direita e no interior de um cárter 42 separando a turbina livre de potência contra-rotativa 32 e as hélices 7, 9. Este cárter 42, igualmente designado cárter de escape ou ainda “static frame”, porta um acessório do motor 44 destinado a assegurar a fixação da turbomáquina sobre a estrutura da aeronave.

[0041] Naturalmente, diversas modificações podem ser introduzidas pelo versado na técnica à invenção que acaba de ser descrita, unicamente a título de exemplos não limitativos.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de hélices contra-rotativas (30) para turbomáquina de aeronave, compreendendo:

- uma turbina livre de potência (32) compreendendo um primeiro rotor (32a);

- uma primeira hélice (7) e uma segunda hélice (9) contra-rotativas destinadas a serem colocadas em rotação em torno de um eixo longitudinal (2) do sistema de hélices, em relação a um estator (34) deste sistema; e

um dispositivo de transmissão mecânica (13) compreendendo um trem epicycloidal (15) munido de um planetário (17) centrado no referido eixo longitudinal (2) e acionado pelo referido primeiro rotor (32a) da turbina livre de potência, pelo menos um satélite (21) que engrena com o referido planetário (17), um porta-satélite (S) (25) acionando a referida primeira hélice (7), bem como uma coroa (31) engrenando com cada satélite (21) e acionando a referida segunda hélice (9),

caracterizado pelo fato de que a referida turbina livre de potência (32) compreende igualmente um segundo rotor (32b) contra-rotativo em frente do primeiro rotor (32a), e acionando em rotação a referida coroa (31).

2. Sistema de hélices contra-rotativas, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a referida primeira hélice (7) é a hélice a jusante, e que a referida segunda hélice (9) é a hélice a montante.

3. Sistema de hélices contra-rotativas, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o referido primeiro rotor (32a) da turbina livre de potência é o rotor interno, e em que o referido segundo rotor (32b) da turbina livre de potência é o rotor externo.

4. Sistema de hélices contra-rotativas, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que o referido porta-satélite (S) (25)

é solidário da referida primeira hélice (7), e em que a referida coroa (31) é solidária da referida segunda hélice (9) e do referido segundo rotor (32b) da turbina livre de potência.

5. Sistema de hélices contra-rotativas, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que as primeiras e segundas hélices (7, 9) dispõem cada um de um sistema de fixação variável das suas lâminas.

6. Turbomáquina para aeronave caracterizada pelo fato de compreender um sistema de hélices contra-rotativas (30) como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 5.

7. Turbomáquina, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que é “rotor aberto”.

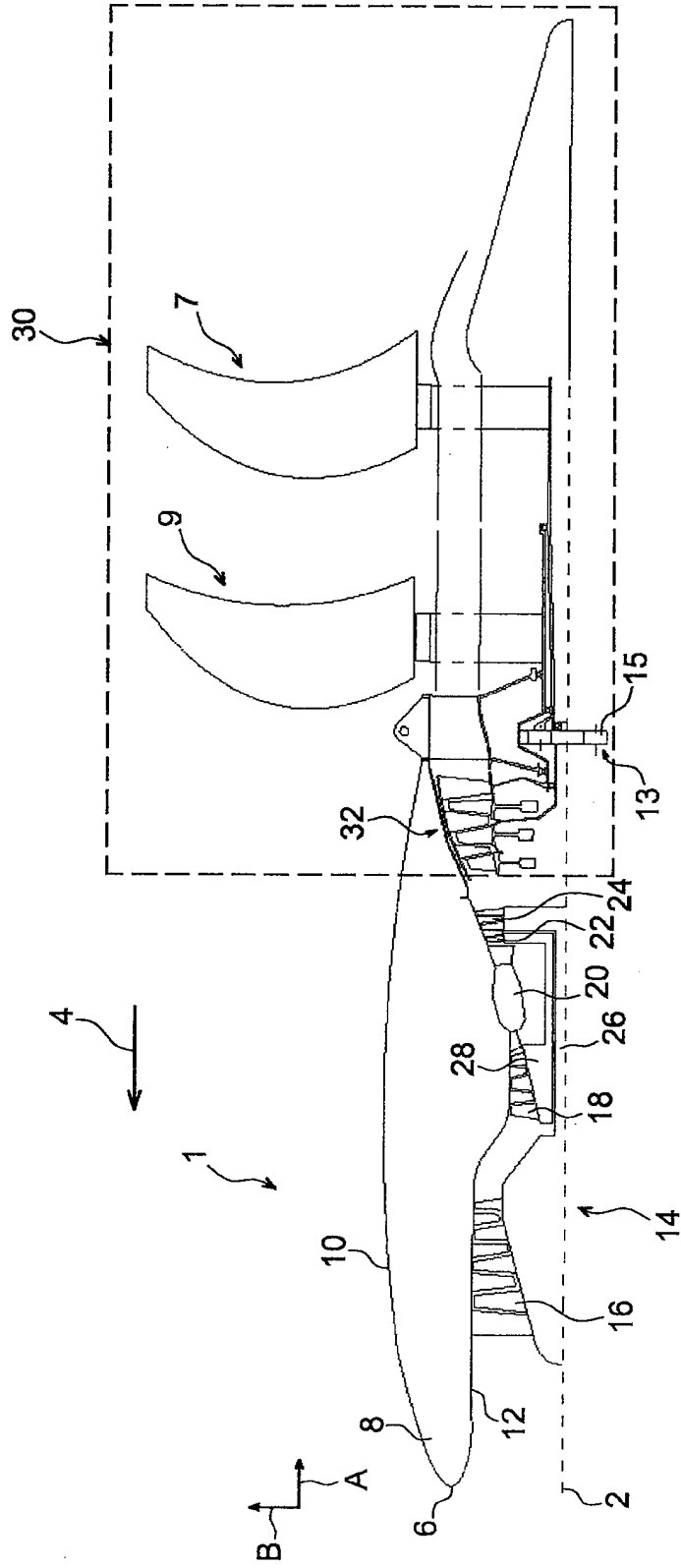


FIG. 1

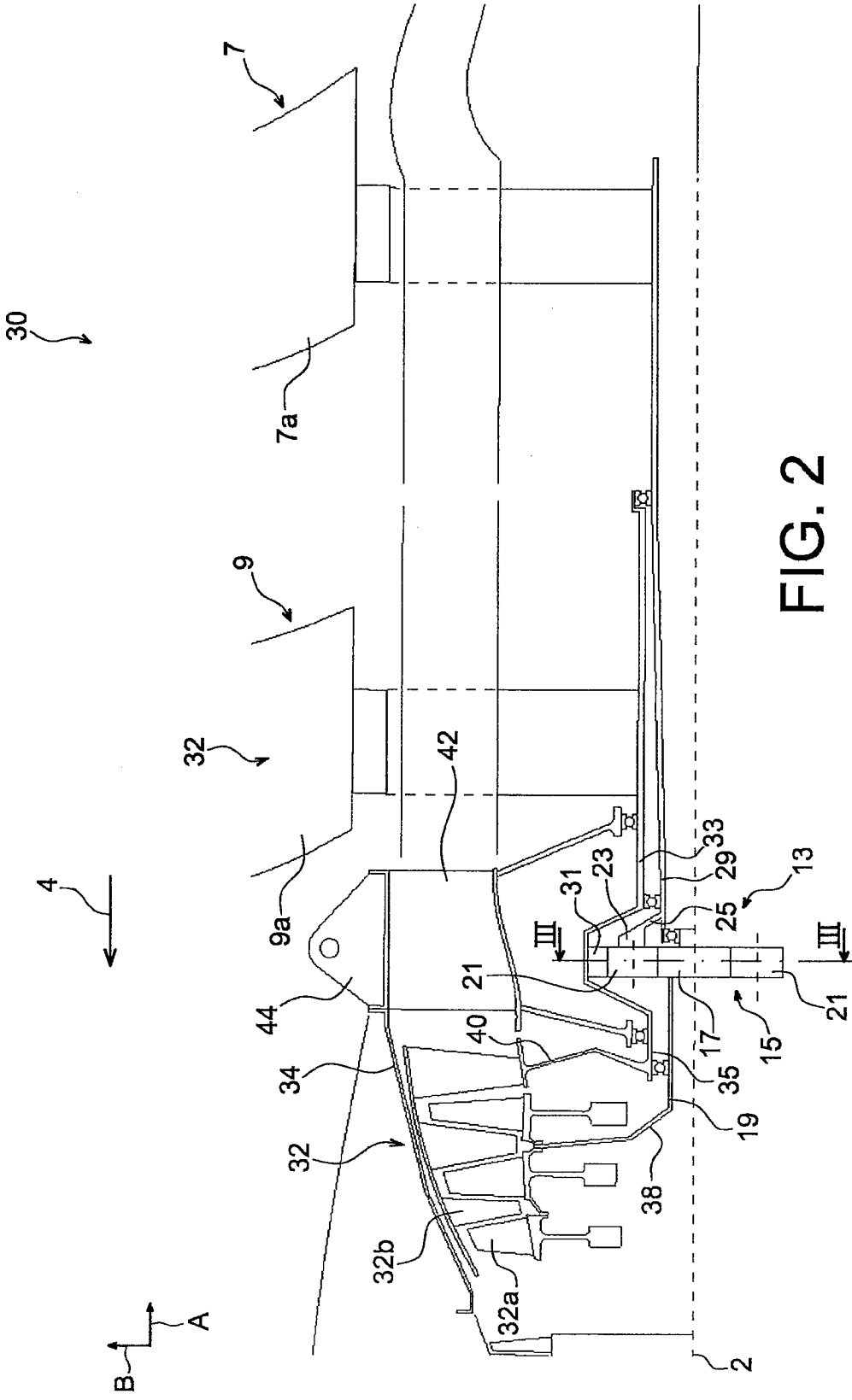


FIG. 2

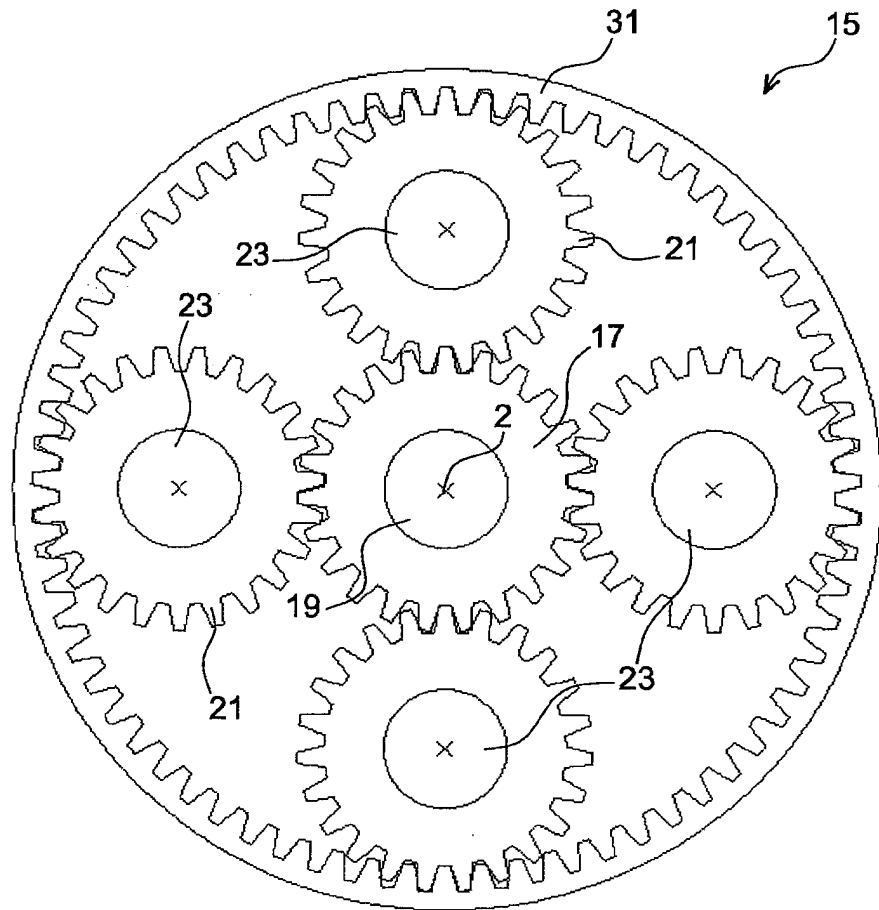


FIG. 3