



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) PI 1102473-9 A2



* B R P I 1 1 0 2 4 7 3 A 2 *

(22) Data de Depósito: 23/05/2011

(43) Data da Publicação: 25/06/2013
(RPI 2216)

(51) Int.Cl.:

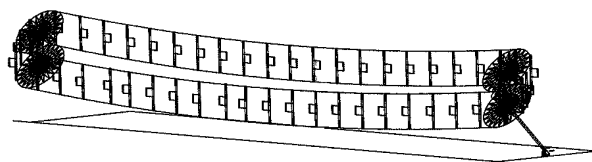
F03D 5/00

(54) Título: TURBINA EÓLICA DE EIXO OBLÍQUO

(73) Titular(es): FERNANDO GARCIA

(72) Inventor(es): FERNANDO GARCIA

(57) Resumo: TURBINA EÓLICA DE EIXO OBLÍQUO. A Turbina Eólica de Eixo Oblíquo FIG-2 caracteriza-se por um conjunto de asas (6) paralelas entre si, dispostas na posição vertical, que se movimentam guiadas por cabos num circuito fechado. O cabo (5) forma um laço fechado tensionado por polias (1) (3), cujos eixos são inclinados em relação ao plano horizontal. O cabo (7) e polias (2) (4) formam um laço idêntico ao anterior deslocado verticalmente para baixo. As asas (6) são fixadas aos cabos (5) (7), em pontos cuja projeção horizontal é coincidente, através de mecanismos (18) (20) apropriados, e percorrem o circuito fechado na posição vertical. O vento incide horizontalmente, formando um ângulo com o plano das asas (6), de forma laminar sem interferências entre asas. Cada asa (6) possui um sistema que controla, seu ângulo de ataque, maximizando a força gerada pelo vento no sentido do deslocamento do cabo. A força resultante gera um conjugado nas polias que é transferido para a superfície através do eixo inclinado (9), convertido em energia elétrica através do conjunto multiplicador de velocidade (10) e gerador elétrico (11). O objetivo da presente invenção é aumentar a potência da turbina, melhorar a eficiência energética e reduzir o custo do KWH instalado.



Turbina Eólica de Eixo Oblíquo

A energia eólica é renovável, limpa, não provoca nenhum dano ao meio ambiente, pode compartilhar o espaço aéreo com qualquer outra atividade econômica da sociedade humana.

A energia eólica provém da energia cinética das massas de ar atmosférico em movimento, e é convertida em energia mecânica através de turbinas eólicas.

A quantidade de energia que se pode obter de uma determinada turbina está relacionada com a velocidade do vento e é proporcional à área útil da turbina e a sua eficiência.

A maior dificuldade para o crescimento do uso da energia eólica é o custo da potência instalada, que no estado atual da técnica e com os materiais disponíveis é ainda muito alto quando comparado com a energia hidráulica.

A energia eólica além da baixa densidade volumétrica ainda tem o inconveniente de ser inconstante no tempo e de forma aleatória, pois depende da velocidade do vento. Porém em geral toda matriz energética de uma região ou país possui outras fontes de energia com capacidade de armazenamento, como é o caso da energia hidráulica.

Os geradores eólicos síncronos podem ainda operar como capacitores durante os períodos sem-vento absorvendo energia reativa da rede elétrica, aumentando assim sua capacidade.

As turbinas eólicas tradicionais são implementadas basicamente de dois tipos:

-Turbina eólica de eixo vertical é caracterizada por possuir pás ou conchas que giram entre dois planos horizontais em torno de um eixo vertical. Na base do eixo vertical são acoplados uma caixa de engrenagens e o gerador elétrico no sentido axial do eixo vertical.

-Turbina eólica de eixo horizontal é caracterizada por possuir hélices que giram num plano vertical em torno de um eixo horizontal, onde são acoplados uma caixa de engrenagem e o gerador elétrico no sentido axial do eixo da hélice. Este conjunto é montado sobre um poste de sustentação.

A turbina de eixo vertical possui uma estrutura muito simples, funciona com qualquer direção do vento sem necessidade de correção, e o conjunto caixa de engrenagens e gerador é montado na base do eixo vertical no nível do solo, o que reduz o custo dos componentes, das estruturas e da manutenção.

A principal desvantagem da turbina de eixo vertical é o fato de que a metade das pás está do lado oposto ao lado de entrada do vento, e recebe o ar que já atravessou a primeira fileira de pás com o fluxo bastante turbulento, reduzindo a sua eficiência.

Para atingir seu máximo rendimento a turbina de eixo vertical funciona de modo assíncrono, sua velocidade de operação varia com a velocidade do

vento, necessitando de um conversor de frequência de custo muito alto para se conectar a rede de distribuição.

5 A turbina de eixo horizontal possui a construção mais complexa. Seu eixo horizontal pode girar 360° no plano horizontal em torno do poste de sustentação, ficando sempre alinhado com a direção do vento. Desta forma recebe o vento perpendicular ao plano da hélice e com o fluxo laminar que é a situação ideal. A turbina de eixo horizontal ainda tem o controle do ângulo de ataque das pás que maximiza seu rendimento para cada velocidade do vento. Mesmo nos projetos mais recentes, seu gerador funciona de forma assíncrona e necessita de um conversor de frequência para se conectar à rede de distribuição.

10 Devido a problemas estruturais e de materiais das pás, tais como a frequência natural de ressonância próxima das frequências geradas pelo vento e a flexão das pás, que acarreta o choque destas com o poste de sustentação da turbina, o limite do comprimento das pás resulta numa área útil da turbina em torno 9.000 m². Por este motivo, na prática, a potência das turbinas de eixo horizontal atuais está limitada em torno de 4 MVA, muito pequena se comparada, por exemplo, com a potência de uma turbina hidráulica de 700 MVA de Itaipu.

20 Assim para reduzir o custo do KVA instalado das turbinas eólicas, será necessário aumentar a área útil da turbina, melhorar sua eficiência e operar de forma síncrona para eliminar o conversor de frequência.

Descrição da Invenção

25 A turbina eólica de eixo oblíquo caracteriza-se por um conjunto de asas (6), paralelas entre si e dispostas na posição vertical, que se movimentam guiadas por dois cabos (5) e (7), com um ângulo de ataque em relação à direção do vento aparente, tal que gera uma força dinâmica com uma componente no sentido do deslocamento do cabo.

30 O cabo (5) forma um laço fechado e é tensionado pelas polias (1) e (3) formando um conjunto do tipo "duas polias ligadas por correia".

Os eixos das polias formam um ângulo (12) com o plano horizontal.

35 O cabo (7) forma um segundo laço fechado e é tensionado pelas polias (2) e (4), idêntico ao cabo (5), com a mesma inclinação nos eixos das polias e está deslocado verticalmente para baixo de uma distância apropriada.

Assim a distância entre dois pontos quaisquer alinhados verticalmente, um no cabo superior (5) e outro no cabo inferior (7) é constante.

40 As polias (1), (2), (3) e (4) possuem aros externos de seção tubular apropriada (FIG-4), cubo central coaxial ao eixo de rotação e raios submetidos à tração e posicionados de tal forma que transferem o conjugado gerado pelos cabos (5) e (7) dos aros para os seus respectivos eixos.

Os eixos das polias (1), (2), (3) e (4) são fixados na estrutura de suporte (não mostrado na FIG-2) através de rolamentos apropriados.

As polias (1) e (2) do lado A (lado esquerdo da FIG-2) rodam livremente e tem a função de tensionar e posicionar os respectivos laços no espaço.

- 5 As polias (3) e (4) do lado B da FIG-2 (lado direito) são interligadas através de um terceiro conjunto de polias e corrente dentada (8) para transferir o conjugado gerado na polia (3) pelo laço superior (5) para o eixo de saída (9). Existe ainda na polia inferior deste conjunto de polias e corrente dentada (8), um mecanismo (não desenhado na FIG-2), que permite fazer pequenos
10 deslocamentos angulares entre a coroa da polia dentada inferior e o eixo de saída (9), para compensar deslocamentos do cabo guia (5) em relação à polia (3), devido a escorregamentos e/ou desgaste da polia, garantindo que as asas fiquem na posição vertical.

- 15 Dois sensores de presença instalados em um poste (não mostrados nas figuras), um próximo ao cabo superior (5) e outro próximo ao cabo inferior (7), alinhados verticalmente, detectam a entrada das extremidades de cada asa (6) nas polias (3) e (4). Quando houver qualquer deslocamento do laço superior (5) em relação ao laço inferior (7) será detectado pelos sensores de presença e o deslocamento corrigido.

- 20 A polia (4) é fixada ao eixo de saída (9), que por sua vez transfere toda energia gerada pela turbina para o conjunto caixa de multiplicação (10) e gerador (11) instalado na superfície.

- 25 As asas (6) da FIG-2 possuem a secção transversal de um aerofólio simétrico para gerar a força de sustentação, e estão conectadas nas duas extremidades aos cabos guias (5) e (7) da FIG-2 através de mecanismos apropriados que permitem o movimento de translação e rotação das asas mantendo sempre a sua posição vertical.

- 30 Estes mecanismos, superior e inferior, que prendem as extremidades das asas nos cabos guia são idênticos e possuem pinças (18) e (20) da FIG- 03 no formato de um "U" que se prendem respectivamente nos cabos guia (7) e (5).

As pinças possuem mancais (17) e (21) da FIG-3 cujos eixos são perpendiculares ao plano inclinado que contém seu respectivo laço e polia. O lado externo dos mancais (17) e (21) são ligados aos respectivos eixos (26) e (14), de rotação das asas.

- 35 O eixo (26) FIG-3 é conectado à extremidade inferior da asa (6), através de dois mancais lineares (16) que permitem o giro da asa em torno deste eixo livremente, e o movimento axial.

- O eixo (14) FIG 03 é conectado à extremidade superior da asa (6), através de dois mancais lineares (22) que permitem o movimento de rotação da asa em
40 torno do eixo (14) e o movimento axial. O movimento axial é limitado pelos limites de curso (23) e (28). O movimento axial dos eixos (14) e (26)

absorvem as variações da distância entre os cabos (5) e (7) devido a oscilações, estiramento dos cabos ou desgaste das polias.

As molas (13) e (24) tem a função de distribuir a força peso da asa entre os cabos guia (5) e (7).

5 A FIG-4 mostra a pinça (18) e o mancal (17) nas posições inferior e superior da polia (4).

A força gerada pela asa em movimento é transferida para o cabo guia através do mancal (17), pinça (18) FIG-4. Durante o tempo em que a asa está girando em contato com a polia nas duas extremidades da turbina, os braços
10 estabilizadores (27) se apoiam nas abas laterais (29) da polia para evitar a torção do cabo em torno do seu eixo.

Em operação, quando os mecanismos da asa tocam a polia (entrada da asa (6) no conjunto de polias) a posição da pinça confere alta estabilidade ao conjunto e a entrada é bastante suave, porém depois de percorrer 90 graus
15 (nos extremos da turbina) a pinça ficaria numa posição instável, motivo pelo qual foram adicionados os estabilizadores (27).

O controle eletrônico (15) recebe informações de uma Estação central em terra e de sensores montados na asa (não mostrados nas figuras) e, em conjunto com servo mecanismos (não mostrados nas figuras), executa funções
20 de controle, sequenciamento e proteção da asa.

O aerofólio auxiliar (19) FIG-5 é paralelo à asa (6) e é posicionado a uma distância apropriada na sua parte traseira (análogo ao “profundor” de um avião).

“O controle eletrônico (15), através de um sensor angular do vento aparente,
25 localizado na parte frontal da asa (6) e da referência do ângulo de ataque de uma Estação central em terra, atua no aerofólio (19) por meio de um servo mecanismo, mantendo o ângulo de ataque da asa (6) no valor da referência. Os aerofólios auxiliares (30) e (31) são montados nas extremidades das asas (6) (análogos aos “ailerons” de um avião).

30 O controle eletrônico (15) detecta a posição vertical da asa (6) através de um sensor da força da gravidade, montado na asa (6), e atua nos aerofólios (30) e (31) mantendo dinamicamente a posição vertical das asas, tal que não haja nenhuma componente da força de sustentação na direção vertical.

Parte das asas (6) voa em um sentido, outra parte no sentido contrário, e nas
35 extremidades faz um movimento circular ascendente ou descendente, assim o ângulo de ataque para cada asa é controlado independentemente.

Desta forma, variando o ângulo de ataque das asas em conjunto, em relação ao vento aparente, é possível controlar linearmente o conjugado gerado pela turbina com a rotação constante (rotação síncrona) do gerador.

40 A turbina eólica de eixo oblíquo nas condições descritas pode partir da velocidade zero, acelerar linearmente até atingir a velocidade síncrona, entrar em fase com a rede, acoplar o gerador, e iniciar a geração de energia sem

necessidade de motores auxiliares, uma vez que possui controle linear do conjugado.

Apresentação das figuras

A FIG-1 mostra a Turbina eólica de eixo oblíquo em perspectiva.

- 5 A FIG-2 mostra as três projeções da Turbina eólica de eixo oblíquo e indica os seus principais elementos.

A FIG-3 mostra uma asa da Turbina eólica de eixo oblíquo em perspectiva, com uma visão interna dos seus componentes. Mostra também o mecanismo externo que prende a asa aos cabos guia.

- 10 A FIG-4 mostra um corte de um plano vertical que contém o eixo das polias (3) e (4), onde vê os detalhes da seção do aro das polias e do mecanismo que prende as asas nos cabos guia.

A FIG-5 mostra em perspectiva uma asa da Turbina de eixo oblíquo e seus aerofólios auxiliares.

- 15 A FIG-6 mostra os diagramas das forças dinâmicas que atuam nas asas voando nos dois sentidos.

A FIG-7 mostra em perspectiva o conjunto de polias dentadas que transfere o conjugado do laço superior para o eixo de saída.

A FIG-8 mostra a vista da projeção de lado da Turbina de eixo oblíquo.

Reivindicações:

Turbina eólica de eixo oblíquo caracterizada por possuir asas (6) guiadas por cabos, que permitem o movimento de translação das asas (6).

5 Turbina eólica de eixo oblíquo caracterizada por possuir dois ou mais conjuntos de polias, cujos eixos são inclinados em relação ao plano horizontal, ligadas por laços fechados e deslocados entre si verticalmente de distâncias apropriadas.

10 Turbina eólica de eixo oblíquo caracterizada por possuir um grande número de asas paralelas, fixadas aos cabos através de um mecanismo (18) e (20) apropriado, que permite realizar movimento de translação ao longo de um circuito fechado, com os graus de liberdade necessários para realizar os controles do ângulo de ataque e de posição vertical, transferir as forças dinâmicas geradas pelas asas para os cabos e absorver as oscilações e

15 escorregamentos dos cabos.

Turbina eólica de eixo oblíquo caracterizada por possuir um eixo inclinado (9) que transfere o torque gerado na turbina para o nível do chão, permitindo utilização de um gerador com grande número de pólos que reduz o número de estágios de multiplicação da caixa de engrenagens, simplifica as estruturas de

20 suporte, facilita a montagem e a manutenção.

Turbina eólica de eixo oblíquo caracterizada pelo arranjo inclinado das polias e dos laços de tal forma que cada fileira de asas recebe o fluxo laminar de ar sem interferência de turbulências geradas por outra fileira de asas.

25 Turbina eólica de eixo oblíquo caracterizada por possuir um grande número de asas (6) paralelas, fixadas a cabos em mais de um ponto, que se deslocam horizontalmente em movimento de translação, permitindo a construção de turbinas eólicas de proporções muito maiores, aumentando a área útil da turbina, a eficiência energética e a potência gerada.

30 Turbina eólica de eixo oblíquo caracterizada por possuir um grande número de asas paralelas, guiadas por cabos, com controle individual e em conjunto por uma estação remota, possibilitando operação síncrona com o gerador conectado diretamente à rede de distribuição de energia.

35 Turbina eólica de eixo oblíquo caracterizada por possuir um grande número de asas (6) guiadas por cabos, em movimento de translação, fixadas por mecanismos (18) e (20) apropriados, que giram 360° livremente em torno de seus eixos (14) e (26) sem interferências mecânicas. Cada asa utiliza aerofólios auxiliares individuais para controlar o ângulo de ataque em relação ao vento aparente e a sua posição vertical.

40 Turbina eólica de eixo oblíquo caracterizada por possuir um grande número de asas paralelas, guiadas por cabos, que giram 360° em torno do seu eixo, sem nenhuma interferência mecânica, que em situação de emergência pode ser colocada no estado de falha segura, individualmente ou em conjunto, por

um sistema de proteção, simplesmente cortando a fonte de energia interna de cada asa.

- 5 Turbina eólica de eixo oblíquo caracterizada por possuir um conjunto de polias dentadas e correntes (8), que transfere o conjugado gerado pelo laço superior (5) para o eixo inclinado (9) de saída, com um mecanismo que permite fazer pequenos deslocamentos angulares entre a coroa e o cubo de uma das polias, para compensar escorregamentos dos cabos e manter as asas na posição vertical.

FIG-1

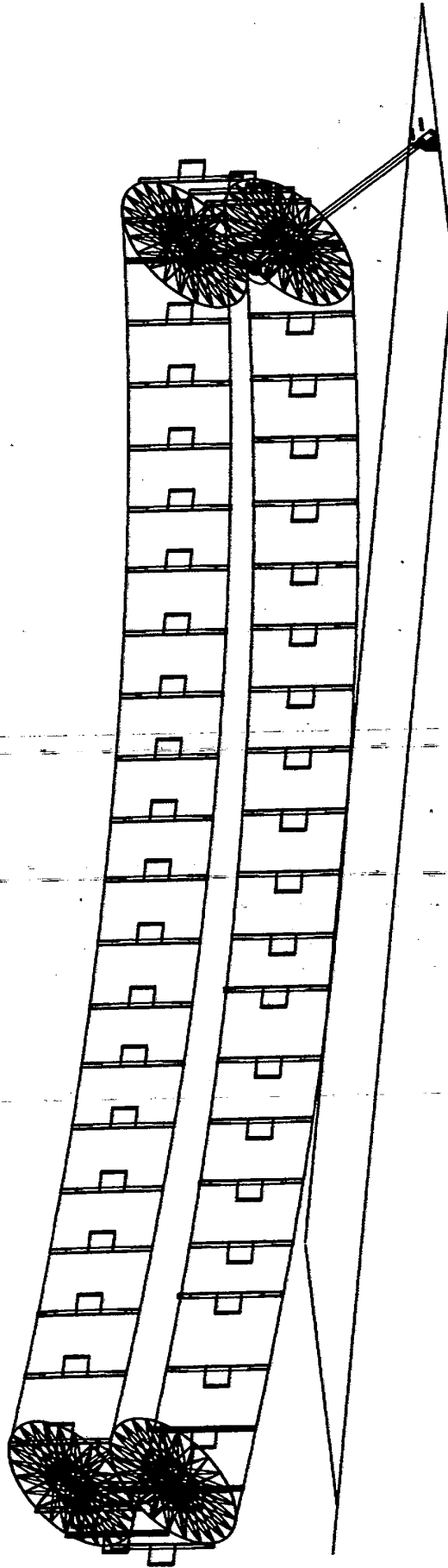


FIG-02

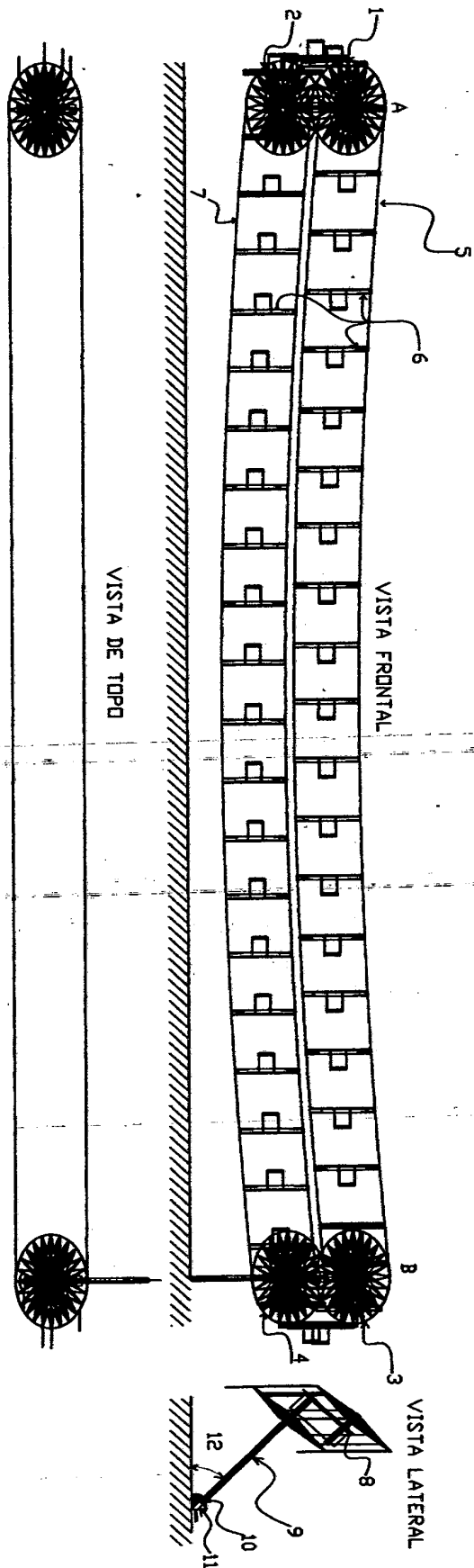


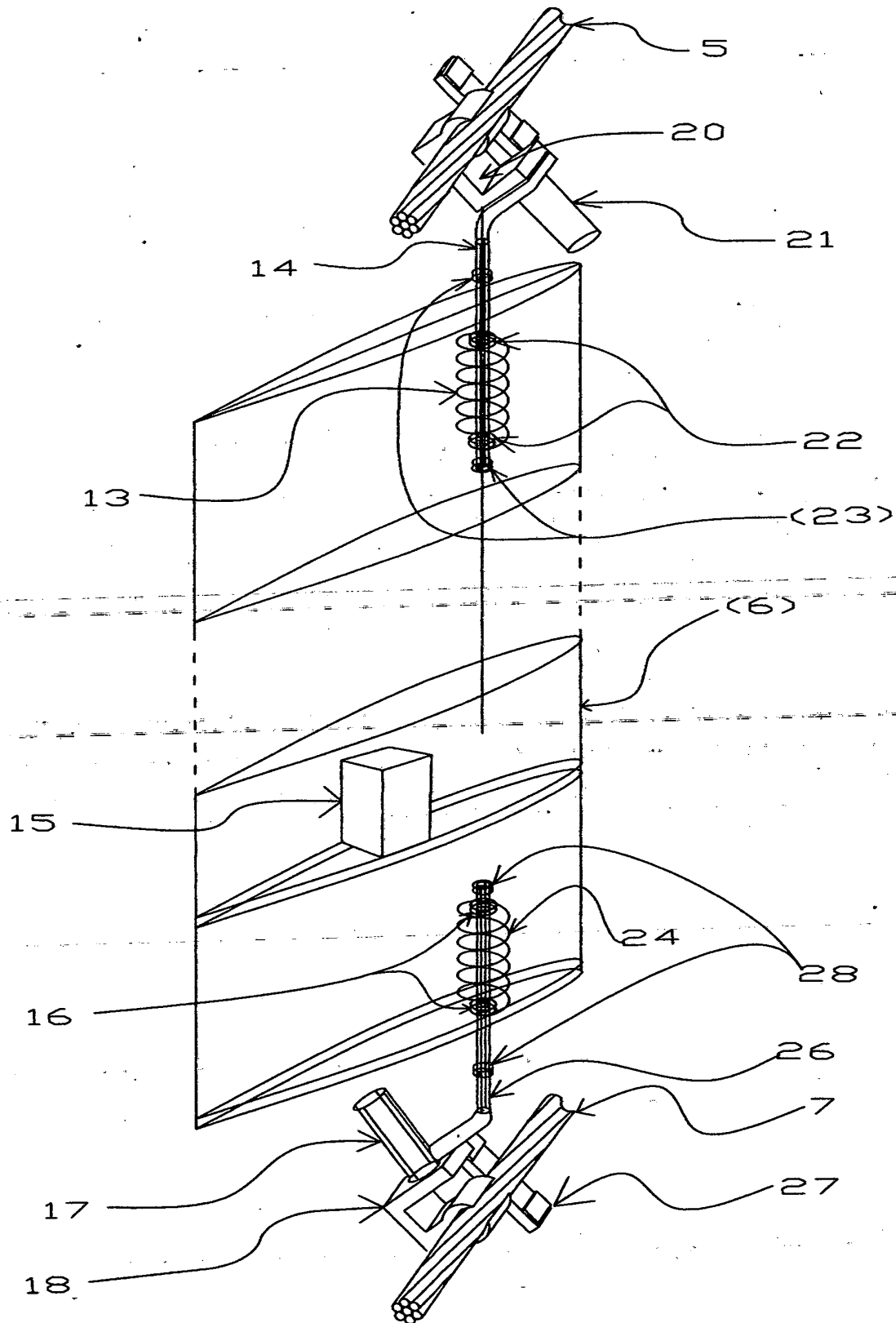
FIG-3

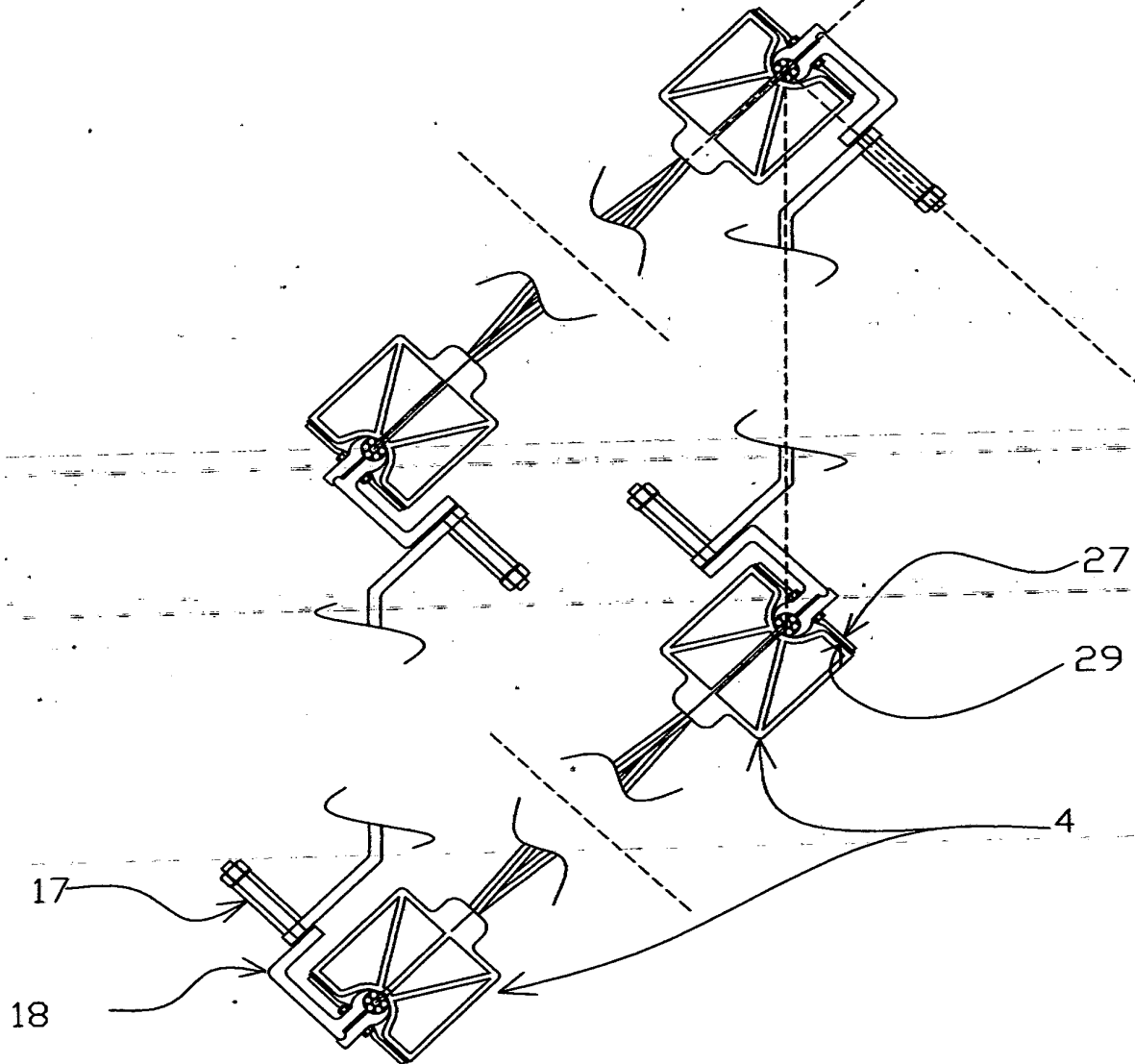
FIG-4

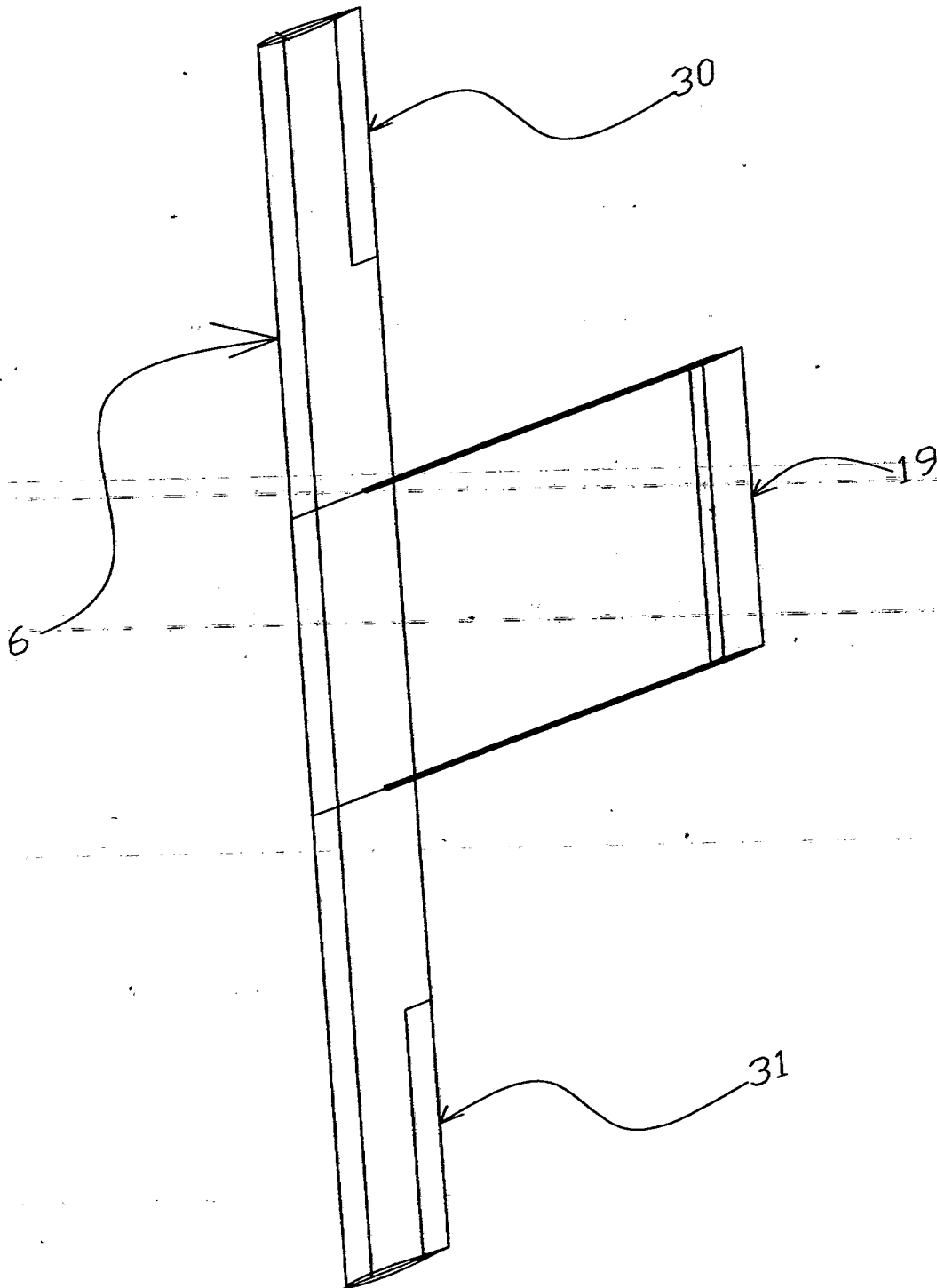
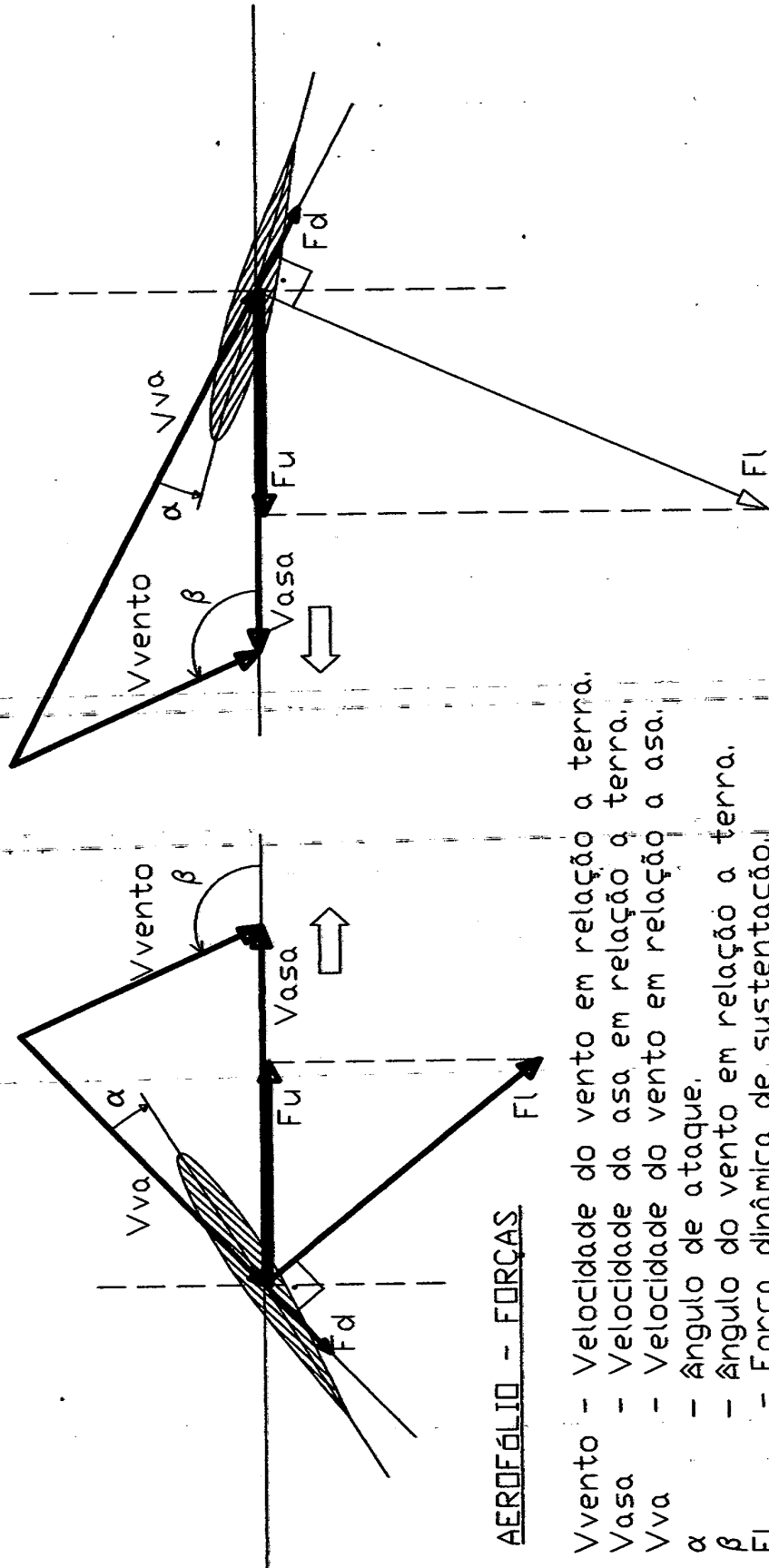
FIG- 5

FIG-6**AEROFÓLIO - FORÇAS**

- V_{vento} - Velocidade do vento em relação a terra.
- V_{asa} - Velocidade da asa em relação a terra.
- V_{va} - Velocidade do vento em relação a asa.
- α - Ângulo de ataque.
- β - Ângulo do vento em relação a terra.
- F_L - Força dinâmica de sustentação.
- F_d - Força de arrasto.
- F_u - Componente da força de sustentação na direção do deslocamento da asa.

FIG-7

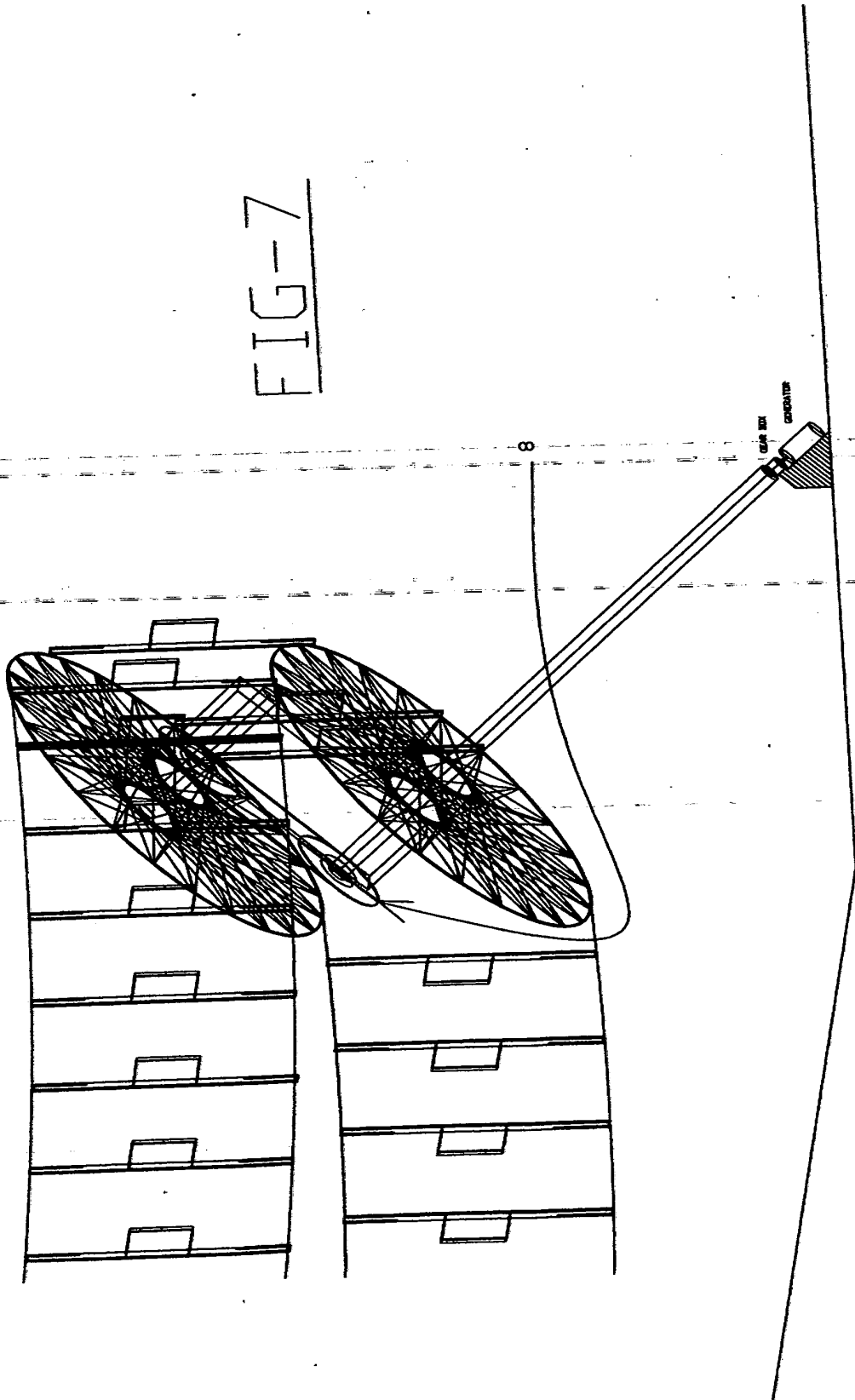
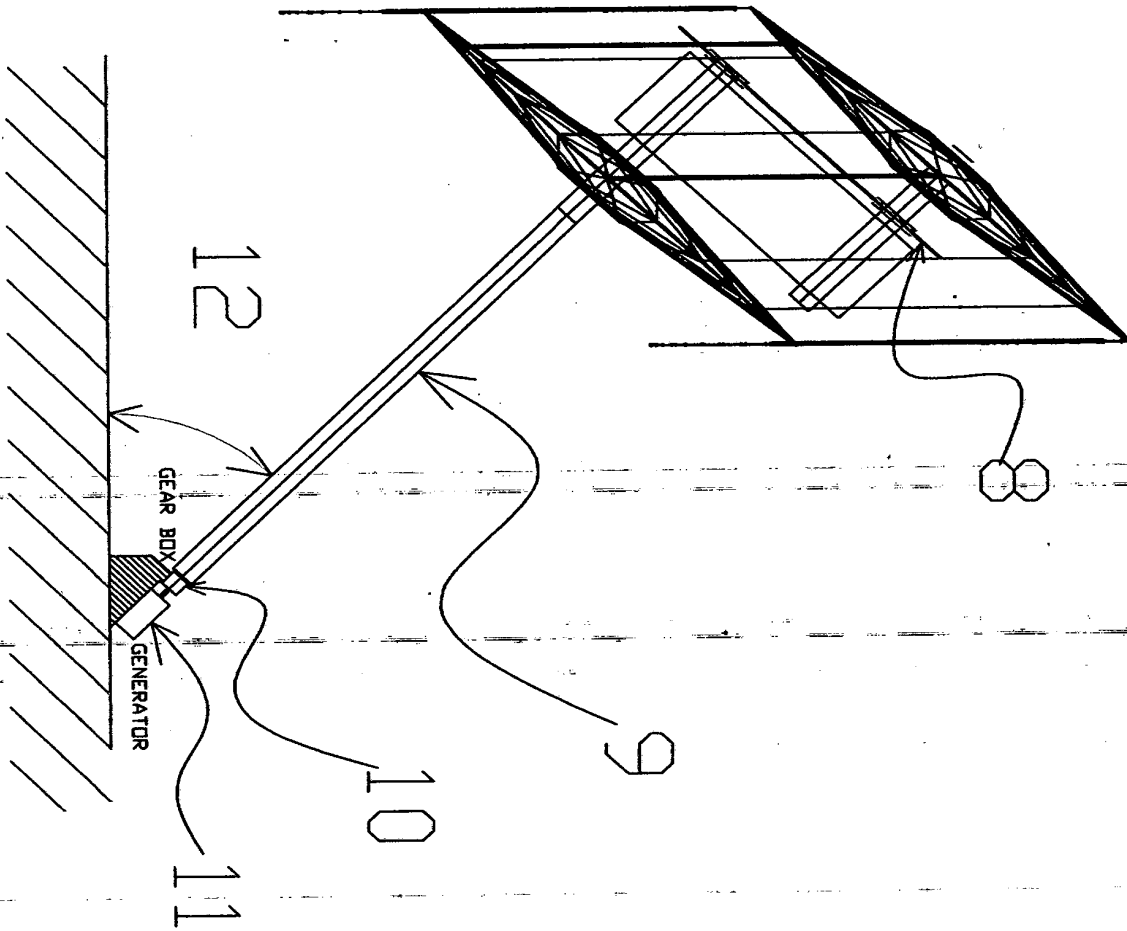


FIG 8



Resumo-

Turbina Eólica de Eixo Oblíquo

- 5 A Turbina Eólica de Eixo Oblíquo FIG-2 caracteriza-se por um conjunto de asas (6) paralelas entre si, dispostas na posição vertical, que se movimentam guiadas por cabos num circuito fechado.
O cabo (5) forma um laço fechado tensionado por polias (1) (3), cujos eixos são inclinados em relação ao plano horizontal.
- 10 O cabo (7) e polias (2) (4) formam um laço idêntico ao anterior deslocado verticalmente para baixo.
As asas (6) são fixadas aos cabos (5) (7), em pontos cuja projeção horizontal é coincidente, através de mecanismos (18) (20) apropriados e percorrem o circuito fechado na posição vertical.
- 15 O vento incide horizontalmente, formando um ângulo com o plano das asas (6), de forma laminar sem interferências entre asas.
Cada asa (6) possui um sistema que controla seu ângulo de ataque, maximizando a força gerada pelo vento no sentido do deslocamento do cabo.
A força resultante gera um conjugado nas polias que é transferido para a
- 20 superfície através do eixo inclinado (9), convertido em energia elétrica através do conjunto multiplicador de velocidade (10) e gerador elétrico (11).
O objetivo da presente invenção é aumentar a potência da turbina, melhorar a eficiência energética e reduzir o custo do KWH instalado.