

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 586 662**

51 Int. Cl.:

F03D 5/00 (2006.01)

F03D 3/06 (2006.01)

B65H 51/14 (2006.01)

F03D 9/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.06.2007 E 13002473 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.05.2016 EP 2642118**

54 Título: **Sistema eólico para convertir energía a través de una turbina de eje vertical accionada por medio de cometas**

30 Prioridad:

04.07.2006 IT TO20060491

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

18.10.2016

73 Titular/es:

KITE GEN RESEARCH S.R.L. (100.0%)

Via XXV Aprile 8

10023 Chieri (TO), IT

72 Inventor/es:

IPPOLITO, MASSIMO y

TADDEI, FRANCO

74 Agente/Representante:

LAZCANO GAINZA, Jesús

ES 2 586 662 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema eólico para convertir energía a través de una turbina de eje vertical accionada por medio de cometas

La presente invención se refiere a un sistema eólico para convertir energía a través de una turbina de eje vertical accionada por medio de perfiles alados de potencia (genéricamente designados como "cometas").

5 En el pasado, el problema de la producción de energía a bajo coste mediante la explotación de fuentes de energía renovables ya ha sido abordado; en particular, en algunas patentes anteriores mencionadas a continuación, se han propuesto procesos de conversión de energía eólica, junto con varios dispositivos que sustraen energía eólica al viento a través de las cometas.

10 En particular, el documento US-A-4.124.182 describe un dispositivo equipado con "paracaídas ascensionales" ("parakites") (o "paracaídas modificados") para la captura de la energía eólica y convertirla en el movimiento giratorio de un eje que acciona un generador. Este dispositivo se caracteriza por un par de "trenes de paracaídas ascensionales" en los que todas las cometas están dispuestas en serie. Cada tren está equipado con una cuerda de energía. Estas cuerdas no son lo suficientemente largas para permitir que los trenes de los paracaídas ascensionales alcancen alturas en la que soplan vientos más fuertes y más uniformes con respecto a los que soplan a nivel de la superficie de la tierra. Cada tren está limitado por la correspondiente cuerda de energía a un tambor o un cabrestante cuyo sentido de rotación puede ser alternado con el fin de rebobinar las cuerdas, o permitir desenrollarlas debido al efecto de tracción de la corriente de viento. Cada tren de paracaídas ascensionales está equipado con una segunda cuerda, llamada "cuerda de cubierta", conectada a cada cometa del tren y a través de la cual es posible colapsar los paracaídas ascensionales de manera selectiva para que el procedimiento de rebobinado sea más fácil. A través de un reductor, se transfiere el movimiento giratorio de cada cabrestante a un generador que, cuando se acciona, produce electricidad. Existe un único sistema de poleas que, a través de embragues y engranajes giratorios, efectúa la recuperación de un tren de paracaídas ascensionales mientras que el otro asciende. La energía eólica capturada se convierte entonces en energía mecánica, que es parte consumida de inmediato para recuperar el tren de paracaídas ascensionales cuya cubierta ha sido cerrada, y convertida parcialmente en energía eléctrica. A través de un globo aerostático limitado a cada tren e inflado y desinflado en cada ciclo de funcionamiento, los paracaídas ascensionales se mantienen a una altura deseada y las cubiertas se mantienen con una orientación fija.

30 El documento CN-A-1.052.723, describe un generador de corriente de aire equipado con un par de cometas a través de las cuales la tracción ejercida por las corrientes de viento se convierte, a través de las cuerdas de alta resistencia, en el giro de un tambor colocado a nivel del suelo. El cabrestante acciona un motor hidráulico a través del cual se produce la corriente.

35 El documento GB-A-2.317.422 describe un dispositivo equipado con múltiples cometas que, debido al efecto de la acción del viento, hacen girar un eje vertical, conectado a un generador para producir corriente. Las cometas son empujadas por el viento que corre en una trayectoria circular en el plano horizontal. Cada cometa está equipada con un dispositivo capaz de modificar el ángulo de partida del viento a fin de garantizar la continuidad del vuelo.

40 El documento US-A-6.072.245 describe un dispositivo para el aprovechamiento de la energía eólica compuesto de múltiples cometas conectadas a las cuerdas que forman un bucle. Las cometas son accionadas con el fin de alternar una trayectoria ascendente con una trayectoria descendente, determinando un movimiento de anillo giratorio siempre a lo largo de la misma dirección. Cada cometa está conectada a una cuerda de energía para transmitir energía mecánica y a un sistema de cuerdas de control para ajustar el ángulo de partida del viento de cada cometa. La cuerda de energía genera la rotación de las poleas a través de las cuales tiene lugar la producción de electricidad. Las cuerdas de control se utilizan con el fin de hacer que cada cometa asuma una posición que, en su trayectoria ascendente, permita que la cometa sea arrastrada hacia arriba por el viento, y una segunda posición en su trayectoria descendente de modo que la cometa se vea sometida a un menor empuje del viento.

45 El documento US-A-6.254.034 describe un dispositivo equipado con una cometa ("aeronave atada") empujada por las corrientes de viento a una velocidad accionada, a fin de aprovechar la energía del viento. La cometa está conectada a través de una cuerda a un cabrestante que acciona un generador para producir energía eléctrica. A bordo de la cometa, está montado un sistema de control que detecta y modifica el ángulo de partida del viento y modifica el área frontal de captura del viento. Tal sistema es controlado desde tierra por un operador, que lee en una pantalla los datos transmitidos por sensores adecuados, o automáticamente a través de un sistema de control remoto. La cometa es accionada con el fin de que ascienda el viento descendente con un ángulo de partida más alto. Después de haber terminado la ascensión, se reduce el ángulo inicial y la cometa se desliza con el fin de obtener viento ascendente. Se recupera la cometa, se desliza de nuevo con viento descendente y el ciclo se repite.

55 El documento NL-A-1017171C describe un dispositivo similar al dispositivo anterior, descrito más arriba en el que, sin embargo, no se proporciona el modo de control manual y en el que se produce la recuperación de la cometa

inclinándola como una bandera, con el fin de minimizar el empuje del viento al rebobinar las cuerdas.

El documento US-A-6.523.781 describe un dispositivo compuesto por una cometa ("cometa con superficie de sustentación") a través de la cual se puede capturar la energía eólica, que tiene un borde de entrada, un borde de salida y dos bordes laterales. Tal cometa es accionada a través de un mecanismo soportado por la propia cometa. Este dispositivo está equipado con cuerdas conectadas a los bordes de la cometa y se controla la cometa mediante la modificación, a través de estas cuerdas, del ángulo de ataque. El mecanismo de accionamiento se suministra a través de cables eléctricos colocados en el interior de una cuerda de energía que conecta la cometa a un cabrestante que acciona un generador para producir electricidad. La cometa asciende empujada por el viento aprovechando la fuerza de sustentación y se desplaza en una trayectoria que es casi perpendicular a la dirección de la velocidad del viento. Después de haber terminado el ascenso, se recupera la cometa y posteriormente es accionada a fin de captar de nuevo el viento.

El documento US-A-2005046197 describe un dispositivo equipado con una cometa para el aprovechamiento de la energía eólica que genera electricidad mediante el accionamiento, por medio de cuerdas, de un cabrestante conectado a un generador. La cometa es accionada a través de cuerdas adicionales a través de las cuales se puede modificar el ángulo de partida del viento. La cometa asciende con un ángulo de partida alto. Después de haber terminado el ascenso, se reduce al mínimo el ángulo de partida y se recupera la cometa de manera que el ciclo comienza de nuevo.

Como se puede observar mediante el análisis del estado de la técnica, los sistemas eólicos conocidos equipados con cometas tienen las siguientes características comunes:

- las cometas están equipadas tanto con cuerdas de energía y con cuerdas de control: esto significa que la carga de las cuerdas a través de las cuales se produce la electricidad no se transmite a los mecanismos para guiar la cometa, sino a otros componentes del sistema eólico, a través de cuerdas usadas adecuadamente para realizar tal función. La falta de uso de las cuerdas de energía para controlar las cometas hace que la estructura del sistema eólico sea complicada, con todas las desventajas siguientes;

- las cometas son accionadas a través de mecanismos que se instalan directamente en las cometas o a través de al menos, cuatro cuerdas auxiliares (de control). El desenrollado y rebobinado de estas cuerdas se producen por medio de cabrestantes usados sólo para tal fin, colocados a nivel del suelo o suspendidos del suelo (es decir, soportados por las propias cometas). En caso de usar cuerdas de control, la colocación de los cabrestantes a nivel del suelo no permite consumir parte de la energía consumida por las corrientes de viento para reemplazar el peso de los propios mecanismos de control;

- las cometas son accionadas con el fin de generar electricidad mediante el ascenso aprovechando la fuerza de arrastre (es decir, el componente de empuje del viento paralelo a la velocidad del viento). Tal etapa es seguida por la recuperación de las cometas mediante la colocación de la cometa como una bandera, con el fin de minimizar el efecto de frenado. En un número limitado de sistemas eólicos, se ha pensado aprovechar la fuerza de sustentación (es decir, el componente de empuje del viento perpendicular a la velocidad del viento), además de la fuerza de arrastre con el fin de levantar las cometas. La ventaja derivada de la utilización de este último modo de control con respecto al anterior consiste en que, con el fin de producir electricidad, se aprovecha no sólo la resistencia de la cometa, sino también la elevación de la cometa. De todos modos, en ambos modos, la intermitencia del ciclo de funcionamiento (que se alterna entre una etapa de ascenso y una etapa de recuperación) implica que el efecto de arrastre de las cometas a través del cual se logra la producción de electricidad está presente sólo durante la mitad de la trayectoria recorrida por las cometas (que de hecho está ausente durante la recuperación);

- la conversión de energía se produce mediante la imposición, a través de las cuerdas de energía, de la rotación de los cabrestantes conectados a generadores, posiblemente mediante la interposición de reductores. Esto no permite la producción de energía en forma continua durante un ciclo de funcionamiento ya que la recuperación de la cometa se produce mediante el accionamiento de dichos cabrestantes a través de motores. De esta forma, se interrumpe la generación de electricidad, junto con el consumo de una parte de la energía producida previamente. El suministro de corriente continua para los usuarios externos es posible gracias a la utilización de acumuladores;

- la atención se ha centrado exclusivamente en la producción de electricidad a través de un proceso cíclico. La elección de la ruta a través de la cual corren las cometas en vuelo con el fin de maximizar la tasa de energía convertida es casi completamente desatendida;

- los problemas relacionados con el sistema de control de una cometa o un tren compuesto por muchas cometas conectadas en serie son tratados en detalle en un número muy limitado de proyectos y de búsquedas. Esto se debe también al hecho de que las búsquedas actuales se centran principalmente en el aumento de productividad de los sistemas ya existentes en lugar de en el desarrollo de nuevos sistemas de producción de energía.

Con el fin de resolver parcialmente los problemas anteriores, el documento EP-A-1 672 214 a nombre de Sequoia Automation S. R. L. describe en cambio un sistema para convertir la energía cinética de las corrientes de viento en energía eléctrica a través del control predictivo y adaptativo del vuelo de cometas conectadas a un sistema de tipo "carrusel" utilizando una turbina de eje vertical.

5 El objetivo de la presente invención es resolver los problemas del estado de la técnica proporcionando un sistema eólico para convertir energía por medio de cometas en el que la conversión de energía se produce a través de al menos un generador accionado por la rotación de los brazos de una turbina de eje vertical y en el que cada brazo está conectado a través de un solo par de cuerdas a al menos una cometa que, empujada por el viento y convenientemente accionada, genera a nivel de la turbina un momento de torsión a través del cual giran los brazos.

10 Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema eólico en el que las cometas que componen el sistema eólico son accionadas a través de las mismas cuerdas por medio de las cuales se transfiere la energía a los brazos de la turbina de eje vertical.

15 Un objetivo adicional de la presente invención es proporcionar un sistema eólico en el que las cometas son accionadas mediante un sistema de control inteligente que acciona los motores conectados a los cabrestantes, posiblemente mediante la interposición de reductores, colocados a nivel del suelo y cuya función consiste tanto en el control de las cometas desenrollando y rebobinando las cuerdas enrolladas alrededor de ellos y soportando la carga de la cuerda para la conversión de energía.

20 Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema eólico en el que las cometas son accionadas por un sistema de control inteligente que, después de cada ciclo de funcionamiento, hace que las cometas realicen la ruta óptima con el fin de optimizar la energía eólica que puede ser consumida por el viento.

Un objetivo de la presente invención, además, es proporcionar un sistema eólico en el que las cometas son accionadas con el fin de permitir la conversión de la energía eólica principalmente mediante el aprovechamiento de la fuerza de sustentación y con el fin de realizar una trayectoria durante la cual el efecto de arrastre está presente casi durante todo el ciclo de funcionamiento.

25 Además, un objetivo de la presente invención es proporcionar un proceso para la producción de energía eléctrica a través de un sistema eólico de acuerdo con la presente invención que puede ser accionado de manera más eficiente con respecto a aquel propuesto en el estado de la técnica.

30 El anterior y otros objetivos y ventajas de la invención, como será evidente a partir de la siguiente descripción, se obtienen con un sistema eólico de conversión de energía a través de una turbina de eje vertical accionada por medio de cometas como se reivindica en las reivindicaciones 1 y 2.

La presente invención se describirá mejor mediante algunas realizaciones preferidas de la misma, proporcionadas como un ejemplo no limitante, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- La figura 1 muestra una vista en perspectiva de una realización preferida del sistema eólico de acuerdo con la presente invención;
- 35 - La figura 2 muestra una vista en perspectiva ampliada del sistema eólico de la figura 1;
- La figura 3 muestra una vista en perspectiva de una variación preferida del sistema eólico de acuerdo con la presente invención;
- La figura 4 muestra una vista en perspectiva ampliada de un componente del sistema eólico de la figura 3;
- La figura 5 muestra una vista lateral del componente de la figura 4;
- 40 - La figura 6 muestra una vista superior del componente de la figura 3 y 4;
- La figura 7 muestra una vista en perspectiva de una realización preferida de otro componente del sistema eólico de acuerdo con la presente invención;
- La figura 8 muestra una vista en perspectiva de una realización preferida de otro componente del sistema eólico de acuerdo con la presente invención;
- 45 - La figura 9 muestra una vista lateral esquemática de una variación preferida del componente de la figura 8;

- La figura 10 muestra una vista en perspectiva ampliada de un componente del sistema eólico de la figura 3;
- La figura 11 muestra una vista en perspectiva ampliada de un componente de la figura 10;
- La figura 12 muestra una vista en perspectiva ampliada de otro componente de la figura 10;
- La figura 13 muestra una vista esquemática de otra realización preferida del componente de la figura 12;
- 5 - La figura 14 muestra una vista esquemática de otra realización preferida del componente de la figura 12;
- La figura 15 muestra una vista esquemática de otra realización preferida del componente de la figura 12;
- La figura 16 muestra una vista esquemática del sistema de acuerdo con la presente invención en algunas etapas de funcionamiento del mismo;
- 10 - La figura 17 muestra una vista esquemática de una superficie aerodinámica estacionaria inmersa en una corriente de viento y las fuerzas relacionadas que se generan; y
- La figura 18 muestra una vista esquemática de una superficie aerodinámica libre de moverse a lo largo de la dirección perpendicular con la velocidad del viento y las fuerzas relacionadas que se generan.

Como puede verse con más detalle en la siguiente descripción, en general, el sistema eólico de acuerdo con la presente invención se compone de una turbina de eje vertical adaptada para convertir en energía eléctrica la energía del viento capturada por una corriente de viento, de preferencia a nivel de la troposfera (que se extiende hasta unos 15 km de la superficie terrestre), a través de cometas inmersas en esa corriente y conectadas a los brazos de tales turbinas, estando cada una de estas cometas accionadas por medio de cabrestantes servoasistidos, que son controlados de manera autónoma por un sistema de control inteligente, que se diferencia del estado actual del arte, sobre todo, por los modos con los que se controlan las cometas por la trayectoria en que corren cuando vuelan tales cometas con el fin de maximizar la tasa de energía convertida y para la arquitectura de la turbina con eje vertical.

Con referencia entonces a las figuras, es posible observar que el sistema eólico de conversión de energía de acuerdo con la presente invención comprende al menos una cometa 1 inmersa en una corriente de aire W y conectada a través de dos cuerdas 4 a por lo menos un brazo 3 una turbina 2 de viento de eje vertical colocada a nivel del suelo, estando tal cometa 1 adaptada para ser accionada a través de dicha turbina 2 para girar el brazo 3 a la que está conectada y para realizar la conversión de la energía eólica en energía eléctrica a través de al menos un sistema 15a o 15b generador/motor operando como generador y cooperando con la turbina 2; estando dichas dos cuerdas 4 adaptadas además tanto para transmitir energía mecánica desde y a la cometa 1 para accionar la turbina 2 y para controlar la trayectoria de vuelo de la cometa 1 misma.

Se puede observar que el ejemplo de realización del sistema eólico de acuerdo con la presente invención mostrado en las figuras 3 - 18 proporcionado para el uso de una turbina 2 de viento de eje vertical equipada con dos brazos 3 cerca del extremo de cada uno de los cuales está conectada una cometa respectiva 1; sin embargo, es totalmente claro que se pueden utilizar las turbinas 2 con un número diferente de brazos 3 y de cometas 1 conectados a las mismas sin apartarse del alcance de la presente invención. En particular, es posible disponer que, para cada brazo 3 de la turbina 2, están conectadas una pluralidad de cometas 1, mutuamente dispuestas en serie (tren de cometas 1), con el fin de sumar su empuje sobre las cuerdas 4. Cada tren de cometas 1 está conectado a la turbina 2 a través de un único sistema de cuerdas 4, y por lo tanto el principio de funcionamiento del dispositivo no depende del número de cometas 1 conectadas en serie. La ventaja que se deriva de la utilización de muchas cometas 1 consiste en el aumento de la superficie enfrentada al viento interceptado por tales cometas y en consecuencia en el aumento del momento de accionamiento de la turbina 2 y la energía eléctrica que puede ser generada después de cada ciclo de funcionamiento, como se describirá a continuación en más detalle.

Las cometas 1 se sumergen en las corrientes de viento que son capturadas y se confeccionan tejiendo fibras comúnmente empleadas en la fabricación de velas específicas para ciertas actividades deportivas, como por ejemplo, el surf y los carros. Las cometas 1 pueden ser completamente flexibles o semirígidas. Su semi-rigidez se obtiene debido a la utilización de un marco extremadamente ligero, debido al efecto del cual la cometa puede asumir, por ejemplo, una forma similar a aquella de las alas flexibles rígidas. El recurso de la semi-rigidez asegura una gran mejora del desempeño debido a la mayor facilidad de accionamiento. Una especificación fundamental que caracteriza a las cometas es el área superficial total. Debido a los estudios aerodinámicos recientes, se encuentran disponibles cometas en el mercado que son capaces de satisfacer ciertas necesidades en términos de control y facilidad de accionamiento. Por medio del accionamiento adecuado de una cometa, es posible modular la transferencia de energía del viento. Esto es fundamental ya que las cometas 1 deben ser guiadas de modo que la tracción ejercida por medio de las corrientes de viento sea máxima y, al mismo tiempo, no perjudica la rotación de los brazos 3 de la turbina 2. Al lado de cada brazo 3, las cometas 1 deben ser accionadas con el fin de producir un

momento a nivel de la turbina 2 que se mantiene siempre en la misma dirección de rotación o posiblemente se cancela, sin oponerse por lo tanto, a la generación de corriente. Este resultado se alcanza mediante la modulación adecuada de la transferencia de energía del viento, como se verá más adelante en más detalle.

5 El sistema eólico de acuerdo con la presente invención comprende además un sistema de control inteligente que operan en la turbina 2 a través del cual es comandado automáticamente el vuelo de las cometas 1 y un sistema de suministro que coopera con dicho sistema de control inteligente para administrar la acumulación y el suministro de energía eléctrica.

10 El sistema de control inteligente coopera con un conjunto de sensores con suministro autónomo colocado en las cometas 1 que envían información, preferiblemente en modo inalámbrico, a los componentes de tierra del propio sistema inteligente. El sistema de control inteligente integra estas piezas de información con otra información procedente de un conjunto de sensores en tierra (por ejemplo, el valor de carga de la cuerda determinada por la lectura de los pares de torsión del motor que se mencionan a continuación) y lleva a cabo procesamientos para accionar automáticamente las cometas 1 durante la operación de sistema eólico.

15 Con referencia a las figuras 2 a 6, es posible observar que cada brazo 3 de la turbina eólica de eje vertical 2 está soportado por un sistema 5a o 5b de soporte. En el extremo de cada brazo 3, se proporciona además un dispositivo 6 de recuperación de la cometa 1, integrado por un sistema 7 de recuperación y expulsión de la cometa 1, como el que se muestra en la figura 7. Las cuerdas 4 corren a lo largo de cada brazo 3 hacia el centro de la turbina 2 accionadas por un sistema de transmisión equipado con al menos un sistema de tensado 8 de las cuerdas 4. Junto al centro de la turbina 2, cada brazo 3 está equipado con un sistema 9 de acumulación de energía para compensar las variaciones de carga repentinas, un sistema 10 para enrollar y desenrollar las cuerdas 4 caracterizado por un par de primeros cabrestantes 11 para el accionamiento de las cometas 1, y un sistema 12 de almacenamiento para las cuerdas compuesto por un par de segundos cabrestantes 13. Cada segundo cabrestante 13 del sistema de almacenamiento está equipado con un módulo 14 de guía que fuerza a la cuerda 4 a un enrollamiento ordenado en el respectivo segundo cabestrante 13. La rotación de los brazos 3 de la turbina 2 se acciona, mediante la interposición de reductores, los generadores/motores 15a o 15b dependiendo de los generadores convertidores de energía.

20 Los cometas 1 son accionadas enrollando y desenrollando las cuerdas 4 en sus respectivos primeros cabrestantes 11. Las cuerdas 4 son entonces los elementos de conexión y transmisión de la fuerza entre las cometas 1 y los brazos 3 de la turbina 2. Cuando las cometas 1 son levantadas por el viento, ellas determinan la rotación de los brazos 3 de la turbina 2 y, en consecuencia, la conversión de la energía a través de los generadores/motores 15a o 15b en función de los generadores. Obviamente, la longitud y el diámetro de cada cuerda 4 dependen de las condiciones del viento y de seguridad en las que tienen que operar. Los brazos 3 también se utilizan al iniciar el sistema eólico con el fin de hacer que la cometa 1 ascienda más fácilmente. En el extremo de cada brazo 3, de hecho, se provee un dispositivo 6 de recuperación que recupera la cometa 1 cuando el sistema eólico no está funcionando. El lanzamiento de la cometa 1 requiere al menos de la presencia de una ligera brisa a nivel del suelo. Si el viento es escaso en alturas bajas, se accionan los generadores/motores 15a o 15b dependiendo de los motores para hacer girar los brazos 3, que convierten el torque del motor en la brisa que permite que las cometas 1 asciendan.

30 La estructura de cada brazo 3 puede ser, por ejemplo, como una rejilla, tal como las plantas de elevación comunes (las "grúas") utilizadas en el sector de la construcción. Esta estructura, de hecho, satisface el requisito de poco peso necesario a fin de optimizar la conversión de energía.

Junto al centro de la turbina 2, se aseguran los brazos 3 a un eje 16 de rotación relativamente con respecto a la parte fija de la turbina 2 y haciendo interfaz con esta última a través de una serie de cuerpos giratorios.

45 El número de brazos 3 con el que debe estar equipada la turbina 2 eólica depende de la potencia que tiene que ser suministrada.

El sistema 5a o 5b de soporte de los brazos 3 es el componente de la turbina 2 que contribuye a soportar el peso de cada brazo 3 y la tracción de las cuerdas 4 a fin de evitar que los esfuerzos dentro de la estructura produzcan tales distorsiones que entorpezcan la operación del sistema eólico.

50 Con el fin de realizar el sistema 5a o 5b de soporte, preferiblemente se pueden adoptar dos disposiciones. La primera disposición 5a mostrada en la figura 2 consiste en el soporte de los brazos 3 de la turbina 2 mediante el uso de un primero y un segundo sistema de tirantes. El primer sistema se compone de los primeros tirantes 17 constreñidos en uno de sus extremos a los brazos, en el otro extremo de los mismos a una sola estructura 18 vertical colocada en el centro de la turbina 2 y que gira con los brazos 3. El segundo sistema se coloca en el plano de rotación de la turbina 2 y se compone de segundos tirantes 19 constreñidos en un extremo a los brazos 3, en el otro extremo al eje giratorio central 16 al cual están conectados los brazos 3. Mientras que el primer sistema de

soportes tirantes soporta el peso de los brazos 3, el segundo sistema contribuye a contrarrestar las cuerdas 4 de tracción durante el funcionamiento del sistema eólico. Los conocimientos técnicos necesarios para la implementación de dicha disposición son los mismos utilizados para la realización de las estructuras tensadas.

La segunda disposición 5b, como la que se muestra en las figuras 3 y 4, consiste en confinar los brazos 3 de la turbina 2 en el suelo a través de carros 20 de amortiguación que operan como un soporte elástico. Por lo tanto, cada sistema de soporte 5b de acuerdo con la segunda disposición está equipado, por ejemplo, con un par de ruedas 21 alineadas, con ejes de rotación que pasa por el centro de rotación de la turbina 2 con el fin de generar exclusivamente fuerzas tangenciales durante la operación de sistema eólico. La interfaz entre el carro 20 y el brazo 3 de la turbina 2 se realiza a través de medios elásticos elaborados, por ejemplo, como un resorte acoplado en paralelo con un amortiguador 22. Si se adopta la segunda disposición, la turbina 2 debe estar equipada con un sistema de soporte 5b al lado de cada brazo 3.

El dispositivo 6 de recuperación en cambio, es el componente de la turbina 2 eólica utilizado para la recuperación de las cometas 1 en reposo. Cada dispositivo 6 de recuperación comprende al menos un tubo 6a cilíndrico colocado en el extremo del brazo respectivo 3 y e inclinado adecuadamente con el fin de minimizar la resistencia frente a las cuerdas 4 durante el funcionamiento del sistema eólico. En particular, suponiendo que la dirección de rotación de la turbina 2 es siempre la misma, cada dispositivo 6 de recuperación está inclinado hacia arriba con respecto al plano horizontal (como se muestra, por ejemplo, en la fig. 5), y con respecto a el plano vertical de tal forma que acompañe a las cuerdas 4 hacia las cometas 1 (como se muestra, por ejemplo, en la figura 6). El borde de salida del tubo 6a cilíndrico del dispositivo 6 de recuperación es preferiblemente redondeado con el fin de hacer que el paso de la cometa 1 sea más fácil durante su recuperación y lanzamiento. Preferiblemente, dispuesto en el interior de cada tubo 6a cilíndrico, el brazo 3 está equipado con un sistema 7 para recuperación y expulsión de la cometa 1 y acompañamiento de las cuerdas 4. Obviamente, la turbina 2 eólica puede estar equipada con un dispositivo 6 de recuperación junto a cada brazo 3.

El sistema de recuperación y expulsión 7 de las cometas 1 es el componente de la turbina de viento 2 a través del cual ocurre la recuperación y expulsión de la cometa 1 respectivamente después de detener e iniciar el sistema eólico. Cada uno de estos sistemas de recuperación y expulsión 7 está equipado, por ejemplo, con al menos un carro 23 limitado a dos rieles 24 que lo obligan a que se deslice dentro del tubo 6a cilíndrico correspondiente del dispositivo 6 de recuperación y en forma paralela con el eje de tal dispositivo. Se monta un par de poleas 25 sobre el carro 23 para dejar las cuerdas 4 fuera. Tanto durante la operación del sistema eólico como en reposo, el carro 23 está al final de su carrera. En particular, bajo las condiciones de trabajo, el carro 23 está al extremo de afuera del dispositivo 6 de recuperación; en condiciones de reposo, el carro 23 está más abajo del mismo elemento. El carro 23 es accionado, por ejemplo, por al menos una correa, preferiblemente del tipo dentado, accionada por un motorreductor (no mostrado). Tal arrastre se produce al iniciar y detener el sistema eólico para la recuperación y expulsión de la cometa 1. Tras la recuperación de la cometa 1, cuando la cometa 1 está próxima al brazo 3 de la turbina 2, se hala una de las dos cuerdas 4 con el fin de inclinar la cometa 1 disponiéndola en paralelo con el eje del dispositivo 6 de recuperación y favoreciendo su entrada en dicho elemento. Se acciona el motorreductor conectado a las correas dentadas hipotéticas y el carro 23 desciende en el dispositivo 6 de recuperación, lo que permite la recuperación progresiva de la cometa 1.

Tras la expulsión de una cometa 1 o un tren de cometas 1, puede estar previsto que se accione un dispositivo de empuje de viento artificial (no mostrado) que, por ejemplo, crea un flujo de aire artificial que empuja la cometa 1 hacia el exterior. También en este caso, el carro 23, arrastrado por las correas, sigue a la cometa 1 en su movimiento dentro del dispositivo 6 de recuperación. La turbina de viento 2 puede estar equipada con un sistema de recuperación y expulsión 7 de la cometa 1 al lado de cada dispositivo 6 de recuperación.

El sistema de transmisión es el componente de la turbina 2 que guía las cuerdas 4 entre el dispositivo 6 de recuperación de los cometas 1 y el sistema 9 de acumulación de energía. En una forma de realización preferida del mismo mostrado en la figura 8, el sistema de transmisión comprende poleas montadas en los brazos 3 de la turbina 2. Las poleas giran alrededor de pasadores y se insertan entre dos caras conectadas junto a los pasadores y la cabeza. Cada brazo 3 de la turbina 1 está equipado con un sistema de transmisión en el que hay dos conjuntos de poleas, uno para cada una de las dos cuerdas 4 con los cuales se acciona una cometa 1. Tales poleas están dispuestas alternativamente con su cabeza orientada hacia arriba y hacia abajo. Esto hace que la cuerda 4 aparezca como líneas discontinuas, a lo largo de los brazos 3 de la turbina 2. Las poleas en cada sistema de transmisión se pueden dividir en cuatro categorías:

- la primera, poleas 25 montadas en la corredera del sistema de recuperación y expulsión de la cometa 1;
- la segunda, poleas 26 aseguradas y montadas directamente sobre los brazos 3 de la turbina 2;
- la tercera, poleas 27 que forman parte de los sistemas de tensado 8 de las cuerdas 4;

- la cuarta, poleas 28 montadas en correderas de los módulos 14 de guía de las cuerdas 4 (una para cada corredera). La turbina 2 eólica puede estar equipada con un sistema de transmisión para cada brazo 3 y el número total de poleas que componen un sistema de transmisión, obviamente depende de la longitud de los brazos 3.

El sistema de tensado y de amortiguación 8 de las cuerdas 4 es el componente de la turbina 2 eólica que mantiene las cuerdas 4 tensadas a lo largo de los brazos 3 de la turbina 2 también bajo condiciones de reposo y contribuye a amortiguar las variaciones repentinas de carga que las cuerdas 4 no son capaces de absorber. En una posible realización del mismo muestra en particular en la figura 8, el sistema de tensado 8 está compuesto de al menos un par de poleas 27 de tercera categoría conectadas a al menos un contrapeso 29 amortiguado levantado desde el suelo y capaz de trasladar verticalmente en forma limitada por una guía adecuada. En cada una de las dos poleas 27 de tercera categoría, una de las dos cuerdas 4 se enrolla, con lo cual se acciona una sola cometa 1, por lo que es la tensión de las cuerdas 4 la que mantiene el contrapeso 29 levantado. Debido a la fuerza del efecto de la gravedad, el contrapeso 29 tiende a arrastrar hacia el suelo al par de cuerdas 4 generando una carga adicional sobre la misma. El efecto es doble ya que en primer lugar las cuerdas 4 se mantienen también siempre tensionadas cuando el sistema eólico está en reposo; en segundo lugar, tales sistemas de tensado 8 contribuyen a amortiguar las variaciones de carga repentinas de una cierta cantidad.

Cuando se produce un golpe de viento, el aumento súbito de la carga es parcialmente amortiguado por el alargamiento de las cuerdas 4 y en parte por el levantamiento de los contrapesos de los sistemas de tensión 8. Por el contrario, si la carga disminuye, las cuerdas 4 se contraen y bajan los contrapesos 29, compensando parcialmente el posible retraso con el que el sistema de control inteligente interviene a fin de resolver la disminución de la tensión. Es importante que el par de poleas 27 de tercera categoría de cada sistema de tensado 8 están conectadas a un solo contrapeso 29. Si cada polea 27 está limitada a un contrapeso diferente, la capacidad de accionamiento de las cometas 1 por el sistema de control inteligente se vería afectada. Con el fin de accionar un tren de cometas 1, el sistema de control opera de hecho sobre la diferencia relativa de las longitudes del par de cuerdas 4. Si las poleas 27 de cada sistema de tensado 8 estuvieran conectadas a diferentes contrapesos, tal diferencia relativa no dependería más exclusivamente del sistema de control inteligente, sino también de la reducción de un contrapeso que coopera con una cuerda 4 con respecto a otro contrapeso que cooperar con la otra cuerda 4 del mismo par de cuerdas 4.

En una realización alternativa de la misma que se muestra en particular en la figura 9, el sistema de tensado y amortiguación 8 está equipado con al menos un dispositivo 30 que comprende un par de poleas 31 de la quinta categoría limitadas en el extremo de una varilla 32 articulada cerca del otro extremo de la misma al brazo 3 de la turbina eólica 2. Dicha varilla 32 coopera con el brazo 3 de la turbina 2 mediante la interposición de medios elásticos, preferiblemente elaborados como al menos un resorte 33 de amortiguación, comprimido debido al efecto de las cuerdas 4 de tracción. Del mismo modo como se describe para el sistema 8 equipado con el contrapeso 29, esta variación del sistema 8 mantiene las cuerdas 4 tensadas y compensa las variaciones de carga repentinas debido al efecto de elongación de la compresión del resorte 33. La turbina 2 eólica puede estar equipada con una cierta cantidad de sistemas de tensado 8 para cada brazo 3 que depende de su longitud.

Como puede observarse en la figura 10, el sistema 9 de acumulación de energía potencial gravitatoria es el componente de la turbina 2 dispuesto más arriba de los brazos 3 y más abajo del sistema 10 de enrollado y desenrollado de las cuerdas 4. La turbina puede estar equipada con un sistema de acumulación 9 al lado de cada brazo 3. La función que desempeñan los sistemas de acumulación de energía 9 consiste en la obtención de una reserva de energía, que compensa además las grandes variaciones de carga, para las que no es suficiente la compensación a través de la elasticidad de las cuerdas 4 y de los sistemas de tensión 8. Con referencia en particular a la figura 11, es posible observar que, en una realización preferida de la misma, el sistema 9 se compone de al menos dos poleas 34a y 34b reductoras de velocidad y al menos un contrapeso 35 levantado desde el suelo y que puede ser trasladado verticalmente, preferiblemente restringido a guías adecuadas. Las cuerdas 4 con las cuales se acciona la cometa 1 se enrollan alrededor de dichas poleas 34a y 34b de modo que sea la tensión de tales cuerdas 1 que mantiene el contrapeso 35 levantado. Durante la operación del sistema eólico, el contrapeso 35 puede encontrarse en una posición incluida entre dos alturas límite. En particular, el contrapeso 35 está a una altura mínima (como se muestra, por ejemplo, en las figuras 10, 11 y 12) si la tracción del par de cuerdas 4 es menor que un valor límite dependiendo del peso de la masa del contrapeso 35 y del número de poleas que componen el sistema de acumulación de energía 9. Por el contrario, el contrapeso 35 está a una altura máxima si la tracción de las cuerdas 4 es mayor que dicho valor límite. El sistema de acumulación de energía 9, por lo tanto, sólo tiene dos estados estables: a una altura mínima y una altura máxima. Todas las demás posiciones intermedias son un paso entre un estado y otro, regalando energía si el contrapeso 35 asciende y acumulando energía si el contrapeso 35 aumenta. Las poleas 34a y 34b del sistema de acumulación están dispuestas en dos niveles, uno superior y otro inferior. Al lado de cada nivel, las poleas 34a y 34b están lado a lado y tienen sus ejes de rotación perpendiculares al brazo 3 de la turbina 2. Las poleas 34a en el nivel superior están limitadas al brazo 3 de la turbina 2; las poleas 34b en el nivel inferior están en cambio restringidas al contrapeso 35. Ya que cada cometa 1 es accionada por medio de un par de cuerdas 4, desde un punto de vista funcional, es posible dividir el sistema de poleas 34a y 34b de cada sistema de acumulación 9 en dos subsistemas. Cada una de las dos cuerdas 4 se enrolla alternativamente alrededor de una polea en el nivel superior 34a y a una polea 34b en el nivel inferior. Después de un cierto número de

devanados que depende del número de poleas 34a y 34b con las que debe estar equipado el sistema de acumulación 9, cada una de las dos cuerdas 4 abandona ese sistema que procede hacia el sistema de enrollado y desenrollado de las cuerdas 10. Durante la operación de la turbina eólica 2, cada contrapeso 35 se mantiene a su altura máxima debido a la carga del par de cuerdas 4 correspondiente. Durante la etapa del ciclo de funcionamiento en el que las cometas son accionadas a fin de que no se opongan a la rotación del brazo al que están conectadas, la carga de la cuerda es mucho menor que aquella soportada durante las etapas previas se caracterizadas por un alto efecto de arrastre. La disminución de la carga de la cuerda 4 hace que el contrapeso 35 descienda con el fin de compensar tal disminución y mantenga las cuerdas tensadas 4. Cuando se vuelve a las etapas caracterizadas por un alto efecto de arrastre, el sistema de control inteligente bloquea, durante un cierto intervalo de tiempo, los primeros cabrestantes 11 del sistema de enrollado desenrollado 10 de manera que el contrapeso 35 se levanta de nuevo debido a la carga de la cuerda, acumulando así energía gravitacional potencial. El sistema debe ser dimensionado de manera que la caída de tensión que se produce durante la etapa de escaso efecto de arrastre del ciclo de funcionamiento esté completamente compensada por la reducción del contrapeso 35, sin requerir de la intervención del sistema de enrollado y desenrollado 10 de las cuerdas 4. De manera similar a lo que se ha dicho para los sistemas de tensado 8, es importante que los dos subsistemas de poleas 34a y 34b de cada sistema de acumulación de energía 9 estén conectados a un solo contrapeso 35. Si, de hecho, cada subsistema de poleas 34a y 34b estuviera limitado a un contrapeso diferente, la capacidad de accionamiento de las cometas 1 por el sistema de control inteligente se vería afectada.

En una forma de realización preferida de la misma, que no se muestra, el sistema de acumulación de energía 9 puede ser elaborado en vez de eso como un acumulador hidráulico. En tal caso, por tanto, la energía acumulada ya no es más energía potencial gravitacional, sino energía de compresión y descompresión del gas. La turbina 2 eólica está equipada con un sistema de acumulación 9 más arriba de cada brazo 3. Obviamente, tales sistemas están integrados con los brazos 3.

Como puede observarse, en particular a partir de la figura 12, el sistema de enrollado y desenrollado 10 de las cuerdas 4 es el componente de la turbina 2 colocado entre el sistema de acumulación de energía 9 y el sistema de almacenamiento de las cuerdas 12. Cada brazo 3 de la turbina 2 eólica está equipado con uno de estos sistemas 10, comprendiendo cada uno, en una realización preferida de la misma, un par de primeros cabrestantes 11 alrededor de los cuales se enrollan el par de cuerdas 4 de la correspondiente cometa 1. Estos primeros cabrestantes 11 están conectados, a través de un par de reductores, a un par de primeros motores 36 cuyo accionamiento está controlado por el sistema de control inteligente. Es a través de estos primeros cabrestantes 11 que se produce el accionamiento de la cometa 1.

Cada cuerda 4, al salir de las poleas 34a reductoras de velocidad del sistema de acumulación de energía 9, se enrolla alrededor del primer cabrestante 11 correspondiente del sistema de enrollado y desenrollado 10, preferiblemente realizando sólo un número limitado de revoluciones (por ejemplo, un par, o de todos modos de tal forma que se forme una sola capa de devanados), después de que proceda hacia el sistema 12 de almacenamiento. De hecho, los sistemas de enrollado y desenrollado 10 son los que soportan toda la tracción de la cuerda.

Se hace necesaria la distinción entre el sistema enrollado y desenrollado 10 y el sistema 12 de almacenamiento de las cuerdas 4 por la gran longitud de las secciones de cuerda 4 conectadas a los trenes de cometas 1. Si, de hecho, hubiera solo un cabrestante para cada cuerda 4, la cuerda se enrollaría completamente alrededor del tambor del cabrestante, formando muchas capas y al mismo tiempo soportando cargas grandes. Tal situación debe ser evitada ya que las fricciones que se producirían debido al deslizamiento entre diferentes arrollamientos, desgastaría la cuerda 4 hasta tal punto que deterioraría sus propiedades mecánicas.

Alternativamente, el sistema de enrollado y desenrollado 10 de las cuerdas puede comprender, por ejemplo, un número adecuado de dispositivos 37, como el que se muestra en la figura 13, cada uno de ellos equipado con un par de canales 38 enfrentados en su interior, dentro de los cuales se inserta la cuerda 4. Los únicos elementos enfrentados que componen los canales son empujados uno contra el otro por los pistones 39, por ejemplo, neumáticos, y en cada uno de ellos se monta una almohadilla de goma contorneada. En los dispositivos de este tipo, las cuerdas 4 son acompañadas hacia las cometas 1 por la rotación de los canales 38. El almacenamiento de las cuerdas 4 se produce, por ejemplo, más arriba del par de canales por medio de cabrestantes sobre los que, sin embargo, la tensión de la cuerda es mínima.

En una forma de realización alternativa adicional de la misma, se muestra en particular en la figura 14, que el sistema de enrollado y desenrollado 10 pueden constar de cuatro cabrestantes 40 para cada cuerda 4. Tales cabrestantes 40 están dispuestos en dos niveles (dos en un nivel superior y dos a un nivel inferior) y tienen ejes de rotación paralelos. Cada cuerda 4 se enrolla en promedio en cada uno de estos cabrestantes 40 cerca de tres cuartas partes de una circunferencia. Puesto que hay cuatro cabrestantes 40 para cada cuerda 4, los devanados globales de una cuerda 4 en los cabrestantes 40 del presente sistema son equivalentes a tres devanados completos de la cuerda 4 en un solo cabrestante 40. Por consiguiente, el sistema con cuatro cabrestantes 40 es capaz de soportar las cuerdas 4 cargadas como la primera de las dos alternativas anteriormente descritas. El desgaste entre cada cabrestante 40 y la cuerda 4 puede aumentar aún más mediante la conformación adecuada de la superficie de

los cabrestantes 40, con el fin de albergar la cuerda 4 aumentando la superficie de contacto entre la cuerda 4 y el cabrestante 40.

5 Es posible hacer que la rugosidad de la superficie de los cuatro cabrestantes sea diferente, a fin de aumentar progresivamente el desgaste entre la cuerda 4 y el cabrestante 40 procediendo hacia los sistemas de almacenamiento 12. La ventaja derivada de la utilización de cuatro cabrestantes 40 en lugar de uno solo consiste en que, de esta forma, no se corre el riesgo de que ocurra una superposición entre los diferentes devanados de cuerda. En el sistema 10 equipado con un primer cabrestante 11 para cada cuerda 4, cuando gira el tambor del cabrestante, la cuerda 4 tiende a avanzar hacia una cara del primer cabrestante 11 (dependiendo de la dirección de rotación). Es necesario que la cuerda 4 se deslice sobre la superficie del tambor, de lo contrario, mediante el avance, se saldría del primer cabrestante 11. Debido al efecto de tal deslizamiento, existe sin embargo el riesgo de que los devanados consecutivos de la cuerda 4 se superpongan. Tal acontecimiento no puede ocurrir en sistemas equipados con cuatro cabrestantes 40 por cada cuerda 4, ya que, junto a cada cabrestante 40, la cuerda 4 no realiza ni un solo devanado completo.

15 La turbina 2 eólica puede ser equipada con un sistema de enrollado y desenrollado 10 de las cuerdas 4 más arriba de cada brazo 3. Obviamente, tales sistemas hacen parte integral con los brazos 3.

El sistema 12 de almacenamiento de las cuerdas 4 es el componente de la turbina eólica 2, que se encarga de almacenar las cuerdas 4 de las cometas 1.

20 De manera similar a los sistemas de enrollado y desenrollado 1 de la cuerda 4, cada brazo 3 de la turbina 2 eólica está equipada con uno de estos sistemas 12, cada uno de los cuales comprende, en una realización preferida de lo mismos mostrada en la figura 12, al menos un par de segundos cabrestantes 13 alrededor de los cuales se enrolla el par de cuerdas 4 de la correspondiente cometa 1. Estos segundos cabrestantes 13 están conectados, a través de un par de reductores, a un par respectivo de segundos motores 41 cuyo accionamiento es gobernado por el sistema de control inteligente.

25 Como se estableció anteriormente, los sistemas de almacenamiento 12 tampoco se encargan del accionamiento de las cometas 1. De esta forma, la tensión de las cuerdas 4 enrolladas alrededor de los segundos cabrestantes 13 del sistema 12 de almacenamiento es bastante más baja que la tensión que se puede encontrar en las secciones de cuerda 4 enrolladas en los primeros cabrestantes 11 del sistema de enrollado y desenrollado 10. Por lo tanto, donde es más grande la carga de las cuerdas 4, el número de devanados sobre los tambores de los primeros cabrestantes 11 es tal que las cuerdas 4 nunca están dispuestas en dos o más capas. Por el contrario, en los segundos cabrestantes 13 de los sistemas de almacenamiento 12, las cuerdas 4 se enrollan en muchas capas, pero la tensión es mínima. El diámetro de los tambores de los cabrestantes 13 segundos que componen el sistema 12 de almacenamiento es mayor que el diámetro de los tambores de los cabrestantes primero 11 del sistema de enrollado y desenrollado 10, a fin de minimizar de todos modos la cantidad de capas enrolladas.

35 Obviamente, el propósito del sistema de control inteligente es la sincronización de la rotación de los primeros cabrestantes 11 del sistema de enrollado y desenrollado 10 de las cuerdas 4 y de los segundos cabrestantes 13 del sistema 12 de almacenamiento alrededor de la cual se enrolla la misma cuerda 4. Esto es fundamental para el manejo de la carga en la sección de la cuerda 4 incluida entre el primero y el segundo cabrestantes, respectivamente 11 y 13, principalmente durante las etapas de arranque y detención de la turbina eólica.

40 Dado que en los segundos cabrestantes 13 del sistema 12 de almacenamiento de las cuerdas 4 los enrollamientos están en muchas capas, junto a cada segundo cabrestante 13 es necesario colocar un módulo 14 de guía que obliga a la cuerda 4 a realizar un enrollamiento ordenado en el segundo cabrestante 13 e impide un deslizamiento entre la cuerda y 4 caras del segundo cabrestante 13 y entre los propios arrollamientos. La turbina 2 eólica está equipada con un sistema 12 de almacenamiento' más arriba de cada brazo 3. Obviamente, tales sistemas están integrados con los brazos 3.

45 El módulo 14 de guía de las cuerdas 4 es el componente de la turbina 2 eólica que obliga a las cuerdas 4 a realizar un enrollamiento ordenado sobre los segundos cabrestantes 13 del respectivo sistema 12 de almacenamiento y que impide el deslizamiento entre cuerdas 4 y las caras de los segundos cabrestantes 13 y entre las mismas cuerdas 4.

50 En una forma de realización preferida de la misma mostrada en la figura 10, el módulo 14 de guía está equipado con una corredera 42 limitada a un carril dispuesto en paralelo con el eje de rotación del segundo cabrestante 13. La corredera 42 es capaz de trasladarse a lo largo de las dos direcciones y una cuarta polea 28 está montada sobre el mismo. En particular, tal corredera 42 se mueve sobre cada etapa de rotación del segundo cabrestante 13. De acuerdo con el mecanismo de deslizamiento que determina el movimiento de la corredera 42, es posible por ejemplo distinguir dos tipos de módulos lineales adaptados para tal fin: controlados por tornillo y controlados por correa. En los módulos controlados por tornillo, el traslado de la corredera 42 es accionado por la rotación de un tornillo de precisión de recirculación de bola. En módulos lineales controlados por correa, la corredera 42 está montada sobre

una correa dentada.

En los módulos 14 de guía de las cuerdas, el traslado de la corredera se produce junto con la rotación del segundo cabrestante 13 por medio de un tercer motor 43 eléctrico cuyo funcionamiento está gobernado por el sistema de control inteligente que acciona las cometas 1.

- 5 En la turbina 2 eólica hay un par de módulos 14 de guía de las cuerdas próximos a cada brazo 3, uno por cada segundo cabestrante 13 de los sistemas de almacenamiento 12.

10 Como una alternativa al uso de módulos 14 de guía de las cuerdas, es posible, por ejemplo, colocar cada segundo cabrestante 13 de los sistemas de almacenamiento 12 de las cuerdas 4 sobre un carro 44 que se traslada en una guía 45 colocada en paralelo con el eje de rotación del segundo cabrestante 13 correspondiente, tal como se muestra por ejemplo en la forma de realización alternativa de la figura 15. El deslizamiento del carro 44 es accionado por un mecanismo de deslizamiento junto con la rotación del segundo cabrestante 13 accionado, posiblemente mediante la interposición de al menos un reductor epicicloidal, a través de un motor eléctrico cuyo funcionamiento es gobernado por el sistema de control inteligente. Mediante la adopción de esta disposición, el módulo de guía de la cuerda 14 ya no es más necesario ya que es el segundo cabrestante 13 que se traslada a fin de garantizar un enrollado ordenado de la cuerda 4.

15 La turbina 2 eólica está equipada además con motores eléctricos que también funcionan como generadores y generadores que también operan como motores.

20 Los motores eléctricos son los componentes de la turbina a través de los cuales se produce el accionamiento de los primero y segundo cabrestantes 11 y 13 y de los módulos de guía de los cables 14. En particular, para cada cuerda 4 la turbina 2 está equipada con tres motores eléctricos:

- el primer motor 36 responsable de la rotación del primer cabrestante 11 del sistema de enrollado y desenrollado 10 de la cuerda 4;
- el segundo motor 41 responsable de la rotación del segundo cabrestante 13 del sistema 12 de almacenamiento de la cuerda 4;
- 25 - el tercer motor 43 responsable del traslado de la corredera 42 del módulo 14 de guía de la cuerda 4 o del carro 44 sobre el que se monta el segundo cabrestante 13 del sistema 12 de almacenamiento de las cuerdas 4.

Cada uno de estos motores de 36, 41 y 43 podría estar interconectado con el correspondiente cabrestante o el módulo de guía de las cuerdas a través de un reductor, por ejemplo del tipo epicicloidal.

30 Dado que estos motores 36, 41 y 43 pueden funcionar también como generadores, es posible producir electricidad a través de los primeros motores 36 mediante el aprovechamiento de la tracción ejercida por las cometas 1 en los primeros cabrestantes 11 del sistema de enrollado y desenrollado de las cuerdas 4. Dicha fuerza de tracción, de hecho, en lugar de ser contrarrestada, podría ser utilizada para accionar los primeros motores 36 que operan como generadores a través de la rotación de los primeros cabrestantes 11. El proceso mediante el cual se produce la energía de acuerdo con este modo es, por ejemplo, como el descrito en el documento EP-A-1 672 214 a nombre de Sequoia Automation S.R.L., véase más arriba.

35 Los motores eléctricos son accionados por el sistema de control inteligente y los correspondientes a la misma cuerda 4 de las cometas 1 debe obviamente operar en forma sincronizada.

40 Los generadores/motores 15a o 15b, son los componentes de la turbina 2 a través de la cual se produce la electricidad. Su accionamiento se debe a la rotación de los brazos 3 durante el funcionamiento de la turbina 2. Con respecto a la generación de energía eléctrica, es posible adoptar dos disposiciones que sean diferentes debido a la colocación de los generadores en el interior de la turbina.

La disposición más simple consiste en la colocación de los generadores 15a en el centro de la turbina 2. En particular, es posible localizar tres alternativas:

- 45 - la realización de un único sistema de generación que opera como rotor cuyo eje central 16 a la que están asegurados los brazos 3 de la turbina 2 y como estator, la parte asegurada al centro de la turbina 2. Es aconsejable colocar imanes permanentes en el rotor (ya que no necesitan ningún suministro) y para proporcionarle al estator devanados generadores en el circuito;
- el uso de un solo generador cuyo rotor es accionado por la rotación del eje central 16 por medio de la interconexión

con un multiplicador adecuado a fin de aumentar la velocidad de rotación de entrada;

- el accionamiento de muchos generadores a través de un sistema de engranajes que se caracteriza por una rueda que se engrana con muchos piñones, uno para cada generador, con la función de multiplicar y arrastrar muchos sistemas de generación.

5 La disposición alternativa a la colocación del generador 15a en el centro de la turbina 2 eólica solamente puede aplicarse si los brazos 3 de la turbina 2 descansan en el suelo por medio de carros de amortiguación 20 que funcionan en soporte elástico. En tal caso, los generadores 15b pueden ser colocados directamente junto a los carros 20 y ser accionados por la rotación de las ruedas 21. Por ejemplo, se puede pensar en proporcionarles a cada carro 20 cuatro generadores 15b, dos para cada rueda 21, dispuestos uno en cada parte. En caso de adoptarse esta
10 disposición, es necesario que la estructura cuente con un colector para la transferencia de la energía eléctrica a partir de la parte giratoria de la turbina 2 eólica a la parte fija.

Esta disposición proporciona las siguientes ventajas con respecto a las anteriores:

- dimensionando adecuadamente el diámetro de las ruedas 21 de los carros 20 y la distancia de las ruedas 21 desde el centro de la turbina eólica 2, la velocidad de rotación angular de las ruedas es mayor que la velocidad de la
15 turbina 2.

Esto es obviamente una ventaja con respecto a las dimensiones de los generadores 15b para la producción de electricidad;

- cuando los generadores 15b se montan en los carros de amortiguación 20, la rigidez requerida para los brazos 3 de la turbina 2 es menor, ya que el torque motriz se descarga al lado del punto en que se genera y, por tanto, el torque de flexión en los brazos 3 es menor. La menor rigidez se traduce en un menor peso de los brazos 3 y por lo tanto menos disipación de energía debido a la inercia (en el arranque) y sobre todo en menores costes de
20 fabricación para la estructura.

En la turbina 2 eólica a la que se refiere la presente invención, los generadores/motores 15a o 15b también funcionan como motores, puesto que determinan la rotación de los brazos 3 durante el arranque, con el fin de hacer que el ascenso de las cometas 1 sea más fácil.
25

También los generadores/motores 15a o 15b son accionados por el sistema de control inteligente y la turbina 2 eólica puede ser equipada con un número variable de generadores/motores 15a o 15b, también de acuerdo con el hecho de que están montados en el sistema de soporte de los brazos 5b o colocados en el centro de la turbina 2.

El sistema de control inteligente es el sistema a través del cual se accionan automáticamente las cometas 1. La
30 tarea principal de este componente consiste, entre otras cosas, en el control y accionamiento de forma automática del vuelo de cada cometa 1 mediante el accionamiento del funcionamiento de los motores de los cuales depende la rotación de los primero y segundo cabrestantes 11 y 13, respectivamente, de los sistemas de enrollado y desenrollado 10 de las cuerdas 4 y de los sistemas de almacenamiento 12. Obviamente, cada cometa 1 es accionada independientemente de las otros, pero de todos modos evitando que pueden ocurrir interferencias durante el vuelo.
35

El control automático del vuelo de una sola cometa 1 realizado por el sistema de control inteligente se lleva a cabo por medio de algoritmos de control predictivo implementados por medios de procesamiento del sistema de control inteligente mismo a través del cual se acciona la cometa 1 con el fin de evitar oscilaciones, controlando la inestabilidad y la tracción mecánica máxima. Se predice la trayectoria recorrida por las cometas 1 con el fin de
40 optimizar la energía producida durante un ciclo de funcionamiento con la máxima seguridad, bajo el máximo cumplimiento de las especificaciones dinámicas y minimizando el tiempo necesario para pasar de la posición real a la prevista.

El accionamiento automático de una sola cometa 1 se produce por medio de un proceso en tiempo real que recibe y procesa la información procedente del conjunto de sensores de tierra y a bordo de la cometa 1. A bordo de la cometa 1, podría ser necesario el procesamiento previo de los datos detectados por el conjunto de sensores, a fin de no sobrecargar la comunicación inalámbrica. La información que ingresa está relacionada con la posición en el espacio de la cometa 1, con aceleraciones, con fuerzas (por ejemplo, la carga de la cuerda determinada por la lectura de los torques del motor) y con cantidades definidas geoméricamente. El proceso procesa dichas entradas a través de los algoritmos de predicción y produce una salida que acciona los motores 36 y 41 conectados a los
45 primeros cabrestantes 11 y 13.
50

El procesamiento de la información de entrada requiere de un intervalo de tiempo que es proporcional al tiempo que toma el análisis de los datos. Al minimizar el tiempo de dicho intervalo, se reduce el retardo con el que se acciona la

cometa 1. Por esta razón, se tiende a dar prioridad al análisis de corto plazo. Un análisis de corto plazo, sin embargo no podía permitir la predicción de una trayectoria con la profundidad óptima. Por tanto, es importante dar prioridad a una solución óptima de compromiso, de manera que el procesamiento de datos se produce en un corto tiempo, pero el suficiente para permitir la predicción de una longitud óptima de la trayectoria. Es de todos modos razonable suponer que la predicción de una trayectoria más larga que la descrita durante un ciclo de operación es inútil.

El algoritmo predictivo determina en cada instante la posición óptima que la cometa 1 debe ocupar en los siguientes instantes a través de los parámetros de vuelo y de control adecuados (altura de vuelo, la dinámica de contrapeso, los datos de tracción, el cómputo de seguridad en áreas fuera de los límites (situación con tensión para la estructura, inestabilidad o fuerzas excesivas), instante en el que debe realizarse el accionamiento, ...). Para cada instante de tiempo, las coordenadas de la posición óptima (con relación al parámetro) que la cometa 1 debe ocupar en dicho cierto instante, corresponden a cada parámetro. A cada parámetro también se le asigna un valor relativo cuyo ajuste se produce en cada instante por medio de un sistema de retroalimentación que corrige los valores de los parámetros más críticos con el fin de tomar las decisiones acerca de tales parámetros más importantes. Una vez recolectadas las mejores coordenadas para cada parámetro, se realiza una suma de vectores para cada instante de tiempo considerado en la predicción. Finalmente, después de haber introducido valores de tiempo que dan prioridad a las estrategias de corto plazo, se calculan las coordenadas óptimas para cada instante de tiempo.

Después de haber predicho las coordenadas de las posiciones ideales que la cometa 1 debe ocupar en los siguientes instantes de tiempo, el proceso en tiempo real determina la mejor trayectoria que la cometa 1 debe recorrer para alcanzar estas posiciones. El algoritmo utilizado para tal fin emplea ecuaciones sobre el vuelo, la inercia de la cometa y el porcentaje de reacción que puede tener dependiendo del diferencial de tracción sobre las cuerdas 4, para determinar la ley de accionamiento de la cometa. A través de técnicas de control adecuadas, se calibra el accionamiento con el fin de administrar la oscilación y los riesgos de una ganancia excesiva debido a razones de inercia, la elasticidad cinemática de la cadena y retrasos de la medición.

El control de la rotación del primero y el segundo cabrestantes, respectivamente 11 y 13 no es la única función realizada por el sistema de control inteligente. Dicho sistema comprende de hecho también un subsistema de autocalibración que implementa un procedimiento de autocalibración del conjunto de sensores a bordo de las cometas 1.

Los sensores montados sobre las cometas 1, de hecho tienen una calibración previa de fábrica y la necesidad de la autocalibración se deriva de la susceptibilidad de tales sensores con el efecto de algunas variables externas que se suman para modificar el cumplimiento de las cantidades medidas con la realidad. Entre las variables externas están:

- la precisión del montaje de los sensores en la cometa 1 (es decir un soporte flexible);
- el tiempo de decaimiento de la calibración;
- variaciones de la temperatura (que pueden desplazar a la compensación del sensor).

Las variaciones de la posición no se pueden atribuir a las variables externas cuyo efecto debe ser compensado, ya que caen dentro de las variables de salida, medidas con precisión.

Las variaciones de los campos magnéticos y electromagnéticos y las interrupciones temporales de la referencia de tierra son consideradas como perturbaciones.

Los métodos para realizar la autocalibración del sensor se basan sustancialmente en el nivel de redundancia que los sensores directos son capaces de proporcionar al sistema. Además, el sistema de control inteligente tiene toda la información disponible que proviene del sistema eólico en su conjunto, tal como por ejemplo los ángulos formados por los cables y la disposición de las fuerzas medidas sobre las estructuras.

Además de la redundancia instantánea, proporcionada por sensores directos en cooperación con las medidas disponibles, es posible usar una redundancia periódica, basada en la comprobación de la calibración a través de la misma operación del sistema eólico. Cuando el sistema está en funcionamiento, los sensores se mueven en forma integral con la cometa 1 en el espacio. Con respecto al sistema de referencia cartesiano de cada sensor, el vector de aceleración de la gravedad y el vector de campo magnético de la tierra cambian de dirección y de sentido pero mantener constante su módulo. Dado que el módulo del vector viene dado por la suma vectorial de los tres componentes medidos por cada sensor, es posible crear sistemas de ecuaciones a partir de los cuales se puede extraer un error relativo que depende de la posición. Con los métodos matemáticos adecuados, el error puede entrar en un bucle de retroalimentación y operar sobre los parámetros de ganancia y compensación para cada eje individual.

Además, es posible proporcionar las interacciones entre los sensores acelerométricos y magnetométricos

substancialmente conocidos debido al hecho de que, debido a su naturaleza y dependiendo del sitio elegido para la instalación del sistema eólico, el campo magnético de la Tierra tiene una inclinación constante con respecto a la dirección de aceleración de la gravedad. El ángulo incluido entre los dos vectores puede entonces ser considerado como una variable de control con respecto a la autocalibración del sistema como un todo.

5 En cuanto al uso de los magnetómetros, es necesario recordar que la calibración de fábrica de estos instrumentos no es ciertamente adecuada para el sitio de operación en el destino, ya que el campo magnético de la tierra tiene una variación del ángulo de incidencia que depende de la ubicación geográfica y la morfología del territorio unido a su geología. Por tanto, la recalibración del magnetómetro se convierte en obligatoria en la etapa de arranque del primer sistema.

10 Para mantener el procedimiento de autocalibración siempre activo, es posible utilizar también como sistema de diagnóstico. En tal caso, es sin embargo obligatorio proporcionar trampas que, en caso de perturbaciones temporales, eviten que una calibración pasada se haga inválida.

15 El procedimiento de autocalibración debe ser capaz de converger lo más rápidamente posible hacia una buena calibración, evitando sin embargo perjudicar los resultados alcanzados con anterioridad. A tal efecto, pueden utilizarse métodos estadísticos de evaluación de la varianza por acumulación y error, a través de los cuales se puede crear también una base de datos de calibración, a la que deberá hacerse referencia para reducir la probabilidad de error del subsistema de autocalibración.

20 El sistema descrito debe ser capaz de operar sin interferir con el funcionamiento normal del sistema eólico. Tal principio no puede sin embargo ser observado con la primera puesta en marcha del sistema, ya que aún no hay bases de datos disponibles que sean suficientes para garantizar una adecuada seguridad en la calibración. Este límite inicial puede ser superado mediante la imposición a las cometas 1 de trayectorias geométricas limitadas, evitando aprovechar todos los grados de libertad del sistema. Tales trayectorias son intrínsecamente más seguras, ya que se escogen confiando en sensores absolutos, tales como los acelerómetros, cuya calibración previa de
25 fábrica se considera confiable en cuanto al arranque del sistema. Los grados de libertad en el movimiento dentro del espacio aéreo están limitados hasta que converge el algoritmo de autocalibración. Esta etapa necesita de un período relativamente corto de tiempo, del orden de segundos. Cada ciclo de funcionamiento completo del sistema eólico contribuye al perfeccionamiento de la calibración. Después de un cierto número de ciclos, el sistema puede considerarse en estado estacionario desde el punto de vista de la optimización de la autocalibración, pero, durante la operación del sistema eólico, la autocalibración de todos modos se mantiene activa como una función de fondo.

30 El sistema de control inteligente comprende además un subsistema de seguridad que interviene además cuando se accionan las cometas 1 evitando que se produzcan colisiones entre tales cometas 1 y posibles aviones u objetos voladores que ocupan el espacio aéreo de vuelo del sistema eólico de la invención.

35 El sistema eólico, de hecho, ocupa un espacio aéreo que puede ser cruzado por otros medios que son capaces de volar en el cielo, tales como los aviones y los pájaros. En primer lugar, de manera similar a lo que ocurre con otros tipos de plantas industriales, como por ejemplo, plantas nucleares, es por lo tanto recomendable reservar un espacio aéreo para el sistema eólico, es decir, un área de un tamaño adecuado donde están prohibidos los vuelos.

Tal precaución sin embargo, no es suficiente para evitar las colisiones entre las cometas 1 y objetos voladores, ya que es necesario tener también en cuenta las situaciones imprevistas o de emergencia. En particular, entre los objetos voladores que pueden "invadir" la zona con vuelo prohibido, se encuentran:

40 - aviones que pierden su ruta, pero equipados con instrumentos de identificación que pueden ser consultados de forma remota;

- aviones que, por su naturaleza, no tienen la oportunidad de comunicarse o identificarse, ni saber dónde puede encontrarse el obstáculo de vuelo, compuesto por las cometas del sistema 1;

- bandadas o aves individuales.

45 Las cometas 1 vuelan limitadas a la turbina 2 eólica con tres grados de libertad: los dos cosenos directores de la bisectriz de las cuerdas 4 con respecto al plano de rotación de la turbina 2 eólica y la longitud misma de las cuerdas 4. Estos tres grados de libertad permiten una autonomía suficiente de accionamiento para asumir un procedimiento para evitar colisiones con los posibles aviones que deben cruzar el espacio aéreo del sistema eólico.

50 Esta operación del subsistema se basa en la vista artificial del espacio aéreo del sistema eólico y un espacio aéreo adyacente que sea lo suficientemente amplio para garantizar una reacción oportuna a los aviones que se aproximan a gran velocidad. El sistema eólico de acuerdo con la presente invención puede comprender, por tanto, un sistema de visión artificial, por ejemplo del tipo óptico o de microondas, que coopera con el subsistema de seguridad.

Típicamente, el radar clásico es un haz de exploración, mientras que la visión de microondas produce imágenes, de manera similar a los arreglos que hacen uso de cámaras ópticas.

A partir de un sistema de visión artificial, se puede extraer o inferir toda la información útil para localizar la ruta de intersección entre un avión y el espacio aéreo reservado para el sistema eólico, a través de un proceso matemático adecuado. Obviamente dicha ruta se puede determinar de manera unívoca y es además variable en el tiempo (la aeronave puede estar completamente controlada, incluso en un intento de evitar la colisión). Por esta razón, no es posible asignarle a cada avión que se aproxima una ruta bien definida, sino un cono hiperbólico continuamente actualizado de probabilidad de la trayectoria. Con el fin de construir tal cono, en caso de aviones grandes, rápidos e identificables, es necesario conocer sus características dinámicas y tener disponible para el sistema de control una base de datos con la cual pueden hacerse las interacciones después de haber consultado la aeronave que se aproximaba. El cono hiperbólico se construye en el espacio y el tiempo de tal forma que se logre llevar las cometas 1 a una designación de interdicción del espacio que puede ser ocupado por ellas, con el propósito de hacer que las cometas 1 eviten el área identificada por el mismo cono mediante circunnavegación.

El cono hiperbólico tiene características, formas y tamaños muy variables dependiendo del tipo de avión, la velocidad de aproximación y la capacidad de conducción. Cuanto más capaz sea el avión de ser controlado en forma repentina, más amplio es el borde de salida del cono; entre más rápido y apenas controlables sean los aviones, más estrecho y más previsible y circunscrito el borde.

El subsistema de seguridad que se encarga de realizar el cono hiperbólico comunica a cada unidad de control de las cometas 1 las coordenadas que señalan el área de interdicción, con la máxima prioridad con respecto a todos los parámetros de optimización de la trayectoria de vuelo de la cometa 1. Dependiendo de las posiciones actuales, cada unidad de control tiene diferentes piezas de información, dependiendo de la posición actual y del tiempo calculado en el paso de cada cometa 1 en el área de intersección entre el espacio aéreo del sistema eólico y el cono hiperbólico. El sistema de Sotro calcula la velocidad de aproximación de la aeronave, y toma nota de la posición que el sistema eólico asumirá en el tiempo. Por lo tanto, el área de interdicción se forma mediante intersección y se actualiza continuamente su geometría, así como la información proporcionada a cada unidad de control. El área de interdicción puede ser observada con un margen de seguridad variable. Si una cometa debe utilizar el área de interdicción para ser ubicada de manera óptima con respecto a dicha área y con respecto al tiempo de impacto previsto, el sistema permite su tránsito. A nivel de control, para permitir que el algoritmo organice el lugar de seguridad, es necesario reconstruir la escena muy anticipadamente con respecto a la ocurrencia real de los eventos, de tal manera que sea capaz de prever un comportamiento suficientemente avanzado en el futuro y programar con suficiente anticipación las maniobras de seguridad.

El sistema de visión artificial, cuya tarea es la gestión de la actividad de prevención de una colisión tiene el mismo nivel llamado a realizar funciones de redundancia de la medición de la posición de los cometas 1 en el espacio aéreo con el fin de producir energía. La salida del sistema óptico se convierte, por tanto, de reticulada en geométrica, proporcionando, con métodos matemáticos adecuados, vectores completamente conocidos (dirección, sentido, giro). Los radares hacen un barrido con suficiente velocidad para hacer pronósticos precisos. Con la visión artificial, existe la ventaja de ser capaz de reconocer algunos parámetros en una sola exploración. Las otras piezas útiles de información para el algoritmo de procesamiento del cono de probabilidad hiperbólica de la trayectoria y de la ruta de la aeronave son las posiciones de las cometas 1 y el identificador del tipo de aeronave, que puede ocurrir en formato digital para aeroplanos preestablecidos o heurística para las aves y aviones que no pueden ser catalogados.

En caso de emergencia, el propósito principal del sistema eólico, a saber, la producción de energía eléctrica, obtiene la segunda o la tercera prioridad. En primer lugar, el subsistema de seguridad tratará de evitar la colisión; en segundo lugar, tendrá que evitar tomar el sistema eólico bajo condiciones críticas por sí mismo, salvaguardando por lo tanto la aeronave y la turbina eólica, y permitiendo reiniciar el proceso de conversión de energía después de la emergencia.

En caso de bandadas de pájaros o aviones cuyo comportamiento de vuelo no se pueda pronosticar, el subsistema de seguridad aumenta los márgenes de accionamiento de las cometas 1, alcanzando desempeños acrobáticos para tener a las cometas 1 bajo condiciones de velocidad de navegación limitadas. Tales maniobras son posibles debido a la muy baja inercia de las cometas 1, que son sustancialmente ultralivianas equipadas con enormes fuerzas de comando. Un vehículo ultraliviano equipado con enormes fuerzas de comando en realidad puede lograr aceleraciones que tienden hasta el infinito. Las cometas 1, debido a su gran capacidad de accionamiento, pueden ser mantenidas a una velocidad de mero soporte en el aire, que representa por lo tanto un obstáculo más previsible, menos repentino, que no genera reacciones indeseadas por parte de los pilotos o las aves.

Una bandada o un solo pájaro, en realidad, puede a su vez reaccionar cuando observa las cometas 1, así como un piloto de una aeronave. Por lo tanto, es aconsejable evaluar tomar el cono de probabilidad hiperbólica de la trayectoria y de la ruta del aeroplano fuera de la vista. El sistema eólico no debe añadir incomodidad o riesgos adicionales.

El último y extremo nivel de emergencia lleva a una retirada de alta velocidad de las cometas 1 en los brazos de la turbina eólica 2. Se puede llegar a sistemas de recuperación rápida a través de un procedimiento de desenrollado de la cometa a través de una amplia diferencia de longitud de las cuerdas, seguido por un rebobinado rápido. La cometa 1 desenrollada seguirá la línea axial sin elevarse, a saber, la bisectriz de las cuerdas de accionamiento 4.

5 Como última situación, el sistema eólico de acuerdo con la presente invención puede comprender un sistema de cizallamiento, (no mostrado) de las cuerdas 4 que, mediante la cooperación con el subsistema de seguridad, se encarga de la interrupción de la línea de tracción de la cometa. Tal disposición puede provocar el abandono y la pérdida de las cometas 1, que, sin una fuerza axial, se convierten en cuerpos inertes. Esta situación es administrada por el así llamado "perro guardián", cuya intervención sigue la pérdida de control por parte del sistema de control
10 inteligente.

Como se dijo anteriormente, el sistema de control inteligente también se encarga de activar los módulos 14 de guía de las cuerdas 4. Los terceros motores 43 que accionan dichos módulos 14 son accionados con el fin de acoplar adecuadamente la rotación de los tambores de los segundos cabrestantes 13 para el traslado de las correderas 42 de los módulos 14 de guía. Del mismo modo, si el sistema eólico no está equipado con los módulos 14 de guía de
15 las cuerdas 4 sino con carros 44 sobre los cuales están montados los segundos cabrestantes 13 del sistema 12 de almacenamiento de las cuerdas 4, los motores por medio de los cuales estos carros se trasladan, son accionados por el sistema de control inteligente.

Es por lo tanto, por medio del sistema de control inteligente que la velocidad y la dirección de traslado de las correderas 42 o de los segundos cabrestantes 13 se ajustan con el fin de obligar a las cuerdas 4 a enrollarse
20 ordenadamente en los segundos cabrestantes 13 y evitar un deslizamiento entre las cuerdas 13 y las caras de los segundos cabrestantes 13 y entre las mismas cuerdas 4.

El sistema de control inteligente también regula el funcionamiento de los generadores/motores 15a o 15b. En particular, el sistema interviene después del arranque de la turbina eólica 2, accionando de los motores para permitir la rotación de los brazos 3 y facilitar el ascenso de las cometas 1.

25 El sistema de control inteligente, finalmente, debe reconocer y tratar más oportunamente con eventos imprevistos, tales como golpes de viento y pérdidas de carga. En el caso de los golpes de viento, si el aumento de la carga no es completamente compensado por los sistemas 8 de amortiguamiento y tensión de las mismas cuerdas 4 el sistema de control interviene reduciendo la tensión de las cuerdas 4, para evitar que la carga excesiva dañe el sistema eólico. Esto ocurre mediante el accionamiento de los primeros cabrestantes 11 con el fin de permitir un desenrollado
30 rápido de las cuerdas 4. Los descensos repentinos de carga deben evitarse ya que una escasa tensión sobre las cuerdas 4 hace que la cometa 1 se precipite sin posibilidad de control. Durante un ciclo estándar de operación, se produce una disminución de la carga a continuación de la etapa cuyo efecto de arrastre es escaso. Tal caída de tensión es sin embargo prevista, y por lo tanto los sistemas de acumulación de energía 9 están dimensionados con el fin de garantizar una tensión adecuada de las cuerdas 4 durante esta etapa sin requerir de la intervención de los
35 sistemas de enrollado y desenrollado 10 de las cuerdas 4. Si se produce una disminución repentina de la carga, no conectada a la etapa del efecto de arrastre escaso, si los sistemas de tensión 8 no logran compensar la caída de la carga, el sistema de control inteligente interviene enrollando rápidamente las cuerdas 4. De tal manera, se recupera el control del tren de cometas 1.

40 El sistema de suministro comprende todos los componentes necesarios para la acumulación y suministro de energía eléctrica. En particular, la turbina 2 eólica está equipada con fuentes de alimentación, transformadores y acumuladores a través de los cuales se puede almacenar la electricidad producida, se puede suministrar corriente a los motores durante la etapa de arranque de la turbina 2 y para la recuperación de las cometas 1, suministrando todos los componentes electrónicos y proveyendo energía eléctrica a los usuarios externos. El funcionamiento de todos los componentes electrónicos del sistema eólico está controlado por el sistema de control inteligente.

45 De lo que se ha indicado anteriormente, es claro que el sistema eólico de acuerdo con la presente invención es una turbina eólica de eje vertical accionada por medio de cometas controladas automáticamente mediante un sistema de control inteligente. Con respecto a lo que ha sido propuesto por el estado actual del arte, tal sistema eólico proporciona un modo de control innovador de las cometas ya que no hace distinción entre las cuerdas de control y los cables de conducción de energía, siendo ambas funciones realizadas por un solo par de cuerdas 4 para cada
50 cometa 1. Mientras que en los diseños existentes hay cabrestantes con los cuales se pueden controlar las cometas y los cabrestantes para la recuperación de la cometa y la producción de electricidad, en el sistema eólico de acuerdo con la presente invención, se usan los primeros cabrestantes 11 exclusivamente para accionar la cometa 1 y las mismas cuerdas de accionamiento 4 se enrollan alrededor de tales primeros cabrestantes 11 que permiten convertir la energía determinando la rotación de los brazos 3 de la turbina 2. El ángulo de ataque del viento y la zona que
55 enfrenta al viento de la corriente de viento interceptado por las cometas 1 son luego controlados mediante el ajuste de la longitud de las secciones no enrolladas de cuerda 4, con el fin de obtener el suministro máximo de potencia.

La presente invención se refiere además a un procedimiento para la producción de energía eléctrica a través de un

sistema eólico como el descrito anteriormente.

En general, el proceso de acuerdo con la presente invención, que integra el proceso de conversión de energía a partir de energía eólica con energía eléctrica promulgada a través del sistema eólico de acuerdo con la presente invención, comprende cuatro etapas que se repiten cíclicamente durante la operación de sistema eólico. Con referencia a manera de ejemplo a un solo brazo 3 de la turbina 2, durante los tres primeros pasos del proceso de acuerdo con la presente invención, la rotación del brazo 3 es debida a la energía eólica sustraída del viento por medio de las cometas 1 conectadas a dicho brazo 3. Por consiguiente, el sistema de control inteligente guía la cometa 1 conectada al brazo 3 de tal manera que la energía eólica que es posible sustraer del viento tiene una compatibilidad máxima con la necesidad de mantener las dos cuerdas 4 tanto como sea posible en forma perpendicular al brazo 3 durante toda la etapa. De hecho, entre más tangenciales las cuerdas 4 con el arco de la circunferencia seguida por el extremo externo del brazo 3, mayor es el componente útil de la fuerza de tracción con el fin de generar el momento que hace que el brazo 3 gire. El hecho de que las cuerdas 4 se mantengan perpendiculares al brazo 3 de la turbina 2 implica que el sistema de control acciona la cometa 1 con el fin de aprovechar principalmente la fuerza de sustentación, a saber, el componente de la fuerza que es perpendicular a la velocidad del viento. De tal manera que, la cometa 1 avanza cepillando la superficie enfrentada al viento. El viento hace avanzar entonces la cometa 1 tensionando las cuerdas 4 conectadas al brazo 3 de la turbina 2: este efecto de arrastre hace que el brazo 3 gire y produzca energía eléctrica por medio de los generadores/motores 15a o 15b dependiendo de los generadores accionados por dicha rotación, a través de la posible interconexión de los reductores. Hay que recordar que los brazos 3 de la turbina 2 se debe considerar que hacen parte de un solo cuerpo rígido ya que están limitados a un solo eje central giratorio 16. Esto significa que la energía eólica disponible para la conversión en energía eléctrica en un instante dado del ciclo de operación, está dada por la suma de las contribuciones de todos los brazos 3.

En cambio la cuarta etapa del proceso de acuerdo con la presente invención, ocurre en el área del viento descendente. El sistema de control inteligente acciona la cometa 1 con el fin de cruzar rápidamente dicha área sin producir ningún efecto de frenado sobre el brazo 3 de la turbina 2. En particular, no sólo el sistema de control inteligente guía a la cometa 1 con el fin de girar el brazo 3, sino, durante dicha etapa, esta presente aún un efecto de arrastre por parte de las cometas 1 (incluso si es poco eficiente). La rotación del brazo 3 examinado durante dicha etapa, por lo tanto se produce, sobre todo, debido al efecto de rotación de los brazos 3 de la turbina 2 que están en los otros tres pasos, y por lo tanto se debe a la energía eólica sustraída al viento por medio de las cometas 1 conectadas a los otros brazos 3.

Con referencia particular a la figura 16 que muestra una trayectoria potencial seguida durante un ciclo de operación estándar del sistema eólico de acuerdo con la presente invención y suponiendo que la dirección de la velocidad del viento W y el sentido de rotación indicada por la flecha R de la turbina 2 se mantienen constantes, se centra la atención en un solo brazo 3 de la turbina, las cuatro etapas que componen el proceso de acuerdo con la presente invención, designado respectivamente a través de las cajas discontinuas a, b, c y d que delimitan las diferentes áreas de espacio en el que la cometa 1 está, dependiendo de la dirección de la corriente de viento W en la cual está inmerso, son los siguientes:

a) durante dicha etapa las cometas 1 proceden transversalmente con respecto a la dirección del viento W (caja a en la figura 16). El viento por lo tanto, sopla transversalmente con respecto a la dirección de avance de la cometa. La longitud de las secciones de cuerda desenrolladas aumenta ya que las cometas 1 se alejan del brazo 3 de la turbina 2. Al comienzo de la etapa, el efecto de arrastre de la cometa 1 se utiliza para levantar el contrapeso del sistema correspondiente de acumulación de energía 9. Esto ocurre por el aprovechamiento de la misma carga de las cuerdas 4 y evitando que los segundos cabrestantes 13 del sistema 12 de almacenamiento de las cuerdas 4 giren. De esta manera, se acumula la energía potencial gravitacional, que será retornada en la siguiente etapa cuarta de viento descendente, cuando ocurre un giro en azimut, para compensar la disminución repentina de la carga de la cuerda. En esta etapa es necesario por lo tanto controlar la trayectoria de vuelo de la cometa 1, preferiblemente a través del sistema de control inteligente, de modo que la cometa 1 proceda transversalmente con respecto a la dirección del viento W, tensionando por lo tanto la cometa 1 las cuerdas 4 conectadas al brazo 3 de la turbina eólica 2, girando en consecuencia el mismo brazo 3 debido al efecto de arrastre y alejándose del brazo 3 de la turbina eólica 1, haciendo que el contrapeso 35 del respectivo sistema de acumulación de energía 9 se eleve;

b) durante dicha etapa, la cometa 1 procede a lo largo de la misma dirección W en la que sopla el viento (caja b en la fig. 16). En dicha etapa, se aprovecha que la resistencia de la cometa 1 se suma para aprovechar la elevación de la cometa 1. Esto hace que la velocidad de la cometa 1 sea mayor que la velocidad del viento y, con el fin de aprovechar el efecto de arrastre, es necesario enrollar parcialmente las cuerdas 4. A pesar de dicha recuperación, incluso durante esta etapa, el balance energético es positivo. En dicha etapa, por lo tanto es necesario controlar la trayectoria de vuelo de la cometa de manera que proceda a lo largo de la misma dirección en la que sopla el viento, la cometa 1, por lo tanto, tensiona las cuerdas 4 conectadas al brazo 3 de la turbina 2 eólica haciendo girar el mismo brazo 3 debido a su efecto de arrastre, y haciendo que la cometa 1 aproxime el brazo 3 de la turbina 2 eólica enrollando las cuerdas 4 a través de los primeros cabestrantes 11 de los primeros motores eléctricos 36 sin disminuir el contrapeso 35 del respectivo sistema de acumulación de energía 9;

c) en forma similar a lo que ocurre durante la primera etapa anterior a) de viento transversal, en esta etapa se hace que la cometa 1 proceda transversalmente con respecto a la dirección del viento W (caja c en la figura 16) y la longitud de las secciones desenrolladas de la cuerda 4 crece ya que la cometa 1 se aleja del brazo 3 de la turbina 2. El desenrollamiento durante dicha etapa está controlado por el sistema de control inteligente con el fin de no permitir que baje el contrapeso 35 del sistema de almacenamiento de las cuerdas 4. Esto permite almacenar la energía potencial para la siguiente etapa del ciclo de operación. En esta etapa es necesario por lo tanto controlar la trayectoria de vuelo de la cometa 1 de modo que proceda transversalmente con respecto a la dirección del viento W, tensionando las cuerdas 4 conectas al brazo 3 de la turbina 2 eólica y rotando el mismo brazo 3 debido a su efecto de arrastre, y alejándose de la cometa 1 desde el brazo 3 de la turbina 2 eólica desenrollando las cuerdas 4 a través de los primeros cabestrantes 11 por medio de los primeros motores eléctricos 36 sin una disminución del contrapeso 35 del respectivo sistema de acumulación de energía 9;

d) durante esta etapa, la cometa 1 procede a lo largo de una dirección opuesta con respecto a la dirección del viento (caja d en la fig. 16). El sistema de control inteligente impulsa la cometa 1 con el fin de no generar ningún efecto de frenado ya que se lleva a cabo una maniobra repentina llamado "giro de azimut", que consiste en una rápida transición entre los dos miembros transversales, durante el cual la cometa 1 se desplaza en el aire una distancia que es igual al menos tres veces el arco de la circunferencia afectada en el momento en el que la turbina 2 se mueve a lo largo de dicho arco. La cometa 1 disminuye su altura sin oponerse en modo alguno a la rotación de los brazos 3 de la turbina 2. Durante dicha etapa, es necesario recuperar, en tiempos relativamente cortos, una larga sección de la cuerda desenrollada 4. Dimensionando adecuadamente el sistema de acumulación de energía 9, que puede ser concebida para compensar la caída de la carga de las cuerdas 4 y accionar al mismo tiempo su recuperación mediante la reducción del contrapeso de dicho sistema con el fin de no requerir la intervención del sistema de control inteligente que posiblemente contribuye a la recuperación mediante el accionamiento del primero y segundo, cabrestantes 11 y 13 respectivamente del sistema de enrollado y desenrollado 10 de las cuerdas 4 y del sistema 12 de almacenamiento de las cuerdas 4.

Al final del giro de azimut, la cometa 1 se ubica con el fin de ser capturada por el viento y proceder transversalmente con respecto a este último. En esta etapa es necesario por lo tanto controlar la trayectoria de vuelo de la cometa 1 de manera que proceda a lo largo de una dirección opuesta con respecto al viento sin generar ningún efecto de frenado en relación con la rotación del brazo 3 de la turbina eólica 2, y hacer que la cometa 1 aproxime el brazo 3 de la turbina 2 eólica mediante la reducción del contrapeso 35 del respectivo sistema de acumulación de energía 9 de manera que la cometa 1 vuelve a la posición de partida a partir de la cual puede proceder de manera transversal con respecto a la dirección del viento W;

e) repetir las etapas anteriores cíclicamente para cada rotación completa del brazo 3 de la turbina eólica 2.

En el proceso de acuerdo con la presente invención, por lo tanto, durante las etapas de viento transversal la cometa 1 se aleja del brazo 3 de la turbina 2; en cambio, durante las etapas de viento descendente y de viento ascendente, las cometas 1 aproximan el brazo 3 de la turbina 2, ya que es necesario recuperar las cuerdas 4. De todos modos hay que señalar que, durante todo el ciclo de funcionamiento de acuerdo con el presente proceso, las cometas 1 son accionadas con el fin de ganar y perder altura, alternativamente. Esta elección es ante todo causada por una necesidad técnica, puesto que los brazos 3 de la turbina 2 giran más lentamente que las cometas 1. En segundo lugar, la alternancia continua entre la ganancia y pérdida de altura también es extremadamente ventajosa en cuanto a la optimización de energía que puede ser sustraída al viento. De hecho, mediante el cepillado de la superficie enfrentada al viento, la potencia que las cometas son capaces de desarrollar es mayor, como se describirá a continuación con más detalle.

La energía generada al desenrollar las cuerdas 4 es mayor que la gastada para enrollarlas. El balance de energía es, por lo tanto, positivo. Usando el proceso de acuerdo con la presente invención, y debido al sistema de control inteligente que, mediante el procesamiento de la información en tiempo real proveniente de la serie de sensores montados en las cometas 1 y el conjunto de sensores de tierra, es posible accionar las cometas 1 de manera que asciendan principalmente aprovechando la fuerza de sustentación. De esta forma, la trayectoria seguida por cada cometa 1 durante cada ciclo del proceso es óptima en términos de la energía eólica que puede ser sustraída al viento, siguientes trayectorias con el fin de interceptar el volumen máximo de aire. El proceso de acuerdo con la presente invención por lo tanto garantiza no sólo la continuidad en la producción de electricidad, sino también la optimización de la energía que puede ser obtenida en cada ciclo con el mismo tamaño de la cometa con respecto a los sistemas conocidos.

Como prueba de la alta eficiencia demostrada por el sistema eólico y el proceso de acuerdo con la presente invención, es posible hacer algunas observaciones relacionadas con la potencia que una sola cometa 1 es capaz de sustraer al viento.

Para tal propósito, con particular referencia a la figura 17, es adecuado primero que todo describir la aerodinámica del sistema. Se sabe que, cuando una corriente de viento se encuentra con una superficie aerodinámica estacionaria (perfil aerodinámico), dicha corriente genera dos fuerzas: la fuerza de arrastre D paralela a la dirección W lo largo de

la cual sopla el viento y la fuerza de sustentación L perpendicular a dicha dirección W. En caso de flujo laminar del viento, las corrientes de viento AF₁ que pasan por encima de la superficie de sustentación AS son más rápidas que las corrientes AF₂ que pasan por debajo de ella, ya que deben viajar a lo largo de una distancia más larga. Esto disminuye la presión en la parte superior de la cometa y por lo tanto se genera un gradiente de presión que da lugar a la fuerza de sustentación L.

En cambio con referencia a la figura 18, supóngase que la cometa AM puede moverse a lo largo de la dirección DT de la fuerza de sustentación. Debido al efecto de tal movimiento, la superficie inferior de la cometa AM aerodinámica se inclina con respecto a la velocidad del viento. En tal caso, la fuerza de sustentación y la fuerza de arrastre son respectivamente perpendicular y paralela a la velocidad relativa del viento con respecto a la cometa.

Al designar con S₁ la fuerza paralela a la dirección del movimiento y con S₂ a la fuerza perpendicular a dicha dirección, el componente de la fuerza de sustentación L paralelo a la dirección del movimiento tiene el mismo sentido que el traslado de la cometa AM aerodinámica mientras que la componente paralela de la fuerza de arrastre D tiene un sentido opuesto.

Por esta razón, con el fin de mantener el movimiento en una dirección perpendicular a las corrientes de viento, es aconsejable inclinar la cometa AM a fin de obtener una alta relación entre el componente de la fuerza de sustentación L a lo largo de la dirección del movimiento DT de la cometa AM con respecto al componente de la fuerza de arrastre D.

Estas observaciones son también válidas para cada cometa 1 individual del sistema eólico. El sistema de control inteligente, de hecho, acciona cada cometa 1 con el fin de mantener una relación alta entre la fuerza de sustentación y la fuerza de arrastre durante las etapas caracterizadas por un alto efecto de arrastre por las cometas 1. De esta forma, las cometas 1 oscilan cepillando la parte enfrentada al viento y generando energía debido a las cuerdas 4 de tracción.

La energía generada por una sola cometa 1 se calcula multiplicando la potencia específica del viento por el área enfrentada al viento interceptado por la cometa (a saber, el área de la cometa) A y por el factor de potencia de la cometa KPF, un coeficiente de rendimiento que depende de la relación V_k/V_w entre la velocidad de la cometa V_k y la velocidad del viento V_w y dos coeficientes K_d y K₁.

El coeficiente K_d se refiere al arrastre, a saber, cuando la cometa tira de la restricción de tierra con fuerzas y velocidad a lo largo de la dirección del viento, mientras que el coeficiente K_i se refiere a la sustentación, es decir, cuando la cometa tira de la restricción de tierra mediante oscilación con el fin de cepillar la superficie enfrentada al viento. Debido a la sustentación, la velocidad de la cometa es bastante más alta que la velocidad del viento. La potencia de la cometa es tan alta cuanto mayor sea la sustentación con respecto al arrastre.

Como ejemplo, supongamos que V_k/V_w = 10, K₁ = 1,2 y K_d = 0,1. De esta forma, se obtendría un KPF = 20.

Suponiendo que la densidad del aire ρ sea constante e igual a 1,225 kg/m³, la potencia específica generada por la potencia específica del viento sería:

$$\text{Potencia específica del viento} = 1/2 \rho V_w^3 = 0,5 * 1,225 * 6^3 = 132,3 \text{ W/m}^2$$

La potencia que se puede generar por medio de la cometa, Potencia de la cometa, se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Potencia de la cometa} = \text{KPF} * \text{Potencia específica del viento} * A$$

Si, por ejemplo, se usaran cometas con una superficie de 18 m² empujadas a la velocidad de 60 m/s por un viento que sopla a 6 m/s, la potencia que sería posible generar a nivel de la cuerda sería de 47628 W. Tal potencia correspondería por lo tanto a la potencia máxima que la cometa es capaz de generar.

El valor asumido por KPF depende de todos modos de la eficiencia de la cometa. Es posible hacer que KPF asuma valores mayores que 20. Si por ejemplo KPF asume un valor igual a 40, la potencia máxima que puede ser obtenida por una cometa cuya área es de 18 m² sería de 95256 W.

El sistema eólico al que se refiere la presente invención permite convertir la energía eólica en energía eléctrica mediante el suministro de una potencia del orden de algunos megavatios. Sin embargo, debido a la alta escalabilidad del sistema descrito, es posible efectuar fácilmente algunas modificaciones a la forma de realización para obtener un sistema eólico que sea capaz de generar potencias de un orden muy superior, como por ejemplo 1 Gigavatio.

Reivindicaciones

1. Un sistema eólico para la conversión de energía que comprende:

- al menos una cometa (1) que puede ser accionada desde el suelo, inmersa en al menos una corriente de viento W;

5 - una turbina (2) eólica de eje vertical colocada a nivel del suelo, estando dicha turbina (2) eólica equipada con al menos un brazo (3) conectado a través de dos cuerdas (4) a dicha cometa (1), estando dicha cometa (1) adaptada para ser accionada a través de dicha turbina (2) para girar dicho brazo (3) y realizar dicha conversión de energía eólica en energía eléctrica a través de al menos un sistema generador/motor (15a, 15b) que funciona como generador y que coopera con dicha turbina (2), estando dichas cuerdas (4) adaptadas tanto para transmitir energía mecánica desde y hasta dichas cometas (1) y para el control de una trayectoria de vuelo de dichas cometas (1),

10 caracterizado porque dicho brazo (3) de dicha turbina (2) eólica comprende un sistema (10) de enrollado y desenrollado de dichas cuerdas (4), comprendiendo dicho sistema (10) de enrollado y desenrollado de dichas cuerdas (4) al menos dos pares de canales (38) enfrentados empujados por los pistones (39) dentro de cada uno de las cuales una de dichas cuerdas (4) se inserta.

2. Sistema eólico para convertir la energía, que comprende:

15 - al menos una cometa (1) que puede ser accionada desde el suelo, inmersa en al menos una corriente W de viento;

- una turbina (2) eólica de eje vertical colocada al nivel del suelo, estando dicha turbina (2) eólica equipada con al menos un brazo (3) conectado a través de dos cuerdas (4) a dicha cometa (1), estando dicha cometa (1) adaptada para ser accionada a través de dicha turbina (2) para girar dicho brazo (3) y llevar a cabo dicha conversión de energía eólica en energía eléctrica a través de al menos un sistema generador/motor (15a, 15b) que funciona como generador y que coopera con dicha turbina (2), estando dichas cuerdas (4) adaptadas tanto para transmitir energía mecánica desde y a dichas cometas (1) como para controlar una trayectoria de vuelo de dicha cometas (1);

25 caracterizado porque dicho brazo (3) de dicha turbina (2) eólica comprende un sistema (10) de enrollado y desenrollado de dichas cuerdas (4), comprendiendo dicho sistema (10) de enrollado y desenrollado de dichas cuerdas (4) al menos cuatro cabrestantes (40) para cada cuerda (4) dispuestos en dos niveles y que tienen ejes de rotación paralelos.

3. Sistema eólico de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado porque alrededor de cada uno de dichos cabrestantes (40) dicha cuerda (4) se enrolla por tres cuartas partes de una circunferencia.

4. Sistema eólico de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado porque una superficie de dichos cabrestantes (40) está formado para albergar dicha cuerda (4) e incrementar su superficie de contacto.

30 5. Sistema eólico de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado porque dichos cabrestantes (40) tienen diferentes rugosidades de superficie.

6. Sistema eólico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicho brazo (3) comprende un sistema de transmisión adaptado para guiar dichas cuerdas (4) hacia dicha cometa (1).

7. Sistema eólico de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado porque dicho sistema de transmisión comprende:

35 - al menos un par de primeras poleas (25) montadas sobre un carro (23) de un sistema (7) de recuperación y de expulsión de dichas cometas (1);

- segundas poleas (26) fijas montadas en dicho brazo (3) de dicha turbina (2);

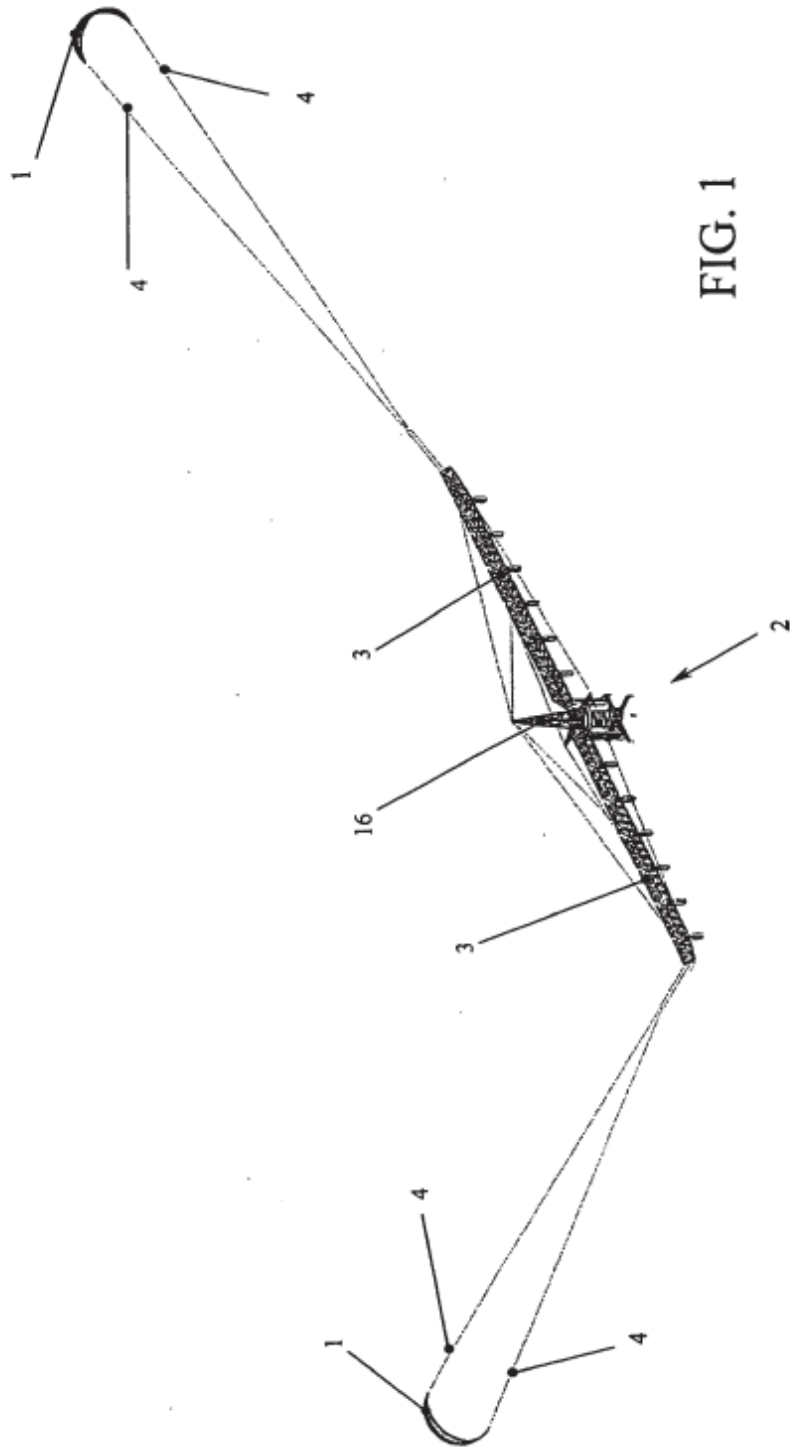
- al menos un par de terceras poleas (27) para cada uno de dichos sistemas (8) de tensión y amortiguamiento de dichas cuerdas (4);

40 - al menos un par de cuartas poleas (28) montadas en correderas (42) de los módulos (14) de guía de dichas cuerdas (4).

8. Sistema eólico de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado porque dicha corredera (42) se desliza a lo largo de un carril en paralelo con un eje de rotación de un segundo cabrestante (13) de un sistema (12) de almacenamiento.

9. Sistema eólico de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado porque un deslizamiento de dicha corredera (42) a lo largo de dicho carril está controlado por un mecanismo de deslizamiento junto con una rotación de dicho segundo cabrestante (13).

5 10. Sistema eólico de acuerdo con la reivindicación 9, caracterizado porque dicho mecanismo de deslizamiento es accionado por un tercer motor (43) eléctrico controlado por un sistema de control inteligente, siendo dicho mecanismo de deslizamiento preferiblemente de un tipo accionado por tornillo o de un tipo accionado por correa.



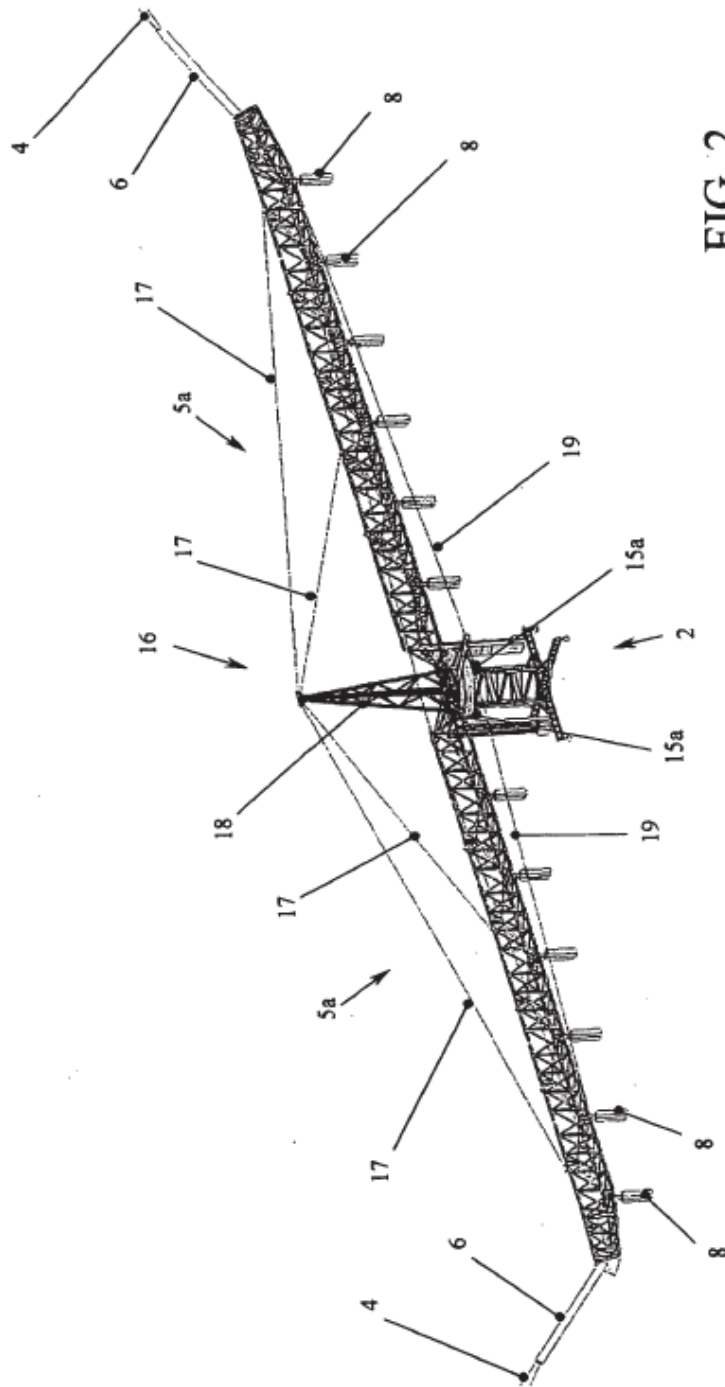


FIG. 2

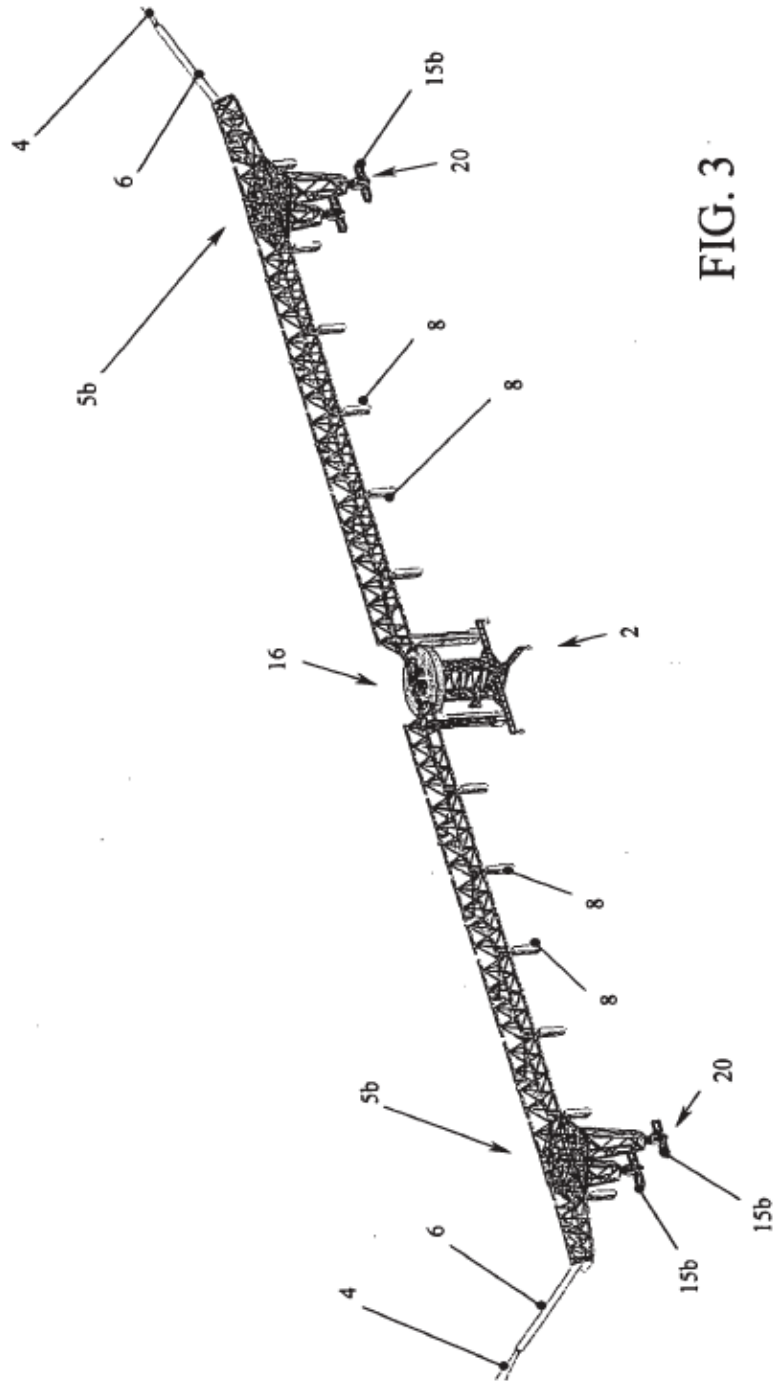
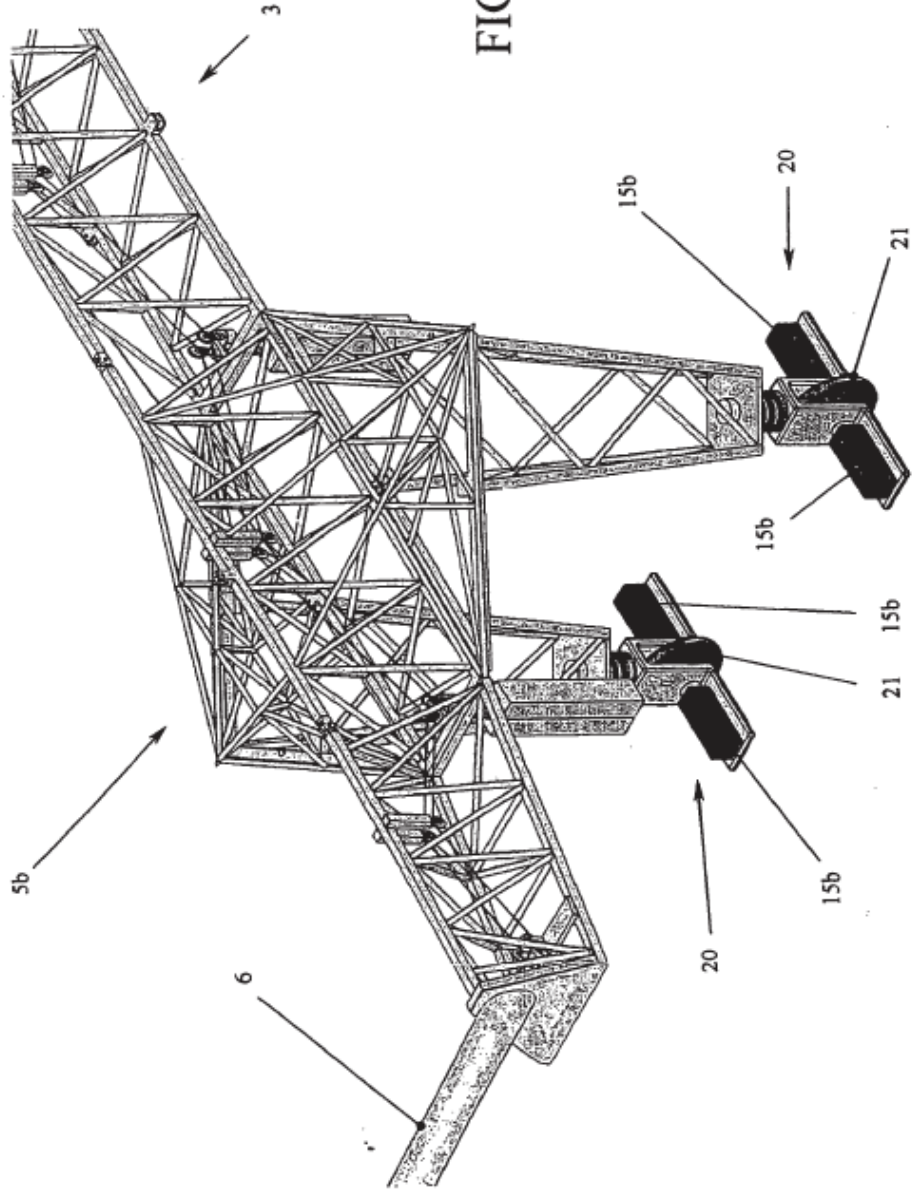


FIG. 3

FIG. 4



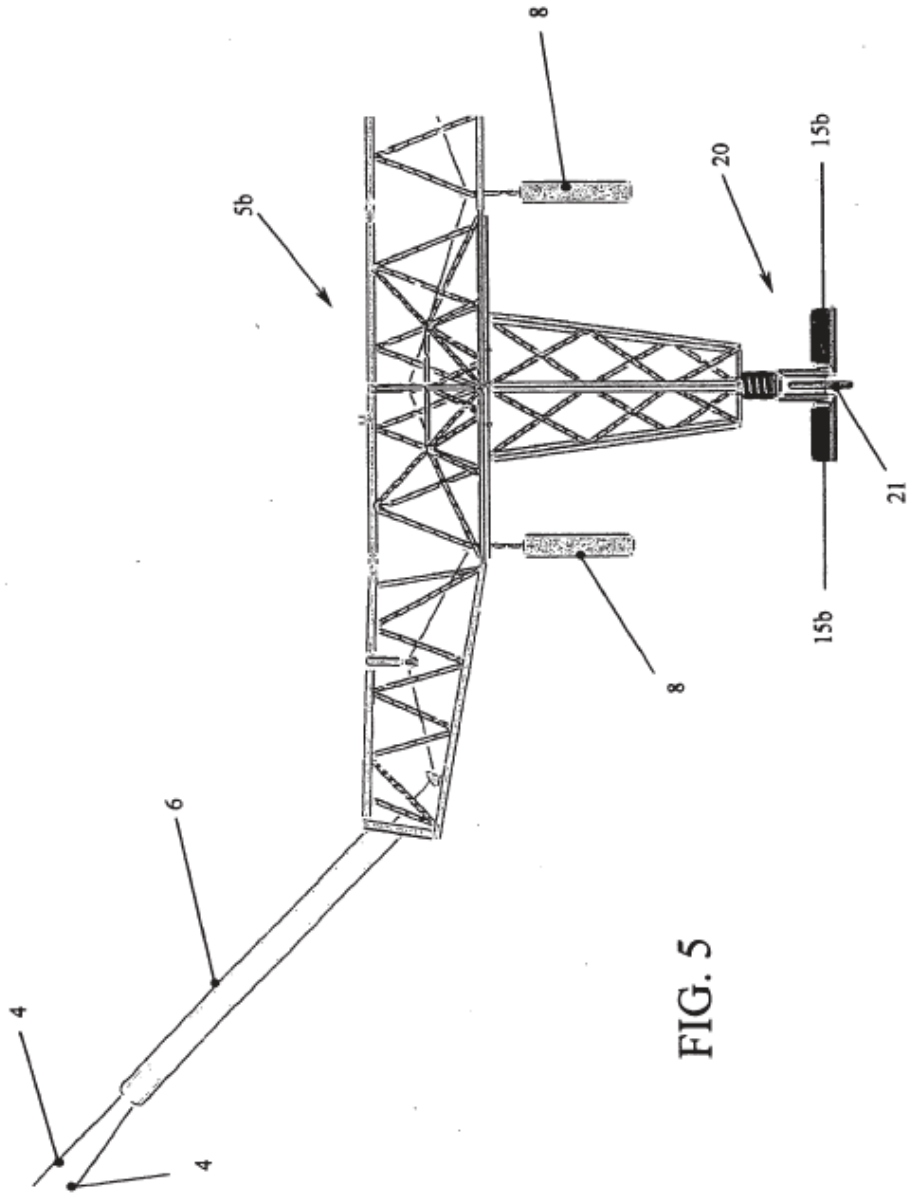


FIG. 5

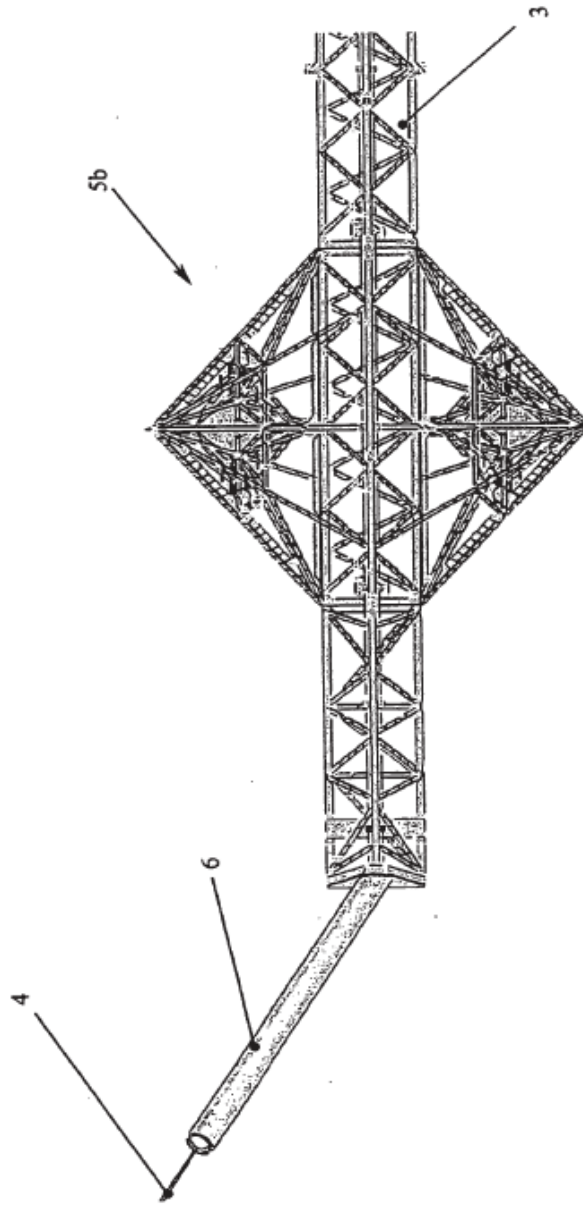
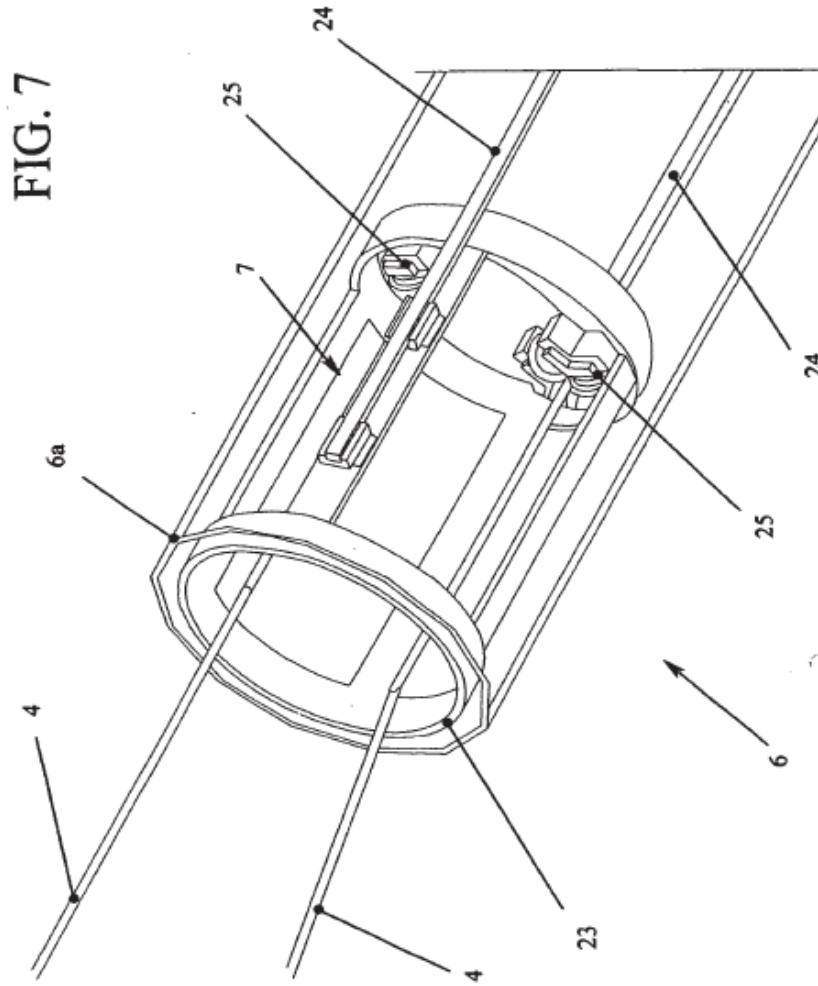


FIG. 6



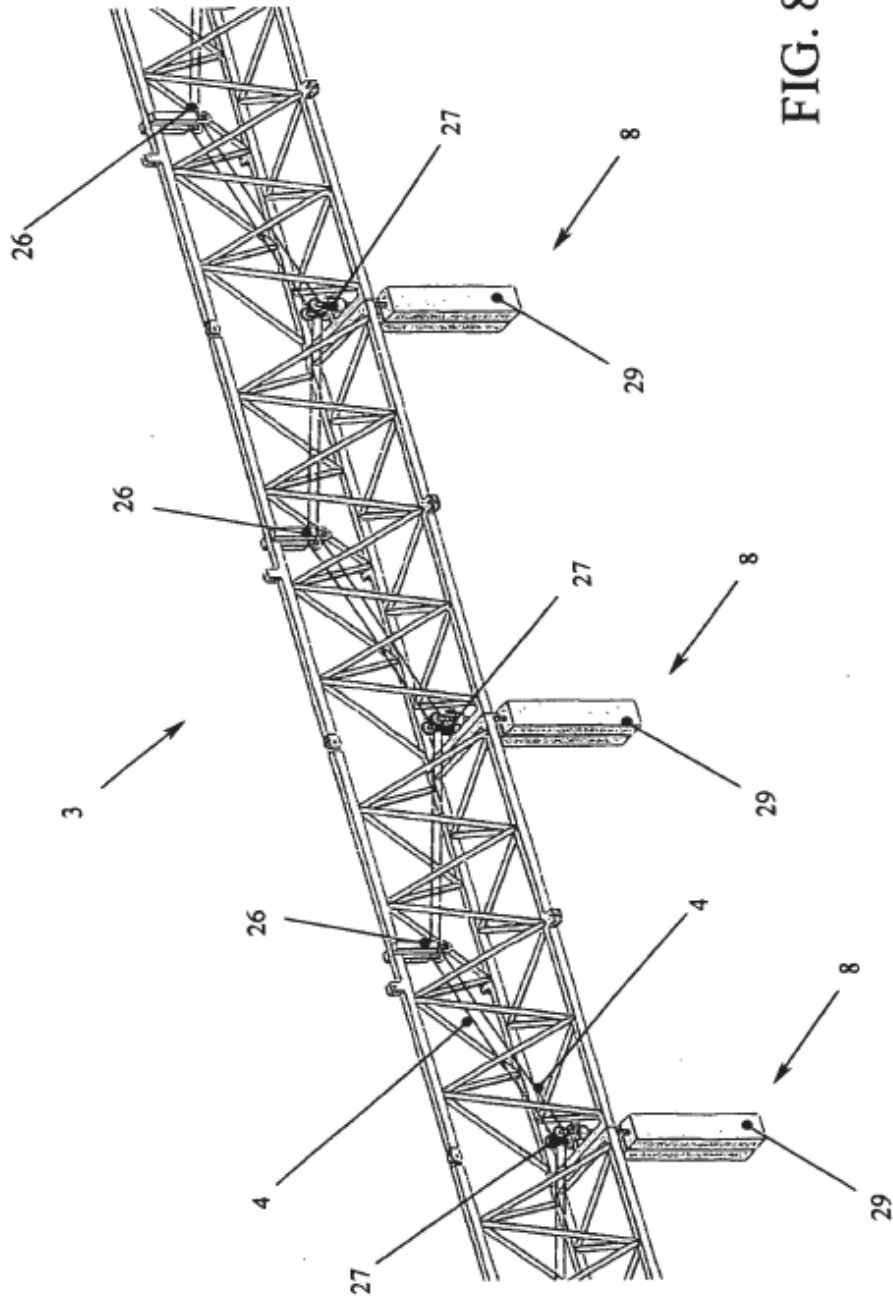


FIG. 8

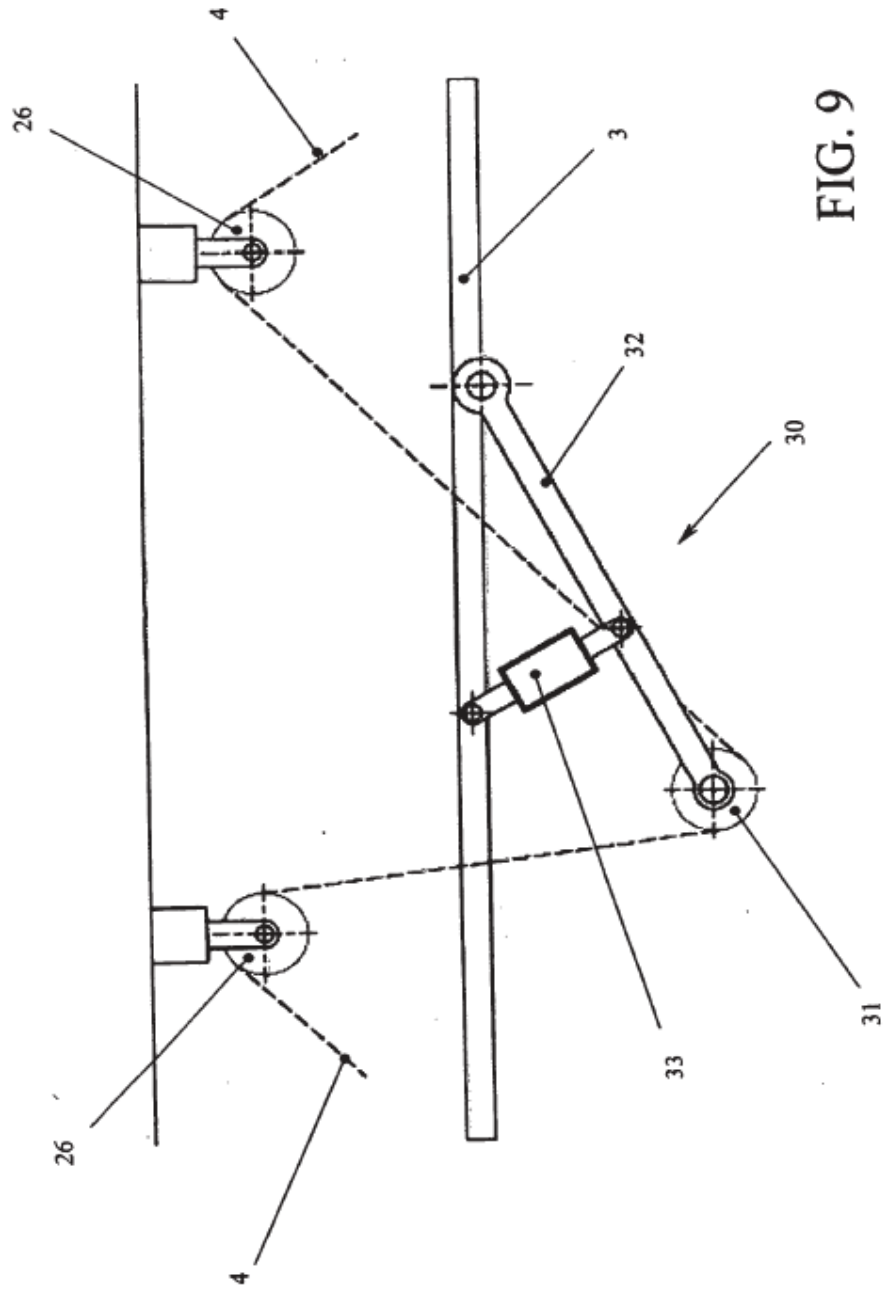


FIG. 9

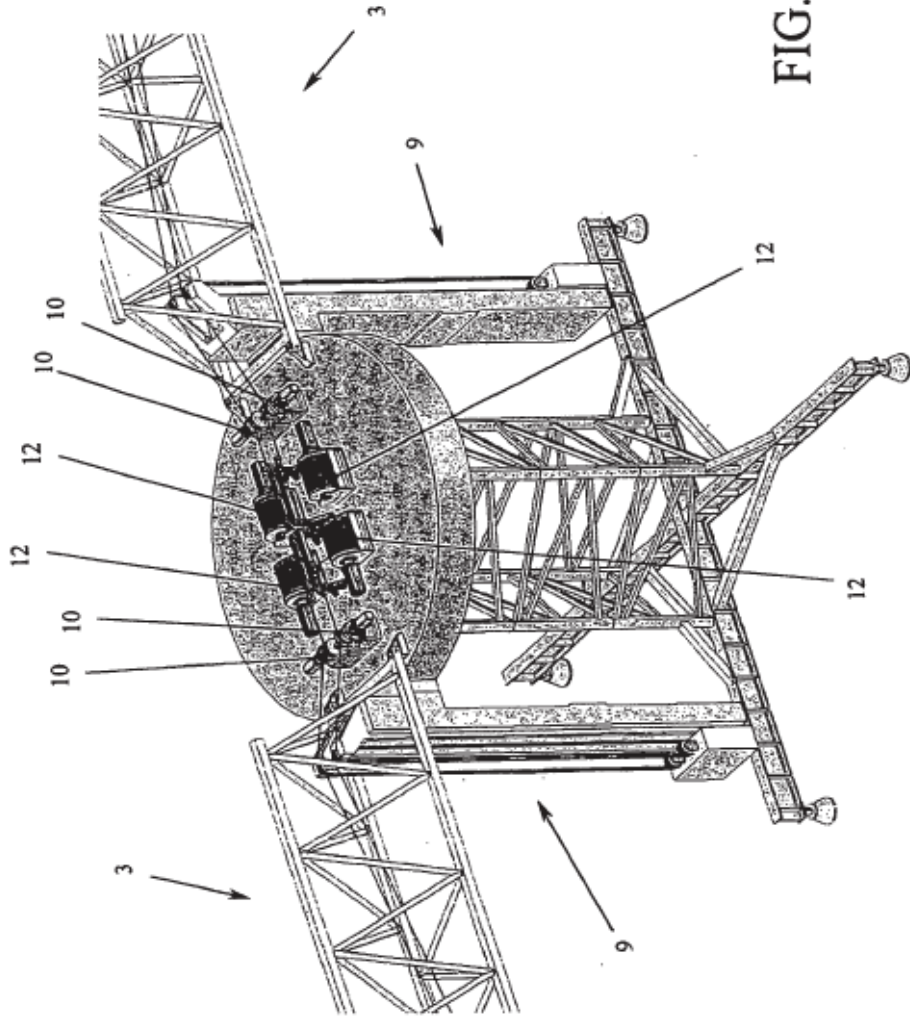
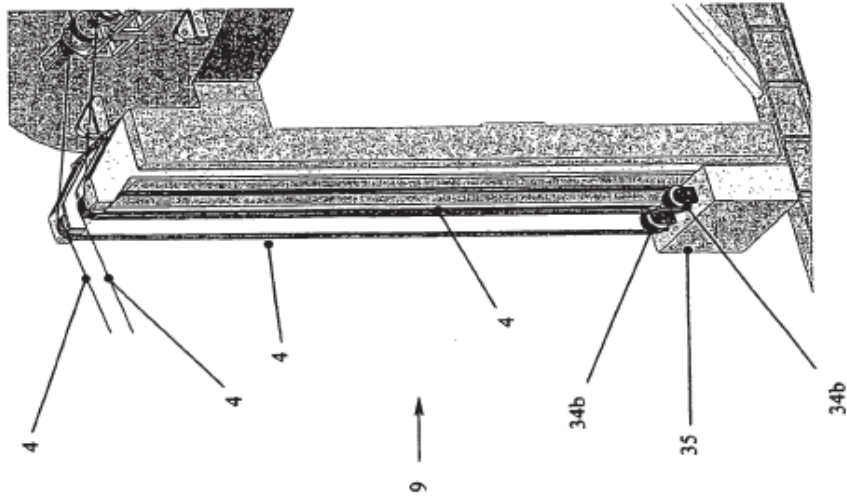
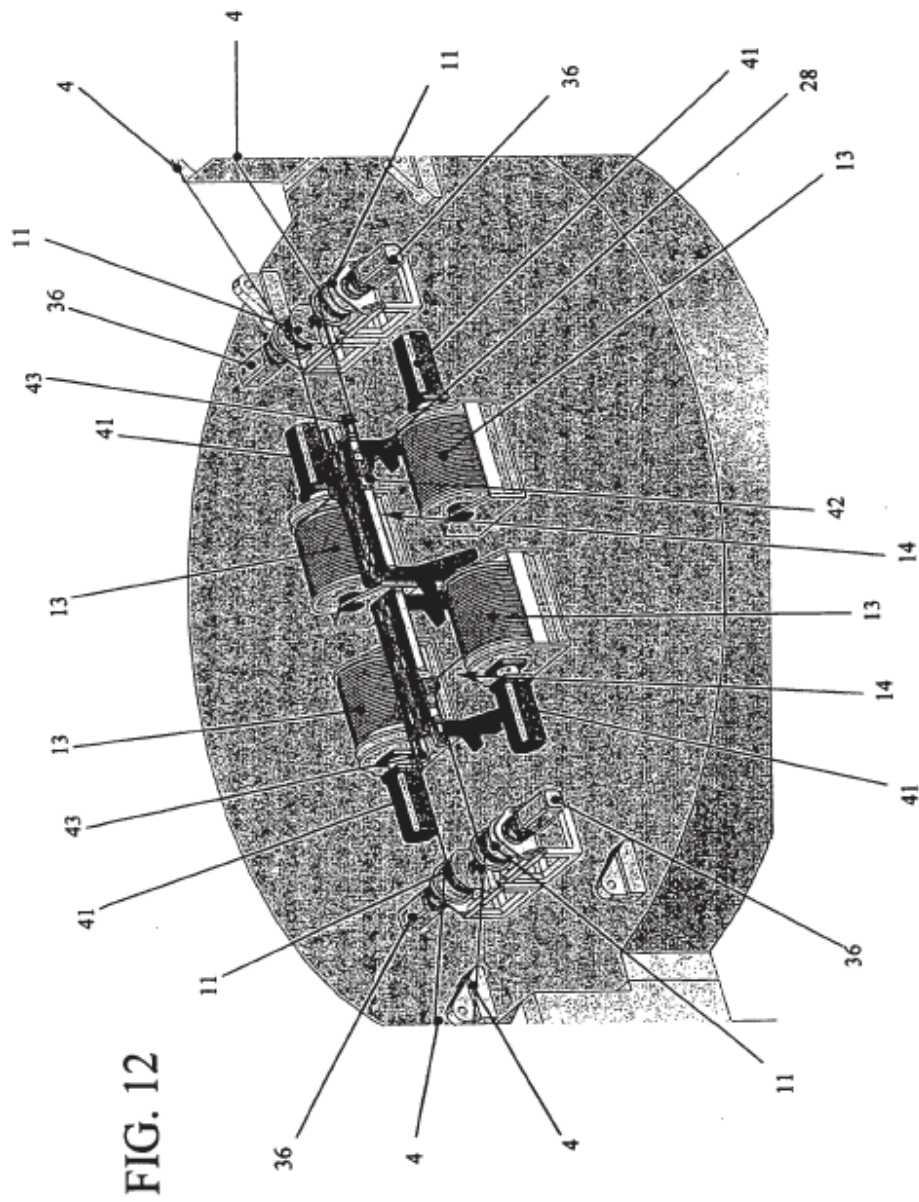


FIG. 10

FIG. 11





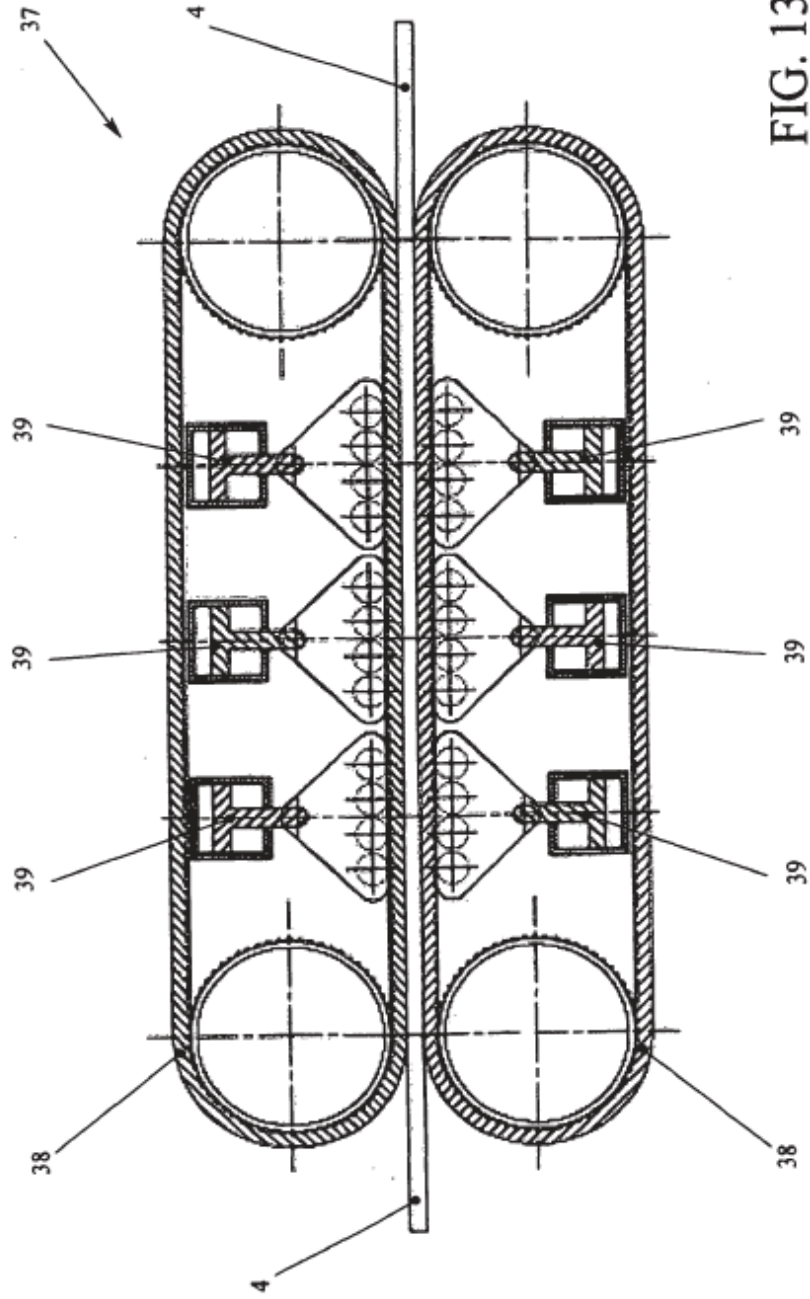
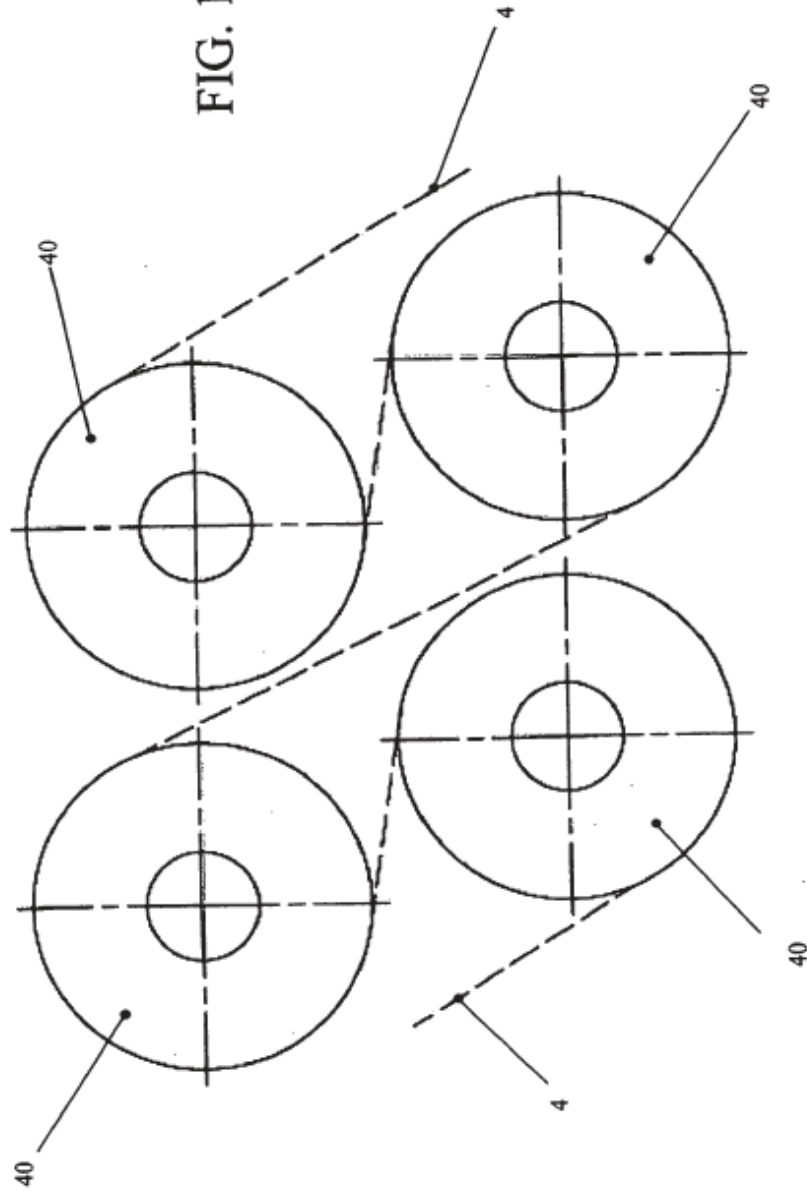
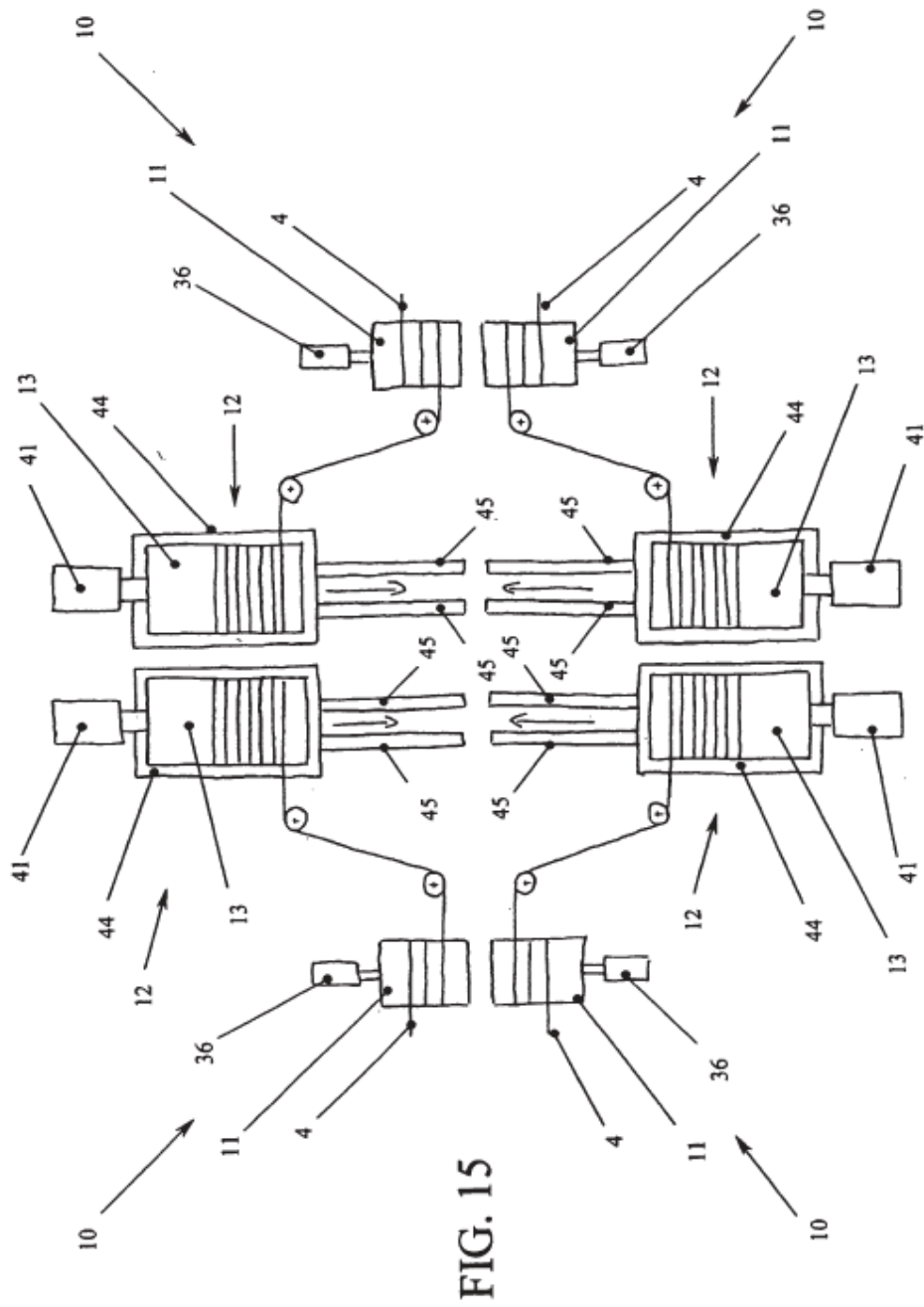


FIG. 13

FIG. 14





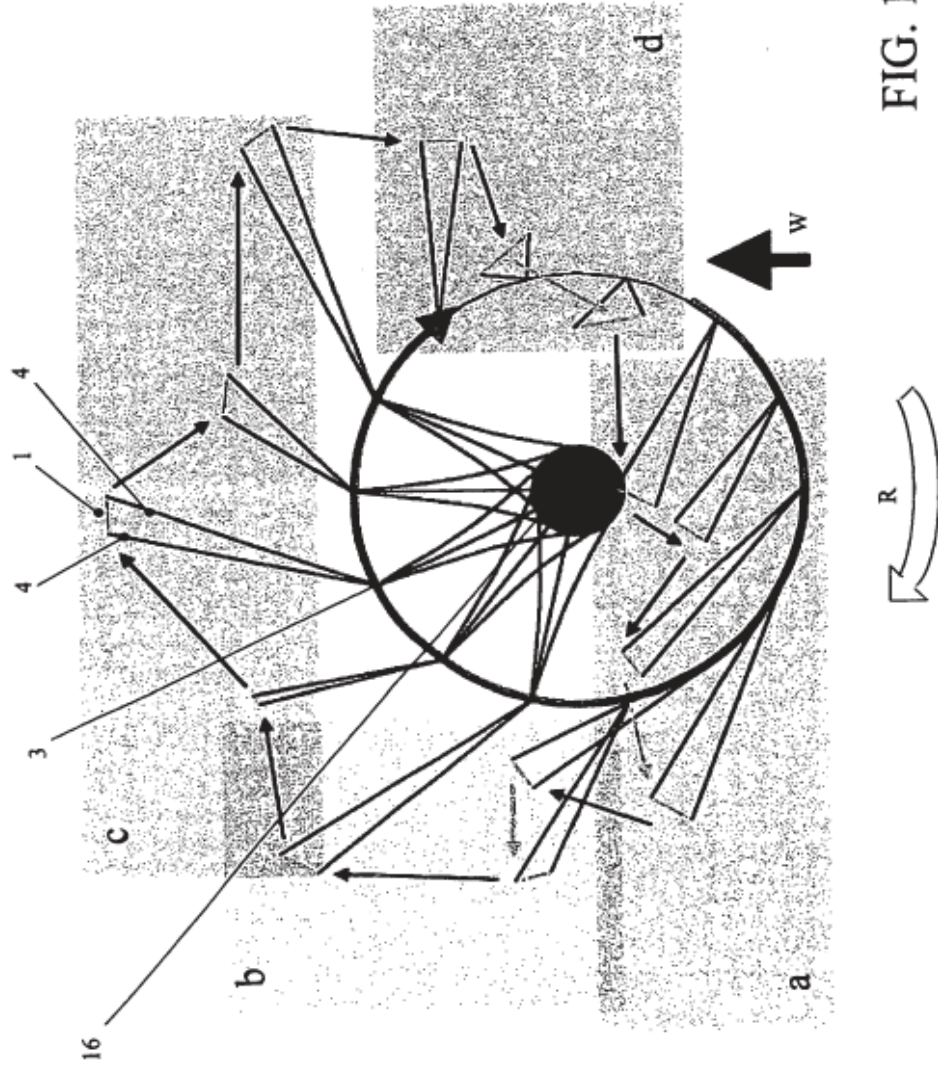


FIG. 16

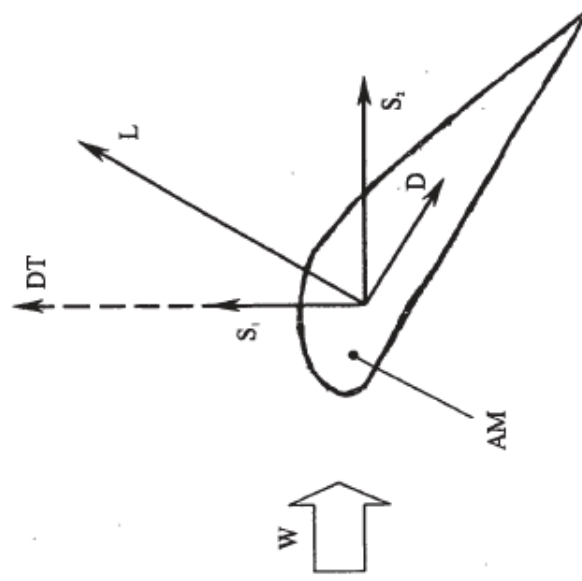


FIG. 18

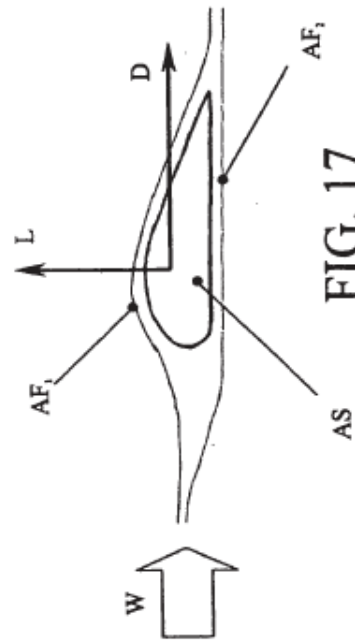


FIG. 17